

Aus dem  
Veterinär-Anatomischen Institut  
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

**Morphometrische Untersuchung des Wachstums beim Alpaka (*Vicugna pacos*)  
von der Geburt bis zu einem Alter von 36 Monaten**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)  
durch die Veterinärmedizinische Fakultät  
der Universität Leipzig

eingereicht von  
Sarah Grund  
aus Marienberg

Leipzig, 2014

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan: Prof. Dr. Manfred Coenen

Betreuer: Prof. Dr. Christoph Mülling

Gutachter: Prof. Dr. Christoph Mülling

Veterinär-Anatomisches Institut, Universität Leipzig, Leipzig

Prof. Dr. Thomas Wittek,

Universitätsklinik für Wiederkäuer, Veterinärmedizinische Universität Wien, Wien

Tag der Verteidigung: 4. März 2014

In Dankbarkeit  
meinem Mann und meinen Eltern  
gewidmet



<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
1 Einleitung .....	1
2 Literaturübersicht .....	3
2.1 Definition von Wachstum .....	3
2.2 Methoden zur Beschreibung des Wachstums.....	4
2.2.1 Methoden der Datenerhebung .....	4
2.2.2 Methoden zur mathematischen Aufarbeitung der Daten .....	6
2.3 Die Tierart Alpaka.....	8
2.3.1 Zoologische Einordnung.....	8
2.3.2 Verbreitung und Artmerkmale.....	9
2.4 Bisherige morphometrische Untersuchungen bei Neuweltkameliden.....	10
2.5 Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung.....	15
2.5.1 Einfluss des Muttertieres auf Wachstum und Entwicklung.....	15
2.5.2 Einfluss des Geschlechtes auf Wachstum und Entwicklung .....	16
2.5.3 Einfluss des Geburtsgewichtes auf Wachstum und Entwicklung.....	17
2.5.4 Einfluss des Geburtsmonates auf Wachstum und Entwicklung .....	18
2.5.5 Einfluss der Rassezugehörigkeit auf Wachstum und Entwicklung .....	19
2.5.6 Einfluss der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung.....	19
2.5.7 Einfluss des Parasitenstatus der Herde auf Wachstum und Entwicklung.....	24
2.5.8 Einfluss von Erkrankungen auf Wachstum und Entwicklung .....	28
3 Tiere, Material, Methoden.....	30
3.1 Tiere .....	30
3.2 Methoden der Datenerhebung .....	32
3.2.1 Körpermaße und Messgeräte .....	32
3.2.2 Erfassung der Haltungsbedingungen und der Informationen zum Einzeltier.....	34
3.2.3 Erfassung der Fütterung und Untersuchung von Futtermittelproben .....	34
3.2.4 Erfassung und Untersuchung des Parasitenstatus der Herde .....	36

3.3	Mathematische und statistische Auswertungen.....	38
3.3.1	Wachstumskurven.....	38
3.3.2	Perzentilkurven.....	39
3.3.3	Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes.....	40
3.3.4	Einflussfaktoren auf Wachstum und Entwicklung .....	41
4	Ergebnisse .....	42
4.1	Wachstumskurven .....	42
4.2	Perzentilkurven.....	46
4.3	Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes .....	52
4.4	Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung.....	54
4.4.1	Einfluss des Geschlechtes auf Wachstum und Entwicklung .....	54
4.4.2	Einfluss des Geburtsmonates auf Wachstum und Entwicklung .....	55
4.4.3	Einfluss der Rassezugehörigkeit auf Wachstum und Entwicklung .....	55
4.4.4	Einfluss der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung .....	58
4.4.5	Einfluss des Parasitenstatus der Herde auf Wachstum und Entwicklung.....	64
5	Diskussion .....	68
5.1	Tiere, Material und Methoden .....	68
5.1.1	Tiere.....	68
5.1.2	Methoden der Datenerhebung.....	69
5.1.3	Mathematische und statistische Auswertungen .....	72
5.2	Ergebnisse .....	73
5.2.1	Wachstumskurven.....	73
5.2.2	Perzentilkurven.....	75
5.2.3	Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes.....	78
5.2.4	Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung .....	80
5.2.4.1	Einfluss des Muttertieres auf Wachstum und Entwicklung .....	80
5.2.4.2	Einfluss des Geschlechtes auf Wachstum und Entwicklung .....	81

## Inhaltsverzeichnis

---

5.2.4.3	Einfluss des Geburtsgewichtes auf Wachstum und Entwicklung .....	81
5.2.4.4	Einfluss des Geburtsmonates auf Wachstum und Entwicklung .....	82
5.2.4.5	Einfluss der Rassezugehörigkeit auf Wachstum und Entwicklung .....	82
5.2.4.6	Einfluss der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung .....	83
5.2.4.7	Einfluss des Parasitenstatus auf Wachstum und Entwicklung .....	90
5.2.4.8	Einfluss von Erkrankungen auf Wachstum und Entwicklung .....	92
5.3	Praktische Bedeutung der Ergebnisse .....	93
6	Zusammenfassung .....	95
7	Summary .....	97
8	Literaturverzeichnis .....	99
9	Anhang .....	110

**Abkürzungen**

BCS	Body Condition Score (englisch für ein System zur Körperkonditionsbeurteilung)
BTD	Basis patellae-Tuber ischiadicum-Distanz
ca.	Circa
cm	Zentimeter
cm <sup>2</sup>	Quadratzentimeter
d	Tag
DE	Digestible Energy (englisch für Verdauliche Energie)
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
E. mac.	Eimeria macusaniensis
EpG	Eier pro Gramm Kot
et al.	und andere (lateinisch)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (englisch für Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen)
g	Gramm
h	Stunde
k.A.	keine Angaben
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KG <sup>0,75</sup>	Metabolisches Körpergewicht
Kl. Kokz.	Kleine Kokzidien
kJ	Kilojoule
Km	Kilometer
LOESS	locally weighted scatterplot smoothing (englisch für eine nicht parametrische Regressionsmethode)
LMS	Methode zur Erstellung der Perzentilkurven mit Hilfe der Schiefe der Verteilung der Messwerte $\lambda$ (Lambda), dem Mittelwert M und der Standardabweichung S

## Abkürzungsverzeichnis

---

m	Meter
Mcal	Megakalorien
ME	Metabolisierbare Energie
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mm <sup>2</sup>	Quadratmillimeter
MS	Mineralstoffe
MW	Mittelwert
NRC	National Research Council (englisch für Nationaler Forschungsrat, eine Organisation in den Vereinigten Staaten)
OpG	Oozysten pro Gramm Kot
oS	Original Substanz
Ra	Rohasche
Rf	Rohfaser
Rp	Rohprotein
SD	Standard Deviation (englisch für Standardabweichung)
SDS	Standard Deviation-Score (englisch für ein System zur Darstellung von Perzentilkurven mit Hilfe der Standardabweichung)
ssp.	Subspezies
TOD	Tuberculum majus-Olecranon-Distanz
TS	Trockensubstanz
TSA	Trockensubstanzaufnahme Kapazität
ü. NHN	über Normalhöhen Null
VGAM	vector generalized additive models
WHO	World Health Organization (englisch für Weltgesundheitsorganisation)
z.B.	zum Beispiel



# 1 Einleitung

Das Alpaka erfreut sich in Deutschland immer größerer Beliebtheit und ist längst nicht mehr zu den exotischen Haustierarten zu zählen. Aktuellen Schätzungen zufolge leben in Deutschland circa 10 000 Alpakas. Kleine Tiergruppen in Hobbyhaltung sind dabei genauso zu finden wie größere Züchter und landwirtschaftliche Betriebe, die ihren Gewinn aus dem Verkauf von Alpakas und der Nutzung der wertvollen Faser erwirtschaften. Für die Besetzung landwirtschaftlicher Nischen sind sie gut geeignet. Auch die Nutzung als Therapietier bei Wahrnehmungs- und Verhaltensstörungen, geistiger oder körperlicher Behinderung und psychischen Erkrankungen bei Menschen jeden Alters machen die Haltung von Alpakas attraktiv.

Die gute Anpassung an verschiedenste klimatische Bedingungen und die hohe Toleranz gegenüber Temperaturschwankungen und Winden ermöglichen eine artgerechte Haltung in vielen Regionen der Erde. Aufgrund der sehr effizienten Futtermittelverwertung, die auch die Nutzung karger Weiden erlaubt, werden Alpakas sehr geschätzt. Die Schwielensohlen dieser Tiere beschädigen die Grasnarbe kaum, was vor allem für die Landschaftspflege sehr vorteilhaft ist. Eine Beweidung unwegsamer Gelände ist aufgrund der großen Trittsicherheit gut möglich.

In einigen Ländern Südamerikas ist das Alpaka hinsichtlich seiner vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von großer sozioökonomischer Bedeutung. Die Felle, die Faser, das Fleisch und der Kot dieser Tiere (Dünger und Brennmaterial) sind für viele in Peru, Chile und Bolivien lebende Menschen Nahrungs- und Lebensgrundlage. Da Alpakas und Lamas die beiden einzigen domestizierten Tierarten sind, die in einer Höhe von bis zu 5000 m über dem Meeresspiegel leben und genutzt werden können, sind sie für die indigene Bevölkerung der Anden überlebensnotwendig (LEGUÍA 1991).

Wachstum ist ein wesentliches und elementares Merkmal lebender Organismen. Die Wachstumsrate und -qualität sind wichtige Faktoren zur Beurteilung der Gesundheit und des Wohlbefindens eines Individuums. Aufgrund der großen Bedeutung des Wachstums sollten Tierärzte und Züchter das Wachstumsverhalten der von ihnen behandelten oder gehaltenen Alpakas kennen. Die Einschätzung der Größe und des Gewichtes in Verbindung zum Alter ist Teil der Allgemeinen Untersuchung. Die Beurteilung ermöglicht die Erkennung von Mangel- und Fehlernährung sowie inadäquaten Haltungsbedingungen. Zudem gehen viele Erkrankungen mit Beeinträchtigungen der Wachstumsrate einher. Eine korrekte Interpretation der gemessenen Körpergröße und des ermittelten Gewichtes ermöglicht die Erkennung von Krankheitszuständen. Für den erfahrenen Alpakahalter ist es hilfreich, für den unerfahrenen sogar unausweichlich, Richtlinien für die altersabhängige Größe und das Gewicht zur Beurteilung seiner Tiere zu nutzen. Weiterhin kann das Fütterungsregime bei Kenntnis

über die tierartsspezifischen Wachstumsverläufe optimal an Phasen unterschiedlicher Wachstumsraten des Körpergewichtes und der Körpergröße angepasst werden.

Bislang liegen nur wenige wissenschaftlich dokumentierte Kenntnisse über das Wachstum von Alpakas vor und proportional angepasste Kurven vom Lama dienen zur Orientierung. Ziel dieser Arbeit ist es, das postnatale Wachstum und die durchschnittliche Entwicklung eines Alpakas zu beschreiben. Zu diesem Zweck wurden möglichst viele Daten über heranwachsende Alpakas durch kontinuierliche Vermessungen erhoben. Im Vordergrund stand dabei die Untersuchung und Beschreibung des Wachstumsverlaufes beim Alpaka und nicht der Wachstumsverlauf einzelner Tiere. Da den Alpakahaltern, -züchtern und Tierärzten in den seltensten Fällen eine Tierwaage zur Verfügung steht, bestand ein weiteres Ziel darin, eine Schätzformel für das Körpergewicht von Alpakas mit Hilfe anderer Körpermaße zu erarbeiten und die Beziehung verschiedener Maße zum Körpergewicht zu untersuchen.

Die folgenden drei Fragen standen im Mittelpunkt der Arbeit:

- I. Wie verläuft die physiologische Entwicklung des Skelettes und des Körpergewichtes beim Alpaka in den ersten 36 Lebensmonaten?
- II. Welche Faktoren haben Einfluss auf die Entwicklung junger Alpakas?
- III. Welches Körpermaß eignet sich zur zuverlässigen Berechnung des Körpergewichtes?

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Definition von Wachstum

Will man Wachstumsverläufe und -dynamiken untersuchen, muss zunächst diskutiert werden, was der Begriff Wachstum beschreibt, da es keine allgemein anerkannte Wachstumsdefinition gibt und der Begriff in der Forschung unterschiedlich ausgelegt wird.

Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts beschrieb RÖSSLE (1923) das Wachstum als „Zunahme durch Ansatz von strukturell und funktionell vollwertiger lebender Masse.“ Er schließt damit deutlich die Zunahme von nicht zytoplasmatischen Substanzen, wie zum Beispiel Fett und Wasser, aus der Begriffsdefinition aus. Krankhafte Veränderungen sind als Vergrößerungen ohne Wachstum anzusehen.

VON BERTALANFFY beschäftigte sich über mehrere Jahrzehnte mit Fragen des Wachsens und definierte 1957 Wachstum als „Größenzunahme eines lebenden Systems, die daraus resultiert, dass der Aufbau von Baubestandteilen deren Abbau überwiegt“. Er verdeutlicht mit seiner Formulierung, dass auch die Abnahme von Substanzen am Prozess des Wachstums beteiligt ist.

Dass das Wachstum zu quantitativen und räumlichen Veränderungen führt, und die Differenzierung dem gegenüber qualitative und formale Veränderungen beinhaltet, beschreibt BERTOLINI im Jahr 1969. Er erläutert weiter, dass „Wachstum und Differenzierung nur schwer zu trennende Prozesse“ sind und in Hinsicht auf die lebenslange Entwicklung eines Individuums nur im Zusammenhang betrachtet werden können.

SALOMON (1993), der sich ebenfalls sehr intensiv mit dem Prozess des Wachsens beschäftigte, ordnet das Wachstum der Entwicklung unter. Genauso wie Differenzierung, Reifung und Altern ist Wachstum ein Vorgang, der zwischen Befruchtung und Tod stattfindet und somit Teil der Entwicklung eines Organismus ist. Diese Veränderungen eines Individuums betreffen Gestalt und Größe und stellen makroskopische oder mikroskopische Phänomene dar.

Kurz und prägnant beschreibt SCHMIDT im Jahr 2000 das Wachstum im biologischen Sinne als „Fähigkeit der Lebewesen, an Größe und Lebendmasse zuzunehmen“.

Ihrer Definition von Wachstum legen KOLETZKO und VON HARNACK (2007) zwei Begriffe zu Grunde: Distanz und Geschwindigkeit. Sie verweisen darauf, dass „die gleiche Endgröße bei langsamem, aber längerem, sowie bei schnellerem, aber kürzerem Wachstum erreicht werden“ kann

und es deswegen notwendig ist, die Geschwindigkeit der Entwicklung und Veränderung einzubeziehen.

LAWRENCE et al. (2012) erläuterten erst kürzlich, dass das einfache Prinzip des Wachsens, das heißt die Größenzunahme an sich, den vielen komplizierten Versuchen eine Wachstumsdefinition zu finden, vorzuziehen ist. Es scheint kaum möglich zu sein, einen so außerordentlich komplexen Vorgang in eine Formel zu verpacken. Dem Wachstum, als einem Hauptcharakteristikum lebender Organismen, kann kaum eine bestimmte formale Definition gerecht werden. Laut Aussage von LAWRENCE et al. (2012) scheint es am hilfreichsten, einen deskriptiven Begriff zu verwenden, der die zu untersuchenden Aspekte in ihrer ganzen Bandbreite einbezieht. So kann man beispielsweise vom Zellwachstum, Organwachstum, fetalen Wachstum oder, wie im Fall der vorliegenden Studie, vom postnatalen Wachstum von Individuen sprechen. Das Verständnis von Wachstum, wie LAWRENCE et al. (2012) es beschreiben, liegt dieser Arbeit zugrunde.

## **2.2 Methoden zur Beschreibung des Wachstums**

### **2.2.1 Methoden der Datenerhebung**

Es können verschiedene Methoden zur Datenerhebung durchgeführt werden. Je nach Methode variiert die Anwendung und analytische Auswertung. FITZHUGH (1976) und TANNER (1986) unterscheiden fünf verschiedenen Möglichkeiten zur Ermittlung von Messwerten im Zusammenhang mit Evaluierungen des Wachstums und charakterisieren diese folgendermaßen:

1. Statische Methode
2. Transversale Methode
3. Longitudinale Methode
4. Gemischt transversale Methode
5. Gemischt longitudinale Methode

Kennzeichnend für statische Datenerhebungen sind einmalige Beobachtungen von verschiedenen Individuen, die alle der gleichen Altersklasse angehören. Weder Entwicklungstendenzen noch Wachstumsverläufe sind an statisch ermittelten Messwerten ablesbar, da alle Tiere ein ähnliches Alter aufweisen.

In transversalen Studien wird jedes Individuum ebenfalls nur einmal vermessen, jedoch jeweils in unterschiedlichen Altersstufen. Transversal erhobene Daten liefern also Informationen zur Erstellung

einer mittleren Wachstumskurve. Die Qualität dieser Informationen hängt davon ab, inwieweit die Studienteilnehmer repräsentativ für eine Population sind. Die Vorteile dieser Methode gegenüber longitudinalen Untersuchungen liegen im oft geringeren finanziellen Aufwand, in der Möglichkeit extrem viele Individuen einzubeziehen und in der Zeitersparnis, vor allem bei langsam wachsenden Organismen. Man kann jedoch keine Aussagen zu individuellen Wachstumsdynamiken und Unterschieden treffen.

Für longitudinale Studien sind wiederholte Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten an immer den selben Individuen charakteristisch, sodass Messreihen entstehen. Sie sind sowohl für den Untersucher als auch für die Studienteilnehmer zeit- und arbeitsaufwändig. Zusätzlich zu den Informationen, die aus der statischen und der transversalen Methode gewonnen werden können, liefert diese Vermessungsart auch Ergebnisse zu individuellen Unterschieden im Wachstum.

Gemischt transversale Studien werden beispielsweise an Wildtierpopulationen durchgeführt. Die Daten resultieren aus Messungen an Individuen, zu denen keine Hintergrundinformationen, wie beispielsweise das Alter, zur Verfügung stehen. Es kann leicht zu falschen Interpretationen von Größen- bzw. Gewichts-Alters-Zusammenhängen kommen, sodass diese Daten nur geringe Aussagekraft besitzen.

Wenn Messwerte während longitudinaler Untersuchungen zu bestimmten Zeitpunkten nicht für alle Individuen ermittelt werden können und transversale Daten anderer Personen oder Tiere für diesen Zeitraum erhoben werden, so handelt es sich um den gemischt longitudinalen Typ.

Die Aussagekraft der durch unterschiedliche Methoden erhobenen Messwerte nimmt nach Angaben von FITZHUGH (1976) in folgender Reihenfolge ab: longitudinale, gemischt longitudinale, transversale, statische und gemischt transversale Methode. Somit stellt die longitudinale Datenerhebung das Mittel der Wahl dar.

AGGREY untersuchte im Jahr 2008 den Einfluss von großen Messintervallen, kurzen Zeitspannen der Datenerhebung und fehlenden Werten auf die Genauigkeit von Wachstumsverläufen. Er stellte fest, dass vor allem kurze Messintervalle für zuverlässige Aussagen über Wachstumsdynamiken notwendig sind. Fehlwerte, z.B. von Tieren einer bestimmten Altersgruppe, sind hingegen nicht von entscheidendem Einfluss, da die Daten interpoliert werden können, wenn davor und danach kontinuierlich gemessen wurde. Werden Messwerte nur über einen kurzen Zeitraum erhoben, so ist kaum eine Aussage über die Wachstumsrate in unterschiedlichen Altersstufen möglich. Auch das Wachstumsende kann meist nicht bestimmt werden.

### 2.2.2 Methoden zur mathematischen Aufarbeitung der Daten

Es ist kaum möglich Wachstumsvorgänge kontinuierlich und engmaschig zu erfassen. Darum ist es sinnvoll, erhobene Messwerte mit Hilfe von mathematischen Funktionen auszuwerten und Werte für nicht dokumentierte Altersabschnitte zu interpolieren, sodass Wachstumskurven entstehen.

Bereits in den beiden letzten Jahrhunderten setzten sich viele Wissenschaftler mit der Analyse von Wachstumsvorgängen mit Hilfe verschiedener mathematischer Funktionen auseinander. Stellvertretend seien hier nur die Methoden von GOMPertz (1825), VON BERTALANFFY (1957) und JANOSCHEK (JANOSCHEK 1957, SAGER 1978) genannt. Arbeiten von international angesehenen Arbeitsgruppen aus der jüngsten Zeit nutzen vor allem die LMS-Methode (KUCZMARSKI et al. 2002, WHO 2006), die von COLE 1990 erstmals vorgestellt und im Jahr 1992 von COLE und GREEN erweitert wurde. Im LMS-Verfahren werden die Daten in Form von drei Kurven, für die Schiefe der Verteilung (L), für den Mittelwert (M) und den Variationskoeffizienten (S), ausgedrückt. Zur Erstellung der L-Kurve wird die Box-Cox-Transformation genutzt. Dabei wird ermittelt, wie groß der Exponent der Box-Cox-Transformation für verschiedene Altersgruppen sein muss, damit eine Normalverteilung vorliegt. Nach Ermittlung der optimalen Exponenten wird der Trend in einer geglätteten L-Kurve zusammenfassend dargestellt. Verschiedene Arten der Verteilung können so angepasst werden. Trends des Mittelwertes und des Variationskoeffizienten werden in ähnlicher Weise geglättet und dargestellt. Resultierend aus den L, M und S-Kurven kann jede beliebige Perzentile erstellt werden. KHADILKAR und KHADILKAR beschreiben 2011, dass das Anpassungsverfahren der LMS-Methode zu einer langsamen Änderung der Werte in den L-, M- und S-Kurven führt, sodass die Kurven geglättet und in Abhängigkeit vom Alter dargestellt werden können. Wenn die L-, M- und S-Kurven geglättet sind, resultieren daraus auch ausgeglichene Perzentilkurven.

Perzentilkurven und Z-Scores sind zwei verschiedene Möglichkeiten zur Darstellung von Wachstumsverläufen, die je nach Präferenz und Gewohnheit genutzt werden. Perzentilen sind Hundertstelwerte und werden auch als Prozentstränge oder Prozentsummenkurven bezeichnet. Häufig wird die Wachstumsentwicklung von Kindern mit Hilfe von Perzentilkurven evaluiert (KUCZMARSKI et al. 2002, WHO 2006). Auch in der Veterinärmedizin ist die Erstellung von Perzentilen zur Beurteilung von Wachstumsvorgängen verbreitet. Vor allem eine Leipziger Arbeitsgruppe um SALOMON erstellte Wachstumsbeschreibungen mit darin enthaltenen Perzentilen für verschiedene Tierarten (NEULING 1998, SCHULZE 2000, SALOMON et al. 2008, SPENNES 2009). Perzentilkurven ermöglichen die Bewertung, zum Beispiel der Größe oder des Gewichtes, eines Individuums im Vergleich zu einer Referenzpopulation. Betrachtet man beispielsweise die 50. Perzentile, so liegen die Werte von 50% der Alpakas über und von 50% der Tiere unter dieser Kurve.

Üblicherweise werden sieben verschiedene Perzentilen dargestellt: die 3., 10., 25., 50, 75., 90. und 97. (KHADILKAR und KHADILKAR 2011). Eine weitere Methode zur Wiedergabe von Wachstumsdynamiken ist die Darstellung von Z- beziehungsweise SD-Scores. Dabei wird die Standardabweichung der Referenzpopulation in Bezug zum Mittelwert dieser Population aufgetragen. Typischerweise wird die zwei- und dreifache Standardabweichung zum Mittelwert addiert und subtrahiert, sodass ein Diagramm mit fünf Einzelkurven entsteht. Zur Beurteilung von Abmagerung, Fettleibigkeit, Großwuchs und Minderwuchs werden häufig die Z-Scores genutzt, da sie in Bereichen unter der 5. beziehungsweise über der 95. Perzentile detailliertere Auswertungen ermöglichen (KUCZMARSKI et al. 2002). Z-Scores und Perzentilen stehen in direktem Zusammenhang, sodass ein Wechsel vom Z-Score-System zur Einteilung nach Perzentilen möglich ist. In Tabelle 2.1 sind Angaben der WHO zum Zusammenhang zwischen Z-Scores und den exakten, beziehungsweise gerundeten Perzentilen aufgelistet.

**Tabelle 2.1**

*Korrelation zwischen Perzentilen und Z-Scores für grafische Darstellungen der WHO (modifiziert nach KHADILKAR und KHADILKAR 2011).*

Z-Score	Exakte Perzentile	Gerundete Perzentile
-3	0,1	1
-2	2,3	3
-1	15,9	15
0	50	50
1	84,1	85
2	97,7	97
3	99,9	99

Alle Tiere, die zwischen der 3. (entspricht im Z-Score-System -2SD) und der 97. Perzentile (entspricht im Z-Score-System +2SD) eingeordnet werden können, liegen im physiologischen Bereich und können daher als normal wachsend betrachtet werden (EIHOLZER 2001, RANKE und VON HARNACK 2007, SCHAPS et al. 2008, KHADILKAR und KHADILKAR 2011).

## 2.3 Die Tierart Alpaka

### 2.3.1 Zoologische Einordnung

Die ersten kamelähnlichen Tiere lebten vor 40 bis 50 Millionen Jahren. Diese Tiere waren hasengroß und entwickelten sich zum Procamelus weiter, das vor allem in Nordamerika heimisch war (ALTMANN 1990). Die Vorfahren des Alpakas wanderten zu Beginn des Pleistozäns, vor circa ein bis zwei Millionen Jahren, über Mittelamerika nach Südamerika, in die sogenannte Neue Welt ein (THENIUS 1993). Die Kleinkamele werden deswegen auch als Neuweltkameliden bezeichnet.

Das Alpaka ist ein höckerloses Kamel und gehört zur Ordnung der Paarhufer (Artiodactyla) und zur Unterordnung der Schwielensohler (Tylopoda). Die Familie der Kameliden wird von den Großkamelen (Gattung Camelus) und den Kleinkamelen (Gattung Lama) gebildet. Vier Arten gehören der Gattung Lama an: die zwei Wildtierformen Guanako (*Lama guanicoe* Müller 1776) und Vicuña (*Vicugna vicugna* Molian 1782) und die zwei domestizierten Arten, das Lama (*Lama glama* Linnaeus 1758) und das Alpaka (*Vicugna pacos* Linnaeus 1758). Umstritten ist bis heute, von welchen Wildarten die beiden Haustierarten abstammen. Dass das Lama aus dem Guanako gezüchtet wurde, gilt aufgrund vieler Ähnlichkeiten im Körperbau und Verhalten, aber auch aufgrund genetischer Übereinstimmungen als gesichert (WHEELER 1995, KADWELL et al. 2001). Die Frage nach der Stammform der Alpakas wird jedoch sehr kontrovers diskutiert. Einige Wissenschaftler behaupten, dass das Alpaka vom Guanako abstammt. Dafür spricht vor allem die Größe des Alpakagehirns. Es ist kleiner als das Gehirn des Guanakos und größer als das des Vicuña. Die Abnahme der Gehirnmasse stellt ein wichtiges Domestikationsmerkmal des Alpakas dar (HERRE 1952, HEINEMANN und WENDT 1993). Ein weiterer Hinweis auf die Abstammung des Alpakas vom Guanako ist die Struktur des Hämoglobins. Diese wurde in einer Studie von PICCININI et al. (1990) untersucht. Die Autoren fanden heraus, dass die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Ketten des Guanako-Hämoglobins absolut identisch mit der des Alpakas sind und somit davon ausgegangen werden kann, dass das Alpaka eine domestizierte Form des Guanakos darstellt.

Auch die Beschreibung des Alpakas als ein Kreuzungsprodukt aus Guanako und Vicuña oder Lama und Vicuña ist in der Literatur zu finden (STANLEY et al. 1994).

In neueren Studien, in denen die Bandenstruktur auf Chromosomen, die mitochondriale DNA und Mikrosatelliten untersucht wurden, konnte gezeigt werden, dass das Alpaka und das Vicuña sehr große genetische Übereinstimmungen aufweisen. Somit ist sehr wahrscheinlich, dass das Alpaka vom Vicuña abstammt und mit diesem zusammen eine eigene Gattung *Vicugna* bildet (KADWELL et al. 2001, WHEELER et al. 2006, MARIN 2007). Die von GENTRY et al. im Jahr 2004 vorgeschlagene wissenschaftliche Bezeichnung für das Alpaka, *Vicugna pacos*, wird somit für diese Arbeit als geltend

angesehen. Es wird davon ausgegangen, dass das Alpaka aus dem Vicuña herausgezüchtet wurde und eine Domestikation 4000 bis 3500 vor Christus in den peruanischen Anden stattfand (GAULY et al. 2011).

### 2.3.2 Verbreitung und Artmerkmale

Südamerika ist mit einer Population von circa 8,7 Millionen Neuweltkameliden das Hauptverbreitungsgebiet dieser Tiere. Allein in Peru werden circa 5,5 Millionen Alpakas und Lamas von indigenen Hirtenfamilien gehalten (FAO 2013). Die höckerlosen Kamele leben größtenteils im Hochland zwischen 3600 und 5500 Metern über dem Meeresspiegel (LEGUÍA 1991). Kleinere Tieranzahlen kommen auch in Chile, Bolivien und Argentinien vor. Immer größere Verbreitung findet das Alpaka in Australien, Neuseeland, Nordamerika und einigen europäischen Ländern, in denen es zum Teil schon seit über 30 Jahren gehalten und gezüchtet wird. In Deutschland leben derzeit schätzungsweise 15000 Lamas und Alpakas (GAULY et al. 2011). Da keine Registrierpflicht für die Kleinkamele besteht, existieren keine genauen Angaben über die Populationsgröße in Deutschland. Der vordergründige Haltungszweck der Alpakas ist die Wollproduktion. In der Zeit der Hochkultur der Inkas, vom 13. bis zum 16. Jahrhundert, wurden die besonderen Vlieseigenschaften heraus gezüchtet und so entscheidende Grundlagen für diese Nutzungsrichtung geschaffen.

Anhand der Bewollung ist die Unterscheidung der beiden Rassen Suri und Huacaya möglich. Je nach Geschlecht und Zuchtrichtung wiegen die Tiere zwischen 55,0 kg und 90,0 kg (ZANOLARI und SCHÖNMANN 2008, FOWLER 2010a). Laut den Angaben von HOFFMAN (2006) sollten adulte Alpakas zwischen 47,5 kg und 84,0 kg wiegen. Er bezieht sich in seinen Empfehlungen auf Standards für Registraturprüfungen, die im Jahr 1996 von der Alpaca Registry Inc. (ARI), der weltweit größten Einrichtung zur Stammbaumregistratur von Alpakas, aufgestellt wurden. Das Alpaka hat nach den Angaben von FOWLER (2010a) eine Widerristhöhe von 76 bis 96 cm. ZANOLARI und SCHÖNMANN (2008) legen sich auf eine Widerristhöhe von 75 bis 100 cm fest. In den „International Alpaca Standards“, die von KRIEGER und 16 Studenten der International Alpaca Judging School im Jahr 2000 verfasst wurden, werden Alpakas mit einer Widerristhöhe unter 85 cm als klein bezeichnet. Alpakas, deren Widerrist höher als 100 cm ist, gelten in diesen Standards als übergroß und lamaähnlich (KRIEGER 2000). HOFFMAN (2006) gibt in seinem Buch „The Complete Alpaca Book“ eine Widerristhöhe von 81 bis 99 cm an.

Stuten bringen nach einer Tragezeit von 335 bis 350 Tagen (TIMM et al. 2011) ein Fohlen beziehungsweise Cria zur Welt. Die Jungtiere wiegen zur Geburt zwischen 6 und 9 kg (ZANOLARI und SCHÖNMANN 2008, FOWLER 2010a). Im La Raya Forschungszentrum in Peru konnte 1992 ein durchschnittliches Geburtsgewicht von 8 bis 9 kg bestimmt werden (BRAVO und VARELA 1992).

Alpakas können bis zu 20 Jahre alt werden (HEINEMANN und WENDT 1993, HOFFMAN 2006). Die Geschlechtsreife tritt bei männlichen Alpakas mit 12 bis 18 Monaten ein (GAULY et al. 2011). Bei den meisten Hengsten löst sich die Verwachsung zwischen Penis und Präputium jedoch erst mit zwei bis drei Jahren, sodass die regelmäßige Zuchtnutzung mit einem Alter von drei Jahren beginnen kann (BRAVO und JOHNSON 1994, SUMAR 1996). Vollständig ausgewachsen sind Hengste mit fünf Jahren (SUMAR 1996). Die Zuchtreife weiblicher Tiere hängt sehr stark vom Ernährungszustand und der Entwicklung des Körperbaus ab. Man geht davon aus, dass Jungstuten, die zwei Drittel des Körpergewichtes einer adulten Stute erreicht haben, deckfähig sind (HOFFMAN 2006, GAULY et al. 2011). Dies entspricht einem Gewicht von circa 40 kg.

## 2.4 Bisherige morphometrische Untersuchungen bei Neuweltkameliden

Morphometrische Untersuchungen des Wachstums wurden bereits mehrfach am Lama (*Lama glama*) durchgeführt. Wiederholt ist in der Literatur zu lesen, dass das Wachstum bei Alpakas bisher nur unzureichend beschrieben wurde und weitere Untersuchungen notwendig sind (HOFFMAN 2006, VAN SAUN 2010). VAN SAUN erstellte aus Mangel an Messwerten im Jahr 2006 eine Wachstumskurve für die Entwicklung des Körpergewichtes beim Alpaka in Abhängigkeit vom Alter aus proportional angepassten Daten vom Lama. Weitere Untersuchungen zum Wachstum und der Entwicklung beim Alpaka sind der Autorin dieser Arbeit nicht bekannt. Somit kann nachfolgend nur auf bisherige morphometrische Untersuchungen beim Lama eingegangen werden.

1989 erfolgten durch LEON et al. erste Messungen zur Charakterisierung der Größen- und Gewichtszunahme bei der Spezies Lama. Die Tiere wurden gewogen und mit Hilfe eines Maßbandes vermessen. Dabei wurden folgende Maße erhoben: Körperlänge, Widerristhöhe, Brustumfang und Körperbreite. Details zu den Messungen sind in Tabelle 2.3 beschrieben. Das Ergebnis dieser Arbeit sind Wachstumskurven, die die Entwicklung des Körpergewichtes in Abhängigkeit vom Alter beziehungsweise dem Brustumfang darstellen. Die Beziehungen zwischen Alter und Gewicht beziehungsweise Alter und Brustumfang wurden durch LEON et al. (1989) mit folgenden Gleichungen beschrieben:

$$\text{Körpergewicht [kg]} = (-0,38 \times \text{Alter [d]}^2) + (10,06 \times \text{Alter [d]}) + 14,28 \quad (R^2 = 0,929)$$

$$\text{Körpergewicht [kg]} = (8,7 \times 10^{-4}) \times \text{Brustumfang [cm]}^{2,46} \quad (R^2 = 0,910)$$

SMITH et al. veröffentlichten im Jahr 1992 zwei Studien zur Untersuchung des Wachstums beim Lama. In der ersten Studie wurden zehn Lamas von der Konzeption bis zur Geburt des Fohlens monatlich vermessen und gewogen. Studie zwei wurde an 270 Lamas durchgeführt, wobei an diesen

Tieren nur eine einmalige Vermessung erfolgte. Die Körperlänge, die Widerristhöhe und der Brustumfang wurden, wie in Tabelle 2.3 beschrieben, mit Hilfe eines Glasfasermaßbandes beziehungsweise einer kalibrierten Höhenmesslatte ermittelt. Des Weiteren dokumentierten die Autoren das Gewicht jeden Tieres. Anhand der Messdaten konnten Wachstumskurven erstellt werden. Die Studie zeigte, dass Lamas ihre endgültige Körperhöhe mit 18 Monaten und ihre endgültige Körperlänge mit 24 Monaten erreichten. Der Brustumfang und das Gewicht nahmen ab einem Alter von 36 Monaten nicht mehr zu. Des Weiteren konnten die ermittelten Messwerte zur Erstellung einer Formel zur Berechnung des Körpergewichtes genutzt werden. Dies erfolgte mit Hilfe des Brustumfanges, der die größte Korrelation zum Gewicht aufwies.

$$\text{Körpergewicht [kg]} = (1,005 \times 10^{-3}) \times \text{Brustumfang [cm]}^{2,424} \quad (R^2 = 0,948)$$

Das Gewicht als Funktion des Alters kann laut SMITH et al. (1992) in zwei verschiedenen Varianten beschrieben werden:

$$\text{Körpergewicht [kg]} = (-0,089 \times \text{Alter [d]}^2) + (6,62 \times \text{Alter [d]}) + 19,45 \text{ kg} \quad (R^2 = 0,872)$$

$$\text{Körpergewicht [kg]} = 21,93 \text{ kg} \times \text{Alter [d]}^{0,539} \quad (R^2 = 0,876)$$

FOWLER fasst 2010 die von SMITH et al. (1992) durchgeführte Studie in einem Beitrag zum Thema Wachstum in seinem Werk „Medicine and Surgery of Camelids“ zusammen. Er stellt fest, dass das Wachstum, ausgenommen der ersten Lebensmonate, nicht konstant ist und sich Zeiten schnelleren Wachstums mit Perioden langsameren Wachstums abwechseln. Werte für das mittlere Körpergewicht und die tägliche Zunahme bei der Spezies Alpaka wurden 2006 durch VAN SAUN aus den von SMITH et al. (1992) für das Lama ermittelten Kurven abgeleitet. Dies erfolgte durch eine proportionale Anpassung der Messwerte an die Größen des Alpakas. VAN SAUN (2006) betont ausdrücklich, dass Wachstumskurven für Lamas, aber nicht für Alpakas veröffentlicht wurden.

1995 stellte KIESLING Ergebnisse seiner Vermessungen bei Lamas und Alpakas auf dem zweiten europäischen Kongress über südamerikanische Kameliden vor. Ähnlich den bereits besprochenen Autoren war auch eines seiner Ziele die Erstellung einer Formel zur möglichst genauen Gewichtsschätzung bei Neuweltkameliden. Der Autor nahm 36 Lamas und zwei Alpakas, die in Deutschland gehalten wurden, in seine Untersuchungen auf und stellte fest, dass der Brustumfang ( $u_T$ ) sowie der horizontale Körperumfang ( $u_H$ ) am besten geeignet sind, um das Körpergewicht zu berechnen. KIESLING (1995) macht im Gegensatz zu anderen Autoren keine Angaben zum Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) der Gleichungen, sondern beschreibt die Präzision der Körpergewichtsberechnung in Prozentwerten, die sich auf das geschätzte Gewicht beziehen. So stellt er fest, dass die Vorhersagen für das Körpergewicht mit einer „Präzision von 16% in 90% der Tiere“ zutreffen. Eine höhere Genauigkeit der Körpergewichtsschätzungen erreichte KIESLING (1995) durch die

Kombination beider Maße in einer Gleichung. Die Präzision der Schätzungen konnte so auf 10% verbessert werden.

Folgende kubische Funktionen sind das Ergebnis der Untersuchungen von KIESLING (1995):

$$\text{Körpergewicht [kg]} = 4,3 + 76,3 \times u_T^3 \text{ [m]}$$

$$\text{Körpergewicht [kg]} = 3,4 + 7,8 \times u_H^3 \text{ [m]}$$

$$\text{Körpergewicht [kg]} = 2,8 + 41,5 \times u_T^3 \text{ [m]} + 3,72 \times u_H^3 \text{ [m]}$$

Im Gegensatz zu KIESLING (1995) analysierten WURZINGER et al. (2005) das Wachstum von Lamas in Bolivien. Sie dokumentierten vier verschiedene Körpermaße (siehe Tabelle 2.3) und das Gewicht bei über 2800 Tieren. Für alle fünf erhobenen Parameter entwickelten die Autoren Wachstumsgleichungen. Gleichungen zur Schätzung des Körpergewichtes erarbeiteten WURZINGER et al. (2005) auf Grundlage des Modells einer quadratischen Funktion. Sie nutzten dabei jedes der vier Körpermaße einzeln in einer Gleichung sowie in verschiedenen Kombinationen (siehe Tabelle 2.2).

**Tabelle 2.2**

*Gleichungen zur Schätzung des Körpergewichtes mit Hilfe verschiedener Körpermaße unter Angabe des Bestimmtheitsmaßes R<sup>2</sup> (modifiziert nach WURZINGER et al. 2005).*

Gleichung	R <sup>2</sup>
BW [kg] = - 2,09 - 0,75 × HW [cm] + 0,00602 × HW <sup>2</sup> [cm] - 0,19 × CC [cm] + 0,00371 × CC <sup>2</sup> [cm] + 0,79 × BL [cm] - 0,00158 × BL <sup>2</sup> [cm] + 0,034 × AC [cm] + 0,00131 × AC <sup>2</sup> [cm]	0,85
BW [kg] = - 82,95 + 1,34 × HW [cm] + 0,00139 × HW <sup>2</sup> [cm]	0,70
BW [kg] = - 30,94 + 0,49 × CC [cm] + 0,00388 × CC <sup>2</sup> [cm]	0,77
BW [kg] = - 113,15 + 3,40 × BL [cm] - 0,013 × BL <sup>2</sup> [cm]	0,69
BW [kg] = - 83,94 + 2,61 × AC [cm] - 0,00894 × AC <sup>2</sup> [cm]	0,60
BW [kg] = - 21,95 - 0,19 × HW [cm] + 0,00428 × HW <sup>2</sup> [cm] + 0,27 × CC [cm] + 0,00304 × CC <sup>2</sup> [cm]	0,81
BW [kg] = - 17,7 - 1,21 × HW [cm] + 0,011 × HW <sup>2</sup> [cm] + 1,63 × BL [cm] - 0,00503 × BL <sup>2</sup> [cm]	0,79
BW [kg] = - 44,87 - 0,05 × HW [cm] + 0,00611 × HW <sup>2</sup> [cm] + 0,77 × AC [cm] - 0,00098 × AC <sup>2</sup> [cm]	0,77
BW [kg] = - 26,31 - 0,63 × CC [cm] + 0,00738 × CC <sup>2</sup> [cm] + 1,34 × BL [cm] - 0,00426 × BL <sup>2</sup> [cm]	0,83
BW [kg] = - 32,58 - 0,000291 × CC [cm] + 0,00506 × CC <sup>2</sup> [cm] + 0,67 × AC [cm] - 0,00188 × AC <sup>2</sup> [cm]	0,80

BW – Körpergewicht, HW – Widerristhöhe, CC – Thoraxumfang, BL – Körperlänge, AC – Bauchumfang

RIEK und GERKEN untersuchten im Jahr 2007 ebenfalls die Größen- und Gewichtszunahme von Lamas. In dieser Studie wurde wöchentlich von der Geburt bis zum Absetzen im Alter von 27 Wochen der Brustumfang, die Körperlänge, die Körperhöhe sowie das Körpergewicht bei elf Lamas dokumentiert. Besonders hervorzuheben ist, dass diese Autoren im Gegensatz zu allen vorher genannten Studien die Körperlänge als eine Strecke von der Vorderseite des Halses bis zum ersten Schwanzwirbel definierten (siehe Tabelle 2.3). Auch RIEK und GERKEN (2007) entwickelten Formeln zur Berechnung des Gewichtes (BW) eines Lamas. Dabei zeigte auch bei Ihnen der Thoraxumfang (TC) die größte Korrelation zum Körpergewicht. Körperlänge und Widerristhöhe wiesen geringere Korrelationen auf. Sie beschrieben die Körpergewichtsentwicklung in Abhängigkeit vom Brustumfang wie folgt:

$$\text{BW [kg]} = 12,61 - 0,82 \text{ TC [cm]} + 0,02 \text{ TC [cm]}^2 \quad (\text{R}^2 = 0,980)$$

Zur Schätzung des Gewichtes anhand mehrerer Körpermaße erstellten sie folgende Gleichung:

$$\begin{aligned} \text{BW [kg]} = & - 14,99 + 1,04 \text{ H [cm]} - 0,004 \text{ H [cm]}^2 - 1,53 \text{ TC [cm]} \\ & + 0,017 \text{ TC [cm]}^2 + 0,136 \text{ L [cm]} + 0,001 \text{ L [cm]}^2 \quad (\text{R}^2 = 0,983) \end{aligned}$$

BW steht dabei für das Körpergewicht, H für die Widerristhöhe, TC für den Brustumfang und L für die Körperlänge in cm.

RIEK und GERKEN (2007) kritisieren in ihrer Veröffentlichung, dass der monatliche Abstand zwischen den Messungen bei LEON et al. (1989) und SMITH et al. (1992) zu groß sei, um das Wachstum korrekt beschreiben zu können.

Tabelle 2.3

Methoden zur Bestimmung der Körperlänge, der Widerristhöhe, des Brustumfanges und der Körperbreite beim Lama nach LEON *et al.* 1989, SMITH *et al.* 1992, KIESLING 1995, WURZINGER *et al.* 2005 sowie RIEK und GERKEN 2007.

Körpermaße	nach LEON <i>et al.</i> 1989	nach SMITH <i>et al.</i> 1992	nach KIESLING 1995	nach WURZINGER <i>et al.</i> 2005	nach RIEK und GERKEN 2007
Körperlänge	Vom Halsgrund bis zum ersten beweglichen Schwanzwirbel			Vom höchsten Dornfortsatz der Brustwirbel bis zum Kreuzbein	Von der Vorderseite des Halses bis zum ersten beweglichen Schwanzwirbel
Widerristhöhe	Vertikale Distanz vom höchsten Punkt des Widerristes bis zum Boden				
Brustumfang	Unmittelbar kaudal der Vordergliedmaßen				
Bauchumfang	Keine Messungen			Unmittelbar kranial der Hintergliedmaßen	Keine Messungen
Horizontaler Körpervumfang	Keine Messungen	Keine Messungen	Auf Höhe der Brust und des Beckens	Keine Messungen	Keine Messungen
Körperbreite	Vom rechtem zum linken Dorsalrand des Schulterblattes	Keine Messungen	Keine Messungen	Keine Messungen	Keine Messungen
Schenkelumfang	Keine Messungen	Keine Messungen	Auf Höhe der Hälfte des Oberschenkels	Keine Messungen	Keine Messungen

## **2.5 Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung**

### **2.5.1 Einfluss des Muttertieres auf Wachstum und Entwicklung**

Einen Zusammenhang zwischen dem Ernährungszustand der Stute und der Lebensfähigkeit beziehungsweise dem Wachstum neugeborener Crias beschrieb VAN SAUN 2010. Die Jungtiere benötigen vor allem Glucose und Aminosäuren, um sich weiterentwickeln zu können. Ist die Mutter stark abgemagert, kann die Versorgung des Fohlens nicht gewährleistet werden.

BRAVO et al. stellten im Jahr 2009 im Hinblick auf das Alter und die Parität einer Alpakastute, sowie auf das Gewicht und die Überlebenschance ihres Fohlens zwei Hypothesen auf:

1. Das Alter der Alpakastute hat Einfluss auf das Gewicht des Fohlens
2. Das Alter der Alpakastute hat Einfluss auf das Überleben und die Entwicklung des Fohlens in der ersten Lebenswoche

Um diese Thesen zu bestätigen, bestimmten sie das Geburtsgewicht, die Fohlensterblichkeit, das Plazentagewicht und die größte Plazentabreite bei 424 Stuten beziehungsweise deren Crias. Das Geburtsgewicht variierte von 6,9 kg bis 8,4 kg. Erstgebärende Stuten brachten die kleinsten Fohlen zur Welt, neunjährige Stuten die größten. Bei über neun Jahre alten Muttertieren sank das Geburtsgewicht der Fohlen wieder ab. BRAVO et al. (2009) konnten somit zeigen, dass sechs bis zwölf Jahre alte Stuten signifikant schwerere Fohlen gebären als zwei- bis fünfjährige.

Auch das Plazentagewicht und die größte Plazentabreite erreichten mit durchschnittlich 977,6 g und 67,7 cm das Maximum bei neunjährigen Stuten. Jungstuten hatten mit durchschnittlich 847,9 g Gewicht und 59,7 cm Breite kleinere Plazenten. Des Weiteren wurde bei zwei- bis dreijährigen, primiparen Stuten die höchste Fohlensterblichkeit mit 11,3% festgestellt. Bei multiparen Muttertieren starben nur 5,9% der Fohlen.

Die Ergebnisse der oben beschriebenen Studie entsprechen den Aussagen von BUSTINZA et al. Sie konnten bereits 1988 beobachten, dass Nachkommen von acht und neunjährigen Alpakastuten die höchste Überlebensrate besitzen. Bei noch älteren Stuten sinkt die Criäüberlebensrate wieder.

Aus den von BUSTINZA et al. (1988) und BRAVO et al. (2009) im Hochland der peruanischen Anden gesammelten Daten lässt sich sehr gut erkennen, dass es von Bedeutung ist, ob die Mutter eines Fohlens primi- oder multipar ist. Die Überlebenschancen der Fohlen steigen bei älteren Mutterstuten. Dies hängt laut BRAVO et al. (2009) mit einer besseren Plazentaeffizienz, einem stärkeren Mutterinstinkt und einem höheren Geburtsgewicht zusammen. BUSTINZA et al. (1988) begründen

die höheren Überlebensraten und die bessere Entwicklung der Fohlen von älteren Stuten mit den gleichzeitig höheren Geburtsgewichten.

Die von DAVIS et al. 1997 gesammelten Daten und deren Auswertungen widersprechen den Behauptungen der bisher genannten Autoren. DAVIS et al. (1997) entwarfen zwei verschiedene Modelle zur besseren Einschätzung des Einflusses der Parität der Mutterstute auf das Geburtsgewicht ihrer Fohlen. Das eine Modell berücksichtigt das Körpergewicht der Stute nicht. Dem gegenüber wird im zweiten Modell das Gewicht der Mutter in den Auswertungen und Berechnungen mit erfasst. Wenn das Gewicht der Stute nicht in die Berechnungen einbezogen wurde, war erkennbar, dass Fohlen erstgebärender Alpakas durchschnittlich 0,9 kg weniger wogen als die von multiparen Alpakastuten. Wenn das Körpergewicht des Muttertieres berücksichtigt wird und das Geburtsgewicht proportional angepasst wird, besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Crias aus Erst- oder Folgetrchtigkeiten. In der oben beschriebenen Studie von BRAVO et al. (2009) wurde das Körpergewicht der Stuten nicht berücksichtigt. Somit ist fraglich, wie das Resultat von BRAVO et al. (2009), dass ältere Stuten schwerere Fohlen zur Welt bringen, eingeschätzt werden kann.

Die Behauptung, dass die Parität der Stute Einfluss auf das Fohलगewicht und das Überleben des Nachkommen hat, konnten auch RIEK und GERKEN (2007) in ihrer Studie nicht bestätigen. Allerdings wurden in dieser Studie nur drei primipare und acht multipare Lamastuten einbezogen.

Dass ein linearer Zusammenhang zwischen dem Überleben eines Fohlens und dem Körpergewicht der Mutter besteht, konnten BUSTINZA et al. in ihrer Studie im Altiplano 1988 zeigen. Die Daten von über 1500 Tieren ermöglichten ihnen den Vergleich von gleichgeschlechtlichen Fohlen eines Jahrganges mit gleich alten Müttern. Die Nachkommen leichter Stuten zeigten eine höhere Überlebensrate; bezogen auf einen Zeitraum von der Geburt bis zum Absetzen. Dabei wurde vom Gewicht der Stuten zur Scherzeit, circa zwei Monate vor der Geburt, ausgegangen. Die Ursachen für diesen Zusammenhang sind ungeklärt. Die Einwirkung intrinsischer Faktoren oder der Einfluss von Umweltfaktoren wurde von den Autoren diskutiert. Eine Korrelation zwischen Stuten- und Geburtsgewicht der Fohlen war ebenfalls nachweisbar.

### **2.5.2 Einfluss des Geschlechtes auf Wachstum und Entwicklung**

Bei vielen Haus- und Nutztierarten ist ein signifikanter Unterschied im Körpergewicht oder in verschiedenen Körpermaßen zwischen männlichen und weiblichen Tieren nachweisbar (MIGNON-GRASTEAU et al. 2000, LARK et al. 2006, SALOMON et al. 2008, PINTO et al. 2008, PURZYC et al. 2011, DHAKAL et al. 2013). Dieser Dimorphismus tritt zum Teil in Form eines unterschiedlichen Geburtsgewichtes auf. Bei manchen Arten entwickelt er sich während der Wachstumsphase oder wird

erst beim adulten Tier erkennbar. Für das Alpaka sind derzeit keine Studien verfügbar, die sich speziell mit Unterschieden in der Entwicklung zwischen Tieren unterschiedlichen Geschlechtes befassen.

Beim Lama, als einem Vertreter der Neuweltkameliden, kann, je nach Züchtungstyp und Herkunft, nur ein geringer, beziehungsweise oft auch kein Unterschied zwischen den Körpermaßen und dem Gewicht weiblicher und männlicher Tiere nachgewiesen werden.

WURZINGER et al. konnten im Jahr 2005 nur geringe Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern aufzeigen. Sie erhoben fünf verschiedene Körpermaße bei über 2800 Lamas. Insgesamt 1536 Tiere wurden gewogen. Ein signifikanter Unterschied zwischen Hengsten und Stuten war im Körpergewicht und in der Widerristhöhe nachweisbar. Andere Parameter, wie beispielsweise der Bauchumfang, unterschieden sich nicht. In ihren Schlussfolgerungen betonen die Autoren, dass nur ein sehr geringer Sexualdimorphismus ausgeprägt ist.

Die beiden nachfolgend zitierten Studien beschreiben entgegen WURZINGER et al. (2005) keine Unterschiede in der Entwicklung und dem Wachstum bei Lamastuten und -hengsten.

RIEK und GERKEN konnten 2007 anhand von drei männlichen und acht weiblichen Lamafohlen belegen, dass kein Dimorphismus bei jungen Lamas bis zu einem Alter von einem halben Jahr zu erkennen ist. Auch SMITH et al. (1992) ermittelten bei den 270 von ihnen vermessenen Lamas keine signifikanten Unterschiede im Wachstum und der Entwicklung zwischen Tieren beider Geschlechter. Vermessen und gewogen wurden dabei Tiere im Alter von wenigen Tagen bis zu drei Jahren. SMITH et al. (1992) fassten daher männliche und weibliche Lamas in ihren Auswertungen zusammen.

### **2.5.3 Einfluss des Geburtsgewichtes auf Wachstum und Entwicklung**

BRAVO et al. analysierten 2009 den Einfluss des Geburtsgewichtes eines Crias auf das spätere Wachstum. Eine schlechtere postnatale Entwicklung von kleineren und leichteren Alpakafohlen versuchten sie durch Probleme beim Stehen und Trinken und einer somit geringeren Kolostrumaufnahme in den ersten Lebensstunden zu begründen. Bei diesen Fohlen sind geringere Blutglucosekonzentrationen messbar. Die Crias neigen zu Hypothermie, erkranken schneller und haben somit schlechtere Chancen sich zu einem gesunden, frohwüchsigen Jungtier zu entwickeln. BUSTINZA et al. fanden 1988 heraus, dass Crias mit einem Geburtsgewicht von 9 bis 11 kg eine Überlebenschance von 90% haben, wohingegen 4 bis 5 kg schwere Neugeborene nur zu 20 bis 40% überleben. Für diese Analyse wurden Daten von über 1500 im Altiplano der Anden Perus lebenden Alpakas genutzt. Unklar ist, ob eine Selektion auf ein höheres Geburtsgewicht die Überlebensrate von

Fohlen steigern würde. Um dies zu klären, müssten laut BUSTINZA et al. (1988) weitere Untersuchungen zu den genetischen Zusammenhängen dieser beiden Faktoren erfolgen.

### **2.5.4 Einfluss des Geburtsmonates auf Wachstum und Entwicklung**

Anhand der Geburtsdaten von über 1500 Crias konnte durch BUSTINZA et al. an der Universidad Nacional del Altiplano in Peru 1988 beobachtet werden, dass Jungtiere, die zu Beginn der Fohlensaison geboren werden, höhere Überlebenschancen haben als die am Ende geborenen. Die Geburtssaison in Peru liegt dabei zwischen Mitte Dezember und Anfang Februar, dem Sommer der Südhalbkugel. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass günstigere Umweltbedingungen, zum Beispiel in Bezug auf das Wetter und das Auftreten von Erkrankungen, in der frühen Saison dem Wachstum und der Entwicklung der Jungtiere zuträglicher sind als gegen Saisonende. Es konnte somit ein positiver Zusammenhang zwischen dem Geburtszeitpunkt und dem Geburtsgewicht nachgewiesen werden. Die genauen Ursachen dafür waren laut Angaben der Autoren anhand der erhobenen Daten nicht ermittelbar. Möglicherweise sind die bessere Qualität und das starke Wachstum des Futters zu Beginn der Regensaison im Dezember von Bedeutung, sodass zeitig gebärende Stuten eine bessere Nahrungsgrundlage haben als spät gebärende.

Auch unter komplett anderen klimatischen Bedingungen und Umwelteinflüssen als in den Anden konnten Unterschiede im Geburtsgewicht bei Fohlen, die in verschiedenen Monaten geboren wurden, beobachtet werden. In Neuseeland wiegen Fohlen aus den Herbstmonaten (Mitte Februar bis Ende April) durchschnittlich 1,0 kg mehr als die, die im Frühjahr (Mitte Oktober bis Mitte Dezember) geboren wurden. Das konnten DAVIS et al. im Jahr 1997 anhand von 162 verfolgten Geburten zeigen. In den Auswertungen der Daten wurden die Geburtsgewichte je nach Trächtigkeitlänge und Körpergewicht der Stute angepasst und korrigiert. Nachweisbar war auch, dass Herbstträchtigkeiten durchschnittlich 12,5 Tage kürzer als Frühjahrsträchtigkeiten dauerten. Trotzdem waren die Fohlen, die im Herbst geboren wurden, schwerer. DAVIS et al. (1997) gehen davon aus, dass die Länge der Tragezeit von der Tageslichtlänge abhängt, wobei für den Beweis dieser Behauptung noch genaue Untersuchungen notwendig sind. Möglicherweise besteht auch ein Zusammenhang zwischen der Tageslänge und der Entwicklung und Reife des Fetus.

Für eine bessere Entwicklung von im Frühjahr beziehungsweise Sommer geborenen Crias sprechen auch die Ergebnisse von VAN SAUN et al. (1996) und von SMITH und VAN SAUN (2001). In den von ihnen durchgeführten Studien wurde der Vitamin D-Status von Lamas und Alpakas im Nordwesten der USA im Zusammenhang mit Rachitis untersucht. Die Autoren kamen unter anderem zu folgenden Ergebnissen und Schlussfolgerungen: Kameliden, die im Herbst und Winter geboren

werden, weisen niedrige Vitamin D-Konzentrationen im Blut auf. Die Vitamin D-Werte liegen deutlich unter dem Durchschnittswert, der bei im Frühjahr oder Sommer geborenen Fohlen gemessen werden konnte. Die spät im Jahr geborenen Jungtiere sind somit anfälliger klinisch an Rachitis zu erkranken und haben nicht so gute Voraussetzungen für ein ungestörtes Knochenwachstum. SMITH und VAN SAUN (2001) behaupten, basierend auf ihren Beobachtungen, dass Neuweltkameliden während der Wintermonate eigenständig nicht ausreichend Vitamin D synthetisieren können, um ein normales Skelettwachstum zu garantieren.

### **2.5.5 Einfluss der Rassezugehörigkeit auf Wachstum und Entwicklung**

Es existieren zwei Alpakarassen, die Huacayas und die Suris, die anhand der Bewollung unterschieden werden können. Das Huacaya, das 85 bis 90% der Alpakapopulation in Peru ausmacht (QUISPE et al. 2009, FOWLER 2010a) ist durch ein vom Körper abstehendes, bauschiges Vlies gekennzeichnet. Die Fasern zeigen eine feine Kräuselung, einen sogenannten Crimp, und liegen in Bündeln zusammen. Das Vlies der Suris hängt in Locken vom Körper herab und die Fasern weisen einen deutlichen Glanz ohne Crimp auf (RENIERI et al. 2009, QUISPE et al. 2009, LA MANNA et al. 2011). Aufgrund des sehr verschiedenartigen Erscheinungsbildes wird oft angenommen, dass die beiden Rassen einen abweichenden Körperbau zeigen. Suris wirken oftmals zierlicher und schlanker. Das Huacaya wird als die Rasse mit dem robusteren, kräftigeren Körperbau bezeichnet. Studien, die diese Annahmen widerlegen oder bestätigen sind der Autorin nicht bekannt, sodass nur von Vermutungen und Beobachtungen der Züchter gesprochen werden kann. LA MANNA et al. konnten 2011 bei Untersuchungen peruanischer Alpakas keine genetischen Abweichungen zwischen den beiden Phänotypen nachweisen. Sie untersuchten 13 verschiedene Mikrosatelliten-Regionen in der DNA von Suris und Huacayas, die in einer Forschungsstation seit über 20 Jahren streng getrennt gezüchtet wurden. Aufgrund von sehr hohen Übereinstimmungen und nur vereinzelt auftretender Abweichungen zwischen den Genloci konnten die Autoren keine genetische Divergenz zwischen Suris und Huacayas feststellen.

### **2.5.6 Einfluss der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung**

Bereits kurz nach der Geburt spielt die Ernährung eines Fohlens eine wichtige Rolle. Die adäquate Aufnahme von qualitativ hochwertigem Kolostrum bildet die Grundlage für eine gute Entwicklung des Crias (SMITH et al. 1992). Eine mangelnde Kolostrumaufnahme beziehungsweise bei älteren Fohlen eine unzureichende Milchaufnahme, die zu einem Energie- und Nährstoffmangel führt, kann

ursächlich für ein gestörtes Wachstumsverhalten und Kümern des Jungtieres sein (VAN SAUN 2009, FOWLER 2010a, GAULY et al. 2011). Somit hat die Qualität und die Menge der von der Stute produzierten Milch entscheidenden Einfluss auf die tägliche Gewichtszunahme des Crias während der Säugezeit (RIEK et al. 2007). Neugeborene Neuweltkameliden beginnen bereits im Alter von sieben bis zehn Lebenstagen mit der Aufnahme von festem Futter. Die effektive Verdauung dieses Futters beginnt mit circa zwei Monaten (JOHNSON 1994). Ab dem Zeitpunkt, ab dem überwiegend beziehungsweise ausschließlich Festfutter von den juvenilen Alpakas aufgenommen wird, spielt die Fütterung für das Wachstum und die Entwicklung eine entscheidende Rolle. VAN SAUN (2006) rät, vor allem abgesetzten Fohlen bis zu einem Alter von eineinhalb Jahren nur Futtermittel bester Qualität anzubieten und die Ration eventuell mit protein- und energiereichem Futter zu ergänzen. Um ein heranwachsendes Fohlen ausreichend ernähren zu können, muss der Bedarf an Energie und Nährstoffen für die jeweilige Tierart und Altersstufe bekannt sein.

Derzeit stehen nur begrenzt Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zur Verfügung, die den spezifischen Nährstoffbedarf bei Kameliden beschreiben. Häufig werden Daten von Schaf, Ziege und Rind herangezogen, um den Bedarf zu schätzen. Nachfolgend sind Literaturangaben zur Futter- und Trockensubstanzaufnahme sowie dem Bedarf an Energie, Proteinen, faserhaltigen Bestandteilen, Mineralstoffen und Vitaminen bei Neuweltkameliden zusammengestellt.

### Futter- und Trockensubstanz-Aufnahmekapazität

Die Trockensubstanzaufnahme (TSA) unterliegt interindividuellen Schwankungen und ist stark von der Qualität des Futters abhängig. Der Faser- und Proteingehalt der Futtermittel haben bei Wiederkäuern einen entscheidenden Einfluss auf die TSA. Diese Tatsache trifft auch auf Neuweltkameliden zu (JOHNSON 1994, VAN SAUN 2006). Bei Schaf und Ziege geht man von einer TSA von 2 - 4,5% des Körpergewichtes aus (KAMPHUES et al. 2009: Schaf Erhaltung TSA = 2,0%; Schaf Wachstum: TSA = 4,0 - 4,5%; Ziege Erhaltung TSA = 2,0 - 2,4% des Körpergewichtes). Die Angaben für Alpakas, beziehungsweise für Neuweltkameliden allgemein, schwanken zwischen 1,5 und 2,2% des Körpergewichtes (SAN MARTIN und BRYANT 1989: TSA = 1,8%; TRAH 1992: TSA = 1,5 - 2%; LÓPEZ und RAGGI 1992: TSA = 1,5 - 1,7%; JOHNSON 1994: TSA = 1,8 - 2%; NRC-Report 2007: TSA = 1,51 - 1,76% des Körpergewichtes für wachsende Alpakas - aber nicht über 1,8 - 2,2% des Körpergewichtes). Studien zur Untersuchung der TSA bei Neuweltkameliden wurden zum Teil auf unterschiedlichen Kontinenten durchgeführt, sodass Variationen vor allem in der abweichenden Futterqualität zu begründen sind. SAN MARTIN und BRYANT führten 1989 eine Studie zum Vergleich der TSA bei Neuweltkameliden und Schafen durch. Das Resultat dieser Untersuchung war, dass Alpakas und Lamas durchschnittlich 30% weniger Futter aufnahmen als die für diesen Versuch gehaltenen Schafe. Auch VAN SAUN stellte 2006 fest, dass die

südamerikanischen Kameliden durchschnittlich 30% weniger fressen als Wiederkäuer. Entgegen diesen Ergebnissen wiesen andere Autoren keine Unterschiede oder sogar eine höhere Futteraufnahmekapazität der Kleinkamele im Vergleich zum Schaf nach (WARMINGTON et al. 1989, FRASER und BARKER 1998).

Energie

Die Art der Fütterung und der jeweilige Energiebedarf richten sich nach dem Erhaltungsbedarf und dem Mehrbedarf für spezifische Leistungen, wie zum Beispiel das Wachstum. Verschiedene Autoren haben Kalkulationen zum Energiebedarf von Neuweltkameliden veröffentlicht (siehe Tabelle 2.4)

**Tabelle 2.4**

*Angaben verschiedener Autoren zum Erhaltungsbedarf an Metabolisierbarer Energie [kcal bzw. kJ/kg KG<sup>0,75</sup>] bei Neuweltkameliden*

<b>Autor</b>	<b>Erhaltungsbedarf</b>	<b>Tierart</b>
SCHNEIDER et al. (1974)	61,2 +/- 2,6 kcal ME/kg KG <sup>0,75</sup> (entspricht 256,1 +/- 10,9 kJ ME/ kg KG <sup>0,75</sup> )	Lama - adult
CARMEAN et al. (1992)	84,5 kcal ME/kg KG <sup>0,75</sup> (entspricht 353,5 kJ ME/ kg KG <sup>0,75</sup> )	Lama - adult
RIEK (2008)	305 kJ ME/kg KG <sup>0,75</sup> 310 kJ ME/kg KG <sup>0,83</sup>	Lama - adult Lama – juvenil <sup>1</sup>
LÓPEZ und RAGGI (1992)	71,0 kcal ME/kg KG <sup>0,75</sup> (entspricht 297,1 kJ ME/ kg KG <sup>0,75</sup> )	Alpaka - adult

<sup>1</sup> Ernährungsbedarf milchernährter Lamafohlen

Unterschiede in den Angaben zum Erhaltungsbedarf sind nach VAN SAUN (2006) darin begründet, dass voneinander abweichende Versuchsaufbauten und Methoden in den einzelnen Studien angewendet wurden. Variationen im Erhaltungsbedarf entstehen auch durch verschiedene Haltungssysteme und wechselnde Witterungsbedingungen.

Die Energie, die von juvenilen Tieren für das Wachstum benötigt wird, ist von der Gewichtszunahme pro Tag (g/d) und der Zusammensetzung des neu gebildeten Gewebes abhängig (Fett-Protein-Verhältnis). Derzeit sind jedoch keine Daten über Tageszunahmen beim Alpaka verfügbar. RIEK (2008) setzt eigenen Untersuchungen zu Folge den Bedarf an Energie pro Gramm Zuwachs für milchernährte Lamafohlen bei 15 kJ ME fest. Ältere Tiere benötigen laut RIEK (2008) 30 kJ ME pro

Gramm Zuwachs. FOWLER (2010b) empfiehlt 8,92 kcal DE pro Gramm Körpergewichtszunahme (entspricht 37,32 kJ DE pro Gramm Körpergewichtszunahme), wobei seine Annahmen auf Daten anderer Tierarten basieren. Der Energiebedarf in den ersten sechs Lebensmonate wird größtenteils durch die Aufnahme von Muttermilch gedeckt. Danach, wenn die Phase des größten Zuwachses abgeschlossen ist, sollte die im Festfutter enthaltene Energie ausreichend sein (TRAH 1992).

### Proteine

Bisher gibt es nur eine Veröffentlichung, die Empfehlungen für die Proteinversorgung von Alpakas zur Erhaltung enthält. HUASASQUICHE (1974) gibt 2,38 g verdauliches Protein/kg  $KG^{0,75}$  als Bedarfswert an. Dies entspricht 3,5 g Rohprotein/kg  $KG^{0,75}$ . Pro Gramm Zuwachs rät VAN SAUN (2006) zusätzlich 0,284 g Rohprotein (Rp) zu berechnen. VAN SAUN (2006) errechnet aus den Originaldaten von HUASASQUICHE (1974) und SCHNEIDER et al. (1974) ein Protein-Energie-Verhältnis von 48 g Rp/Mcal ME (= 11,47 g Rp/MJ ME). FOWLERS (2010b) Angabe von 31 g Rp/Mcal DE (= 7,41g Rp/MJ DE) orientieren sich an Bedarfswerten von Schaf und Ziege. Nach Aussagen von VAN SAUN (2009) und JOHNSON (1994) sollte das Futter wachsender Jungtiere 14 bis 16% Rohprotein enthalten.

### Faserbestandteile

TRAH (1992) schlägt einen mittleren Rohfasergehalt von 30% der Trockensubstanz vor. Dass ein Rohfasergehalt von 25% nicht unterschritten werden sollte, beschreibt JOHNSON (1994) in seiner Veröffentlichung. Die Angaben basieren jedoch nicht auf experimentell ermittelten Daten und stellen Empfehlungen dar.

### Mineralstoffe

Wie bereits erwähnt, werden vor allem an die Ernährung von Jungtieren bis zu einem Alter von eineinhalb Jahren höchste Anforderungen gestellt. JOHNSON (1994) rät, die Zufütterung von Mineralstoffen je nach Fütterung und geografischer Lage anzupassen. Vor allem Selen, Magnesium und Phosphor sollten je nach Bedarf supplementiert werden.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über Versorgungsempfehlungen für einige Mengen- und Spurenelemente, die von Wiederkäuern abgeleitet wurden. Die jeweils höheren Werte des Schwankungsbereiches stellen die Empfehlungen für wachsende und tragende, beziehungsweise laktierende Alpakas dar.

**Tabelle 2.5**

Versorgungsempfehlungen für Mengen- und Spurenelemente im Futter von Neuweltkameliden; abgeleitet von Rind, Schaf und Ziege (modifiziert nach VAN SAUN 2006).

Mengen- elemente	Bedarf		Spuren- elemente	Bedarf	
	in mg/ kg KG	in g/ Tag		in µg/ kg KG	in mg/ Tag
Kalzium	60 <sup>a</sup> – 145 <sup>b</sup>	k.A.	Kupfer	150	9 – 24
Phosphor	42 <sup>a</sup> – 75 <sup>b</sup>	k.A.	Kobalt	1,76	0,11 – 0,28
Magnesium	19	1,2 – 3,1	Eisen	900	54 – 144
Kalium	93	5,6 – 14,8	Iod	9,5	0,57 – 1,5
Natrium	10,5	0,6 – 1,7	Mangan	360	21,6 – 57,6
Schwefel	1,7 – 4,6	1,7 – 4,6	Selen	5,3	0,3 – 0,85
			Zink	530	31,8 – 84,8

a gilt für Alpakas im Alter von 12 – 36 Monaten  
b gilt für Alpakas im Alter von 1 – 12 Monaten

### Vitamine

Ähnlich wie bei Wiederkäuern, kann man davon ausgehen, dass die Mikroorganismen des Verdauungssystems B-Vitamine in ausreichender Menge synthetisieren. In Stresssituationen und bei Verdauungsstörungen ist diese Synthese oftmals gestört beziehungsweise der Bedarf erhöht und Vitamine sollten supplementiert werden. Die Vitamine A und E hingegen sind in frischem Gras in bedarfsdeckenden Mengen vorhanden. Die ausschließliche Verfütterung von Heu kann somit zu Mangelzuständen führen (VAN SAUN 2006). Vitamin D sollte vor allem in den Wintermonaten supplementiert werden. Der Gehalt an Vitamin D ist sowohl im Gras als auch im sonnengetrockneten Heu sehr gering. Eine Unterversorgung bei wachsenden Jungtieren kann zu einer hypophosphatämischen Rachitis führen (VAN SAUN et al. 1996, JUDSON und FEAKES 1999, SMITH und VAN SAUN 2001, PARKER et al. 2002, VAN SAUN 2009).

Abschließend soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die bisherigen Ernährungsmodelle und Orientierungswerte für Alpakas kritisch hinterfragt und geprüft werden müssen. Auch der Tierernährungswissenschaftler VAN SAUN (2006), der bereits seit mehreren Jahrzehnten im Bereich der Ernährung von Neuweltkameliden forscht, betont dies ausdrücklich. Vor allem die Empfehlungen des NRC-Reportes aus dem Jahr 2007 sollten angepasst werden, da sich die hier angegebenen

Bedarfwerte für wachsende Alpakas auf Tiere mit einem Gewicht von über 40 kg (entspricht einem Alter von ein bis zwei Jahren) beziehen und damit vor allem jüngere Fohlen nicht mit berücksichtigt werden.

### **2.5.7 Einfluss des Parasitenstatus der Herde auf Wachstum und Entwicklung**

Es ist allgemein bekannt, dass Endoparasiten Gewebeschädigungen verursachen und zu Protein-Verlust-Enteropathien führen. Um die Schäden zu reparieren, werden Proteine, Kohlenhydrate und andere Strukturelemente genutzt, die vor allem bei jungen Tieren vordergründig für den Aufbau von Geweben in Wachstumsprozessen benötigt werden. Die Nährstoffe stehen somit nicht mehr für Wachstumsprozesse zur Verfügung (AAA 2008). Der aufgrund von Enteritiden verminderte Appetit und die gesenkte Futtermittelaufnahme führen zu einer Unterversorgung des Körpers mit wichtigen Nährstoffen. Vor allem ein Mangel an Kalzium, Phosphor und anderen Mineralstoffen führt bei Jungtieren zu Entwicklungsstörungen des Skelettes (FOWLER 2010c). Bei starker Parasitenbelastung in einer Herde sind ein schlechter Gesundheitszustand sowie eine geringe Produktivität auffallend (LEGUÍA 1991, DE WELCHMAN et al. 2008). Eine Erhebung des Parasitenstatus ist also für die Beurteilung der Herdengesundheit und die Analyse und Beurteilung von Wachstumsprozessen von Bedeutung.

In den letzten neun Jahren wurden verschiedene Studien über Parasitosen bei Neuweltkameliden durchgeführt. Tabelle 2.6 stellt die Ergebnisse der Studien von HENGRAVE BURRI et al. (2005), GAREIS-WALDBURG (2008), SCHLÖGEL (2010) und SCHMÄSCHKE (2012) gegenüber. Die drei erstgenannten Autoren untersuchten die Häufigkeit von Parasiten im deutschsprachigen Raum. Die Ergebnisse von GAREIS-WALDBURG (2008) wurden zum Vergleich mit südamerikanischen Tieren in die Tabelle aufgenommen. Alle Autoren kombinierten zur Untersuchung der Kotproben verschiedene Verfahren. Meist wurden ein Flotations-, ein Sedimentations- und ein Auswanderungsverfahren angewendet. Die Anzahl der analysierten Proben pro Studie variiert zwischen 200 und über 1000. Somit konnte eine repräsentative Aussage über das Vorkommen von Endoparasiten in der jeweiligen Region getroffen werden.

**Tabelle 2.6**

Angaben zur Häufigkeit von Parasiten bei Neuweltkameliden nach HENGRAVE BURRI et al. (2005), GAREIS-WALDBURG (2008), SCHLÖGEL (2010) und SCHMÄSCHKE (2012) in Prozent der untersuchten Proben.

<b>Parasitenart</b>	<b>HENGRAVE BURRI et al. 2005 (Schweiz)</b>	<b>GAREIS- WALDBURG 2008 (Ecuador)</b>	<b>SCHLÖGEL 2010 (Süddeutschland)</b>	<b>SCHMÄSCHKE 2012 (Ostdeutschland)</b>
Magen-Darm- Strongyliden	83,3%	Strongylidentyp: 47,1% Spiculopteragia: 6,6% Nematodirus: 12,0% Marshallagia: 9,9% <hr/> gesamt: 75,6%	52,4%	41,4%
Strongyloides	4,9%	k.A.	k.A.	2,2%
Capillaria ssp.	13,2%	6,6%	6,8%	6,3%
Trichuris ssp.	30,9%	10,9%	14,0%	16,1%
Moniezia ssp.	1,5%	8,5%	1,8%	3,3%
Eimeria ssp.	62,2%	Kleine Kokzidien: 52,5% E. macusaniensis: 7,2% E. ivitaensis: 0,4% <hr/> gesamt: 60,1%	97,6%	51,1%
Dictyocaulus viviparus	1,5%	k.A.	0,0%	1,1%
Dicrocoelium dendriticum	25,5%	k.A.	7,6%	k.A.
Fasciola hepatica	0,5%	15,1%	2,9%	0,4%
Negative Proben	5,4%	k.A.	k.A.	28,1%

Kotproben können mittels direktem Ausstrichs, Flotations-, Sedimentations- und Auswanderverfahren sowie Anzuchtung auf Parasiten untersucht werden. Im Folgenden soll näher auf das Flotationsverfahren eingegangen werden, da dieses Verfahren sehr gut zur Diagnostik von Magen-Darm-Parasiten geeignet ist. Im Jahr 2008 veröffentlichten CEBRA und STANG Ergebnisse einer

Studie, die Methoden zur Erkennung von gastrointestinalen Parasiten bei Lamas und Alpakas vergleicht. 104 Kotproben wurden mit sieben unterschiedlichen Verfahren untersucht. Die Autoren stellten fest, dass die kombinierte Zentrifugations-Flotations-Methode, wie sie 1983 von FRENCH und KLEI beschrieben wurde, für alle nachweisbaren Parasitenarten mehr positive Ergebnisse lieferte, als andere Verfahren. Ausgenommen davon sind *Eimeria alpaca*, *Eimeria lamae* und *Eimeria punoensis*, die sogenannten Kleinen Kokzidien. Als Flotationslösung wurde eine Zuckerlösung mit einem spezifischen Gewicht von 1,27 genutzt. Je länger die Flotationszeit war, desto mehr Parasitenstadien konnten nachgewiesen werden - ausgenommen den *Nematodirus* Subspezies. Mithilfe der Zählkammer konnten mit der modifizierten McMaster-Methode (mit gesättigter Natriumchlorid-Flotationslösung) die meisten Kleinen Kokzidien nachgewiesen werden. Zur Ermittlung des Befalls mit anderen Eimerien und Endoparasiten eignete sich dieses Verfahren jedoch nicht.

Das kombinierte Zentrifugations-Flotations-Verfahren erwies sich laut CEBRA und STANG (2008) als sehr vorteilhaft für die Detektion von *Eimeria macusaniensis*, *Trichuris* ssp., *Capillaria* ssp. und *Nematodirus* ssp. und wurde deswegen zur Untersuchung der Kotproben in dieser Studie angewendet.

Nachfolgend soll auf die beim Alpaka auftretenden Endoparasiten eingegangen werden. Dabei werden besonders die im Gastrointestinaltrakt vorkommenden Parasiten näher betrachtet.

### Nematoden

Nematoden sind Angaben FOWLERS (2010c) zufolge die häufigsten und schädlichsten Parasiten, die bei Kameliden vorkommen. Die bisher bei Neuweltkameliden diagnostizierten Arten können in zwei Gruppen unterteilt werden (LEGUÍA 1991, FOWLER 2010c, SCHMÄSCHKE 2012).

1. Spezifisch bei Neuweltkameliden vorkommende Arten:  
*Graphinema aucheniae*, *Spiculopteragia peruviana*, *Nematodirus lamae*, *Lamanema chavez* und *Camelostrogylus mentulatus*
2. Bei Neuweltkameliden und Wiederkäuern vorkommende Arten folgender Gattungen:  
*Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Teladorsagia*, *Cooperia*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Camelostrogylus*, *Oesophagostomum*, *Capillaria*, *Trichuris*, *Strongyloides* und *Dictyocaulus*.

Nematoden können schwere Krankheiten, wie zum Beispiel Bronchitiden und Gastroenteritiden mit perakutem bis chronischem Verlauf, verursachen. In Folge einer zu hohen Wurmlast kann das Einzeltier unterschiedlich stark geschwächt und anfällig für Sekundärinfektionen werden, oder sogar versterben. Vor allem Jungtiere unter einem Jahr sind aufgrund ihres schwächeren Immunsystems häufig betroffen und magern schnell ab (LEGUÍA 1991, FOWLER 2010c).

### Bandwurm (*Moniezia* spp.)

Cestoden der Gattung *Moniezia* sind bei Wiederkäuern weit verbreitet. *Moniezia expansa* und *Moniezia benedeni* konnten auch bei Neuweltkameliden nachgewiesen werden (McKENNA 2003, HENGRAVE BURRI et al. 2005, RICKARD und BISHOP 1988). Ein schwerer Befall kann zu Obstruktionen, Obstipationen oder Durchfall führen und einen Nährstoffverlust verursachen. Das Ausscheiden von Proglottiden kann bereits im Alter von sechs Wochen beobachtet werden, da Fohlen schon in den ersten Lebenstagen beginnen Gras aufzunehmen und sich so infizieren (FOWLER 2010c).

### Kokzidien (*Eimeria* spp.)

*Eimeria lamae*, *E. alpaca*, *E. punoensis*, *E. ivitaensis* und *Eimeria macusaniensis* sind die beim Alpaka vorkommenden, für Neuweltkameliden spezifischen Kokzidienarten (PALACIOS et al. 2006, SCHOCK et al. 2007, JOHNSON et al. 2009, TWOMEY et al. 2010). Die drei erstgenannten Eimerienarten werden in dieser Arbeit nachfolgend immer als Kleine Kokzidien, bezogen auf die deutlich kleineren Oozysten im Vergleich zu *E. ivitaensis* und *E. macusaniensis*, zusammengefasst. Vor allem bei Jungtieren ist die Prävalenz und Befallsintensität deutlich höher. Fohlen zeigen häufig klinische Symptome wie Durchfall und Gewichtsverlust aufgrund von Eimeriosen (FOREYT 2001, ROHBECK 2006, JOHNSON et al. 2009, FOWLER 2010c). Adulte Tiere erkranken hingegen meist nicht und sind nur Träger oder Ausscheider dieser Protozoen. Ein Befall mit Kokzidien verläuft unter normalen Bedingungen meist subklinisch und Oozysten von Kokzidien können häufig in Kotproben südamerikanischer Kameliden nachgewiesen werden (FOREYT 2001, FOWLER 2010c). Stress, im Sinne von schlechten Haltungsbedingungen, Transport, Ortswechsel, Geburt oder einsetzender Laktation und Absetzen, kann zu klinischen Erkrankungen aufgrund von Immunsuppression führen (FAYER 1980). Als am meisten pathogene Spezies, die schwere klinische Symptome verursacht und zum Tod führen kann, wird *Eimeria macusaniensis* beschrieben (CEBRA et al. 2007, JOHNSON et al. 2009), wobei Tiere aller Altersstufen betroffen sein können. Vor allem bei einer Koinfektion von *Eimeria lamae* und *Eimeria macusaniensis* kommt es zu sehr starken Durchfällen, da *Eimeria lamae* das Darmepithel zerstört und *Eimeria macusaniensis* die Lieberkühnschen Krypten schädigt (GAREIS-WALDBURG 2008). Da die Prävalenz von *Eimeria ivitaensis* nicht groß ist (ROHBECK 2006, CEBRA und STANG 2008, CAFRUNE et al. 2009) und keine Bedeutung im Rahmen dieser Arbeit hat, wird nicht näher auf diese Kokzidienart eingegangen.

Parasiten, die in anderen Organen und Geweben wie der Leber oder der Muskulatur (z.B. *Sarcocystis* spp., *Fasciola* spp., *Dicrocoelium dendriticum*) und auf der Haut auftreten, werden im Rahmen dieser Arbeit nicht näher besprochen.

### 2.5.8 Einfluss von Erkrankungen auf Wachstum und Entwicklung

Ein reduziertes Wachstum bei Jungtieren ist ein häufig zu beobachtendes Problem, das vielfältige Ursachen haben kann. Nachfolgend sind mögliche Auslöser und Gründe für Wachstumsdefizite und Gewichtsabnahme aufgelistet, die von CARMALT (2000) und FOWLER (2010d) genannt werden.

- Erregerbedingte Ursachen: Parasitenbefall  
Bakteriämie  
Mykoplasmenbedingte Anämie  
Virusbedingte Immundefizienz  
Johne'sche Krankheit
- Ernährungsbedingte Ursachen: Hypophosphatämie und Rachitis  
Protein-Energie-Fehlernährung  
Eisen-, Kupfer-, Selen- und Zink-Mangel
- Aufgrund innerer Erkrankungen: Zahnerkrankungen  
Malabsorption  
Anämie und Chronischer Blutverlust – z.B. bei Ulzera  
Protein-Verlust – z.B. aufgrund einer Enteritis  
Stoffwechselerkrankungen – z.B. Hypothyreoidismus
- Angeborene Ursachen: Missbildungen – z.B. Magenentleerungsstörungen  
Immundefizienz / Juveniles Immundefizienz Syndrom

Die wohl häufigste Ursache für fehlendes Wachstum und Abmagerung sind Magen-Darm-Parasitosen. Parasitäre Erreger befallen die Fohlen, zum Teil bereits mit wenigen Tagen, und führen zu Nährstoffverlusten (FOWLER 2010c, LEGUÍA 1991). Diese Nährstoffe stehen dann nicht mehr zum Gewebeaufbau im Rahmen des Wachstums zur Verfügung.

Eine der wichtigsten Erkrankungen, die das Knochenwachstum sehr stark beeinträchtigt, ist die Rachitis. Die mit geschwollenen Gelenken, Lahmheit, Kyphose, Deformierungen der Gliedmaßen, vermehrtem Liegen, Unwilligkeit zu Laufen und zu Spielen, sowie mangelndem Wachstum einhergehende Erkrankung ist auf niedrige Phosphor- und Kalzium-Konzentrationen im Serum zurückzuführen. Diese sind wiederum durch niedrige Vitamin D-Werte bedingt (SMITH und VAN SAUN 2001, FOWLER 2010b). Ein Mangel an Vitamin D führt dazu, dass das in der Regel in Milch und Futter ausreichend vorkommende Phosphor nicht optimal absorbiert werden kann. Somit ist eine Supplementierung von Vitamin D vor allem in den sonnenlichtärmeren Wintermonaten notwendig und

empfehlenswert. Dass eine dunkle Fellfarbe Einfluss auf diesen Vitamin D-Mangelzustand hat, konnte in den Arbeiten von SMITH und VAN SAUN (2001) sowie JUDSON et al. (2008) gezeigt werden.

VAN SAUN et al. führten 1996 eine Untersuchung zum Vorkommen von Rachitis bei Lamas und Alpakas durch. Sie stellten fest, dass vor allem Jungtiere von Problemen im Kalzium-Phosphor-Stoffwechsel betroffen waren. Diese klinisch erkrankten Fohlen wiesen signifikant niedrigere Vitamin D- und Phosphor-Konzentrationen im Blut auf, als ihre gesunden Artgenossen. Vor allem in Phasen des schnellen Knochenaufbaus sind niedrige Vitamin D- und Phosphorgehalte im Serum wichtige Faktoren, die ein verlangsamtes Wachstum und, beziehungsweise oder abnormale Skelettentwicklungen verursachen können (SMITH und VAN SAUN 2001).

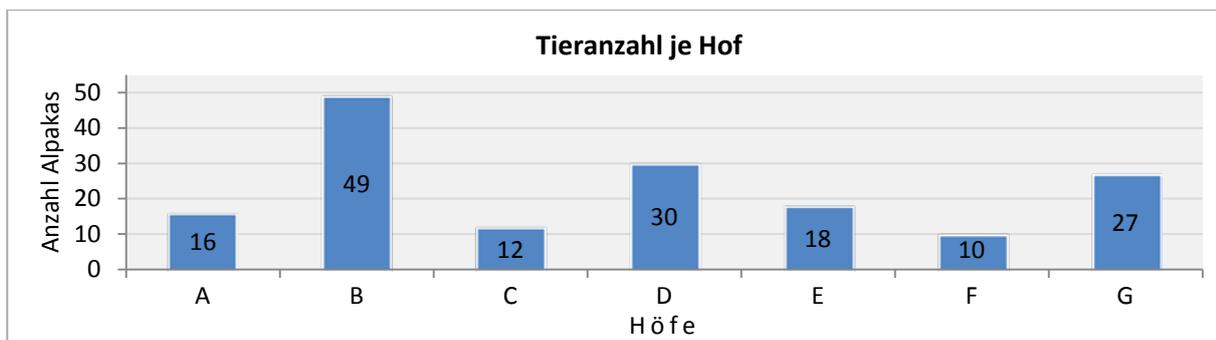
Fissuren und Frakturen des Knochens beeinflussen das wachsende Tier erheblich in seiner Entwicklung. PARKER et al. konnten 2002 eine saisonal bedingte Änderung der Knochendichte bei Alpakas nachweisen. In den Herbstmonaten wies der Knochen eine höhere Dichte auf, als im Frühjahr. Dieser Sachverhalt kann durch die jeweils vorhergehenden Schwankungen der Konzentration des Serum-Vitamin D begründet werden. Die Verringerung des Knochenmineralgehaltes ist ein Prozess, der mehrere Wochen bis Monate dauert und somit über längere Zeit Einfluss auf die Entwicklung des Skelettes nimmt. Die Autoren folgerten, dass Knochendichteänderungen bei einigen Alpakas zur Entstehung von Frakturen und Minimaltraumen beitragen können.

## 3 Tiere, Material, Methoden

### 3.1 Tiere

Zur Untersuchung des Wachstums beim Alpaka wurden Daten von 162 Tieren dieser Spezies erhoben. Sieben Züchter aus dem ostdeutschen Raum stellten ihre Tiere für die Vermessungen zur Verfügung. Pro Hof wurden zwischen 10 und 49 Tiere in die Studie aufgenommen. Eine genaue Auflistung der Anzahl der vermessenen Tiere pro Betrieb ist in Abbildung 3.1 zu sehen.

Die Wahrung der Anonymität war eine Voraussetzung der Züchter für die Teilnahme an der Studie. Die Züchter sind in Abbildung 3.1 mit den Buchstaben A bis G und später mit den Zahlen 1 bis 7 gekennzeichnet. Die Reihenfolge der Höfe in der nachfolgenden Abbildung entspricht nicht der in späteren Darstellungen, um keine Rückschlüsse auf die jeweilige Größe der Bestände zuzulassen.



**Abbildung 3.1**

*Anzahl der vermessenen Tiere pro Hof.*

Alle vermessenen Alpakas werden ganzjährig auf der Weide, mit freiem Zugang zum Stall, gehalten. Die Schur erfolgt ein Mal jährlich. Nur in einem Bestand werden die Suris nicht jedes Jahr, sondern alle zwei bis drei Jahre geschoren. 126 Alpakas gehören der Rasse Huacaya und 36 der Rasse Suri an. In nur drei von insgesamt sieben Beständen konnten Suris gewogen und vermessen werden. Die Gesamttieranzahl teilt sich in 83 Stuten und 79 Hengste. Tabelle 3.1 zeigt einen Überblick über die Verteilung der männlichen und weiblichen Tiere auf die beiden Rassen.

**Tabelle 3.1**

*Anzahl vermessener Tiere pro Rasse und Geschlecht.*

Rasse und Geschlecht	Huacaya		Suri		gesamt
	männlich	weiblich	männlich	weiblich	
<b>Anzahl n</b>	61	65	18	18	162

Um Wachstumsverläufe und -dynamiken darstellen zu können, wurde eine longitudinale Studie mit zweiwöchentlichen Vermessungen über einen Zeitraum von 12 Monaten durchgeführt. Durchschnittlich wurde jedes Tier 20 Mal vermessen und somit im Mittel über 40 Wochen beobachtet. Einige Tiere, vor allem neugeborene Fohlen, konnten nicht über die gesamte Zeitspanne von 12 Monaten verfolgt werden, weil sie erst im Verlauf des Messjahres in die Gruppe der Alpakas, die in einer Herde vermessen wurden, aufgenommen werden konnten. Des Weiteren gab es, bedingt durch Verkauf, Erkrankungen und Operationen oder den Tod von Einzeltieren, Ausfälle und Abbrüche der Messungen vor dem Ende des Messzeitraumes. Auch Bedeckungen von Stuten bei Hengsten anderer Züchter führten zu Messausfällen.

Die Alpakas, die in die Studie aufgenommen wurden, waren zu Beginn der Untersuchungen zwischen wenigen Tagen und 2,5 Jahren alt. Das genaue Alter wurde anhand der von den Züchtern angegebenen Geburtsdaten ermittelt. In Tabelle 3.2 ist die Anzahl an Einzeldatensätzen pro Rasse, Geschlecht und Altersstufe zusammengefasst.

**Tabelle 3.2**

*Anzahl der Einzeldatensätze pro Rasse, Geschlecht und Altersstufe (von insgesamt 3214 Einzel-tiervermessungen).*

Rasse	Geschlecht	Alter (Monate)					
		≤ 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36
Huacaya	männlich	359	346	211	153	90	50
	weiblich	399	344	197	145	110	83
Suri	männlich	91	79	63	55	19	0
	weiblich	90	100	72	69	47	24

Jedes Tier wurde zu Beginn der Vermessungen einer Allgemeinen Untersuchung unterzogen. Diese beinhaltete eine Adspektion (Beurteilung von Körperhaltung, Verhalten, Haut, Vlies, Augen, Nase, Maul, Ohren, Schleimhäuten, Klauen und Analregion), die Auskultation von Herz und Lunge und die Ermittlung der Körpertemperatur (rektal). Nur Tiere, die in diesem Rahmen als klinisch gesund bezeichnet werden konnten, wurden in die Studie aufgenommen. Alpakas, die während des Messzeitraumes auffällig wurden und Symptome einer Erkrankung zeigten, wurden weiteren Allgemeinen Untersuchungen unterzogen.

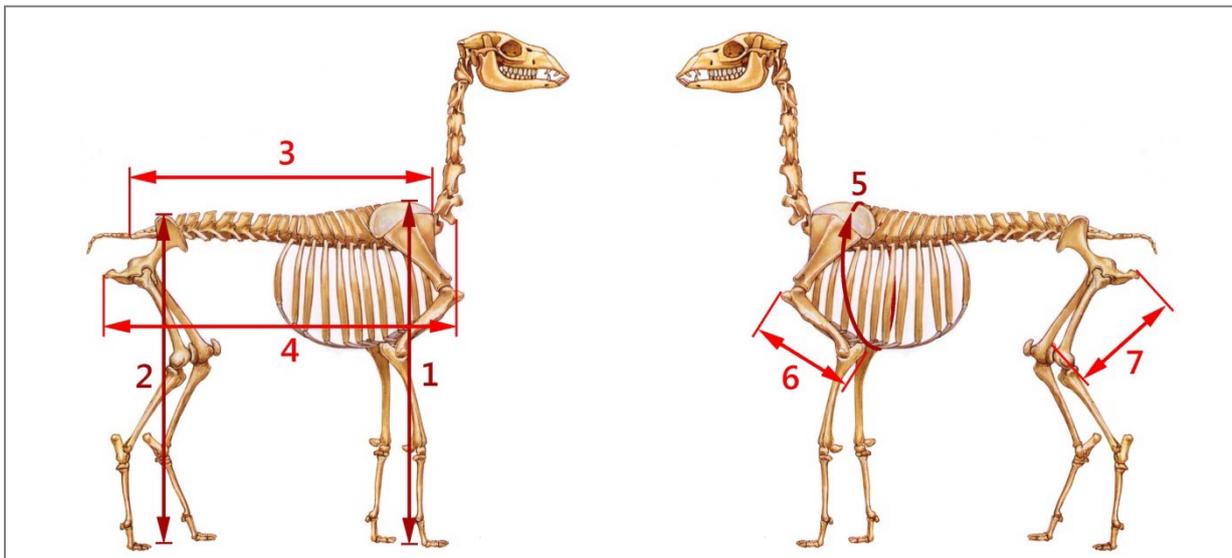
## 3.2 Methoden der Datenerhebung

### 3.2.1 Körpermaße und Messgeräte

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein longitudinaler Studienaufbau angewandt. Die Messungen wurden immer von der Autorin selbst und immer mit denselben Messgeräten durchgeführt. Am stehenden, vom Halter fixierten Tier, konnten die Maße abgenommen werden. Es wurden sieben verschiedene Körpermaße sowie das Gewicht und der Body Condition Score (BCS) dokumentiert. Bei der Auswahl der Parameter stand vor allem die praktische Erfassbarkeit im Vordergrund.

Zur Vermessung wurden drei speziell für diese Untersuchungen entwickelte und gebaute Messschieber genutzt. Die beiden zweiseitigen Schublehren haben eine Länge von 65 cm beziehungsweise 120 cm. Der einschenkliche Höhenmessschieber ist 110 cm lang. Des Weiteren stand ein kleinerer, kommerziell erhältlicher Messschieber (Länge 30 cm) für die Messungen zur Verfügung. Alle Schublehren ermöglichen millimetergenaues Messen. Die Geräte wurden vor Beginn der Messungen auf ihre Praktikabilität und Präzision getestet sowie im Verlauf der Studie mehrmalig gewartet und erneut auf ihre Genauigkeit geprüft. Der Brustumfang wurde mit Hilfe eines handelsüblichen, flexiblen Maßbandes mit Millimeterskalierung ermittelt.

Zur Veranschaulichung sind alle sieben Körpermaße in Abbildung 3.2 bildlich dargestellt. Die Definition der Messstrecken und die jeweiligen Messgeräte sind in Tabelle 3.3 aufgezählt und beschrieben.



**Abbildung 3.2**

*Skelett eines Alpakas (modifiziert nach McCracken et al. 1999, in Spurgeon's Color Atlas of Large Animal Anatomy) mit den in dieser Arbeit vermessenen Körperparametern: 1 Widerristhöhe, 2 Hüfthöhe, 3 Rückenlänge, 4 Rumpflänge, 5 Thoraxumfang, 6 TOD, 7 LTD.*

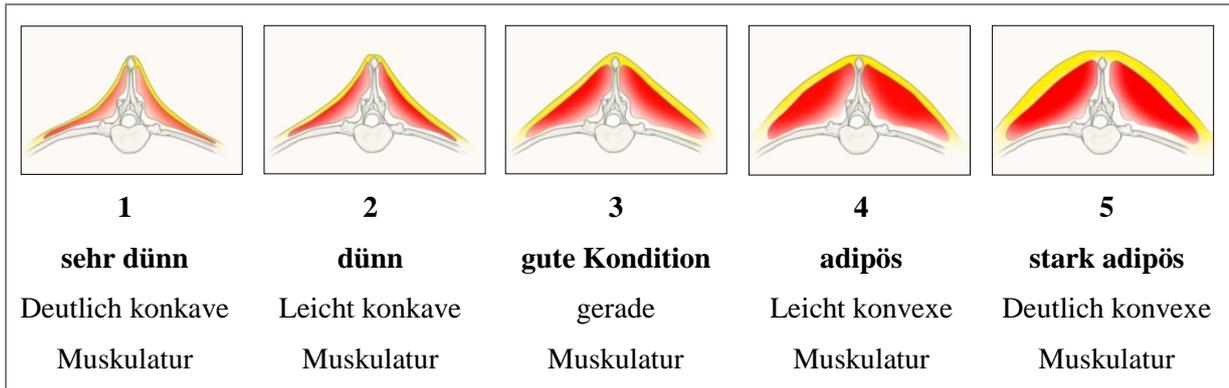
**Tabelle 3.3**

*Ermittelte Körpermaße, deren Definition und Art der Vermessung.*

<b>Körpermaß</b>	<b>Definition der Messstrecke</b>	<b>Messinstrument</b>
<b>1 Widerristhöhe</b>	Vom höchsten fühlbaren Processus spinosus der Brustwirbel senkrecht zum Boden	Höhenmessschieber (110 cm)
<b>2 Hüfthöhe</b>	Vom Tuber sacrale des Os ilium senkrecht zum Boden	Höhenmessschieber (110 cm)
<b>3 Rückenlänge</b>	Vom ersten fühlbaren Processus spinosus der Brustwirbel bis zum ersten beweglichen Schwanzwirbel	Messschieber (65 cm und 110 cm)
<b>4 Rumpflänge</b>	Von der Lamina ventralis des 6. Halswirbels bis zum Tuber ischiadicum des Os ischii	Messschieber (65 cm und 110 cm)
<b>5 Thoraxumfang</b>	Unmittelbar kaudal der Vordergliedmaße	Maßband
<b>6 Tuberculum majus-Olecranon-Distanz (TOD)</b>	Vom Tuberculum majus des Humerus bis zum Tuber olecrani der Ulna	Messschieber (30 cm und 65 cm)
<b>7 Basis patellae-Tuber ischiadicum-Distanz (BTD)</b>	Von der Basis patellae der Patella bis zum Tuber ischiadicum des Os ischii	Messschieber (30 cm und 65 cm)

Zur Erfassung des Körpergewichtes wurde eine Tierwaage mit einer Messgenauigkeit von 50 Gramm genutzt. Die Angaben des Geburtsgewichtes beziehen sich auf Messungen der Züchter, die die Crias in den ersten Lebensstunden gewogen haben. Jedoch standen nur von drei der sieben Höfe genaue Werte zum Geburtsgewicht der Alpakas zur Verfügung. Die Messwerte des Körpergewichtes von trächtigen Stuten wurden ab dem sechsten Trächtigkeitsmonat nicht mehr in die Auswertungen einbezogen. Ab diesem Zeitpunkt beginnt der Fetus das Gewicht der Alpakastute zu beeinflussen (BRAVO und VARELA 1992). SMITH et al. (1992) wiesen nach, dass das Körpergewicht tragender Lamastuten erst in den letzten drei Trächtigkeitsmonaten um 10 bis 15% ansteigt.

Die Körperkondition wurde nach dem System von JOHNSON (1994) mit einer Skala von eins bis fünf ermittelt. Beidseitig der Wirbelsäule erfolgte auf Höhe der letzten Rippe eine Palpation mit Daumen und Zeigefinger, die eine subjektive Einschätzung des Bemuskelungsgrades und der subkutanen Fettschicht ermöglicht. Je nach Ausprägung des Musculus longissimus dorsi und je nach Fühlbarkeit der Rippen auf Höhe des Ellbogens wurden die Tiere in die Kategorien 1 „sehr dünn“, 2 „dünn“, 3 „gute Kondition“, 4 „adipös“ und 5 „stark adipös“ eingeteilt (siehe Abbildung 3.3). Zur feineren Quantifizierung wurden teilweise halbe Punkte vergeben.



**Abbildung 3.3**

*Body Condition Score beim Alpaka – Bestimmung durch Palpation der Rückenmuskulatur und der subkutanen Fettschicht (Zeichnung: D. Brause 2012, Veterinär-Anatomisches Institut – Universität Leipzig).*

### 3.2.2 Erfassung der Haltungsbedingungen und der Informationen zum Einzeltier

Informationen zu den Haltungsbedingungen, zum Zuchtmanagement und zu gehäuft auftretenden Erkrankungen in den einzelnen Herden und bei Einzeltieren, konnten mit Hilfe eines Fragebogens ermittelt werden. Jeder Züchter füllte vor Beginn eine mehrseitige Umfrage aus, die, soweit notwendig, im Verlauf der Studie ergänzt wurde (siehe Anhang, Seite 135).

### 3.2.3 Erfassung der Fütterung und Untersuchung von Futtermittelproben

Informationen zur Fütterung der Alpakas wurden mittels eines Fragebogens erhoben. Dabei wurden die Grundfuttermittel (Gras, Heu, Silage), die Gabe von Kraft- und Mineralfuttermitteln sowie die Verabreichung von weiterem Zusatzfutter und Vitaminen in den einzelnen Beständen ermittelt.

Um die Qualität der Grundfuttermittel besser einschätzen zu können, wurden während des einjährigen Messzeitraumes je Bestand drei Weidegras- und drei Heuproben entnommen, um die Inhaltsstoffe sowie den Energiegehalt zu analysieren. Auf einem Hof wurde zusätzlich eine Probe des Luzerneheus

gezogen. Die Untersuchung der insgesamt 43 Proben erfolgte mit dem Weender-Analyseverfahren (NAUMANN et al. 1976) im Institut für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik der Veterinärmedizinischen Fakultät Leipzig. Folgende Parameter wurden bestimmt: Trockensubstanz, Rohprotein, Rohfaser und Rohasche. Die Untersuchung des Kalzium-, Natrium-, Kalium-, Zink-, Kupfer-, Selen- und Mangangehaltes erfolgte mittels Atomabsorptionsspektrometrie. Der Phosphorgehalt der Futtermittel wurde photometrisch bestimmt. In Tabelle 3.4 sind die Parameter, die analysiert wurden, und die jeweiligen Untersuchungsmethoden beschrieben.

**Tabelle 3.4**

*In den Grundfuttermitteln analysierte Parameter und die jeweilige Untersuchungsmethode (modifiziert nach KAMPHUES et al. 2009).*

Parameter	Methode
Trockensubstanz (TS)	Vierstündiges Trocknen des Futters im Trockenschrank bei 103°C Berechnung: $\% TS = \frac{\text{Auswaage}}{\text{Einwaage}} \times 100$
Rohprotein (Rp)	Bestimmung des Stickstoffgehaltes im vollautomatischen Stickstoffanalysator; Aufschluss der zu analysierenden Substanz durch oxidative Verbrennung in einer mit Sauerstoff angereicherten CO <sub>2</sub> -Atmosphäre und anschließende quantitative Umsetzung Berechnung: $\% Rp = N \times 6,25$
Rohfaser (Rf)	30 minütiges Kochen in 1,25% iger H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; waschen mit heißem Wasser; danach 30 minütiges Kochen in 1,25% iger KOH, anschließend waschen mit heißem Wasser und Aceton, trocknen und wiegen (W1); Ra des Rückstandes bestimmen (W2) und abziehen Berechnung: $\% Rf = \frac{W1-W2}{\text{Einwaage}} \times 100$
Rohasche (Ra)	Sechs- bis siebenstündige Veraschung des Futtermittels im Muffelofen bei 600°C - der verbleibende Rückstand enthält alle anorganischen Komponenten und entspricht der Rohasche Berechnung: $\% Ra = \frac{\text{Auswaage}}{\text{Einwaage}} \times 100$
Mineralstoffe (MS)	Aufschluss des Futtermittels mit Hilfe von HNO <sub>3</sub> in der Mikrowelle, anschließend atomabsorptionsspektrometrische beziehungsweise photometrische Bestimmung des Mineralstoffgehaltes im Aufschluss

Der Energiegehalt der Grundfuttermittel wurde nach KAMPHUES et al. (2009) mit einer Regressionsgleichung zur Schätzung der Metabolisierbaren Energie (MJ ME / kg TS) aus den Roh Nährstoffgehalten (g / kg TS) berechnet (siehe Tabelle 3.5). Die Gleichung differiert je nach Futterart und Erntezeitpunkt.

**Tabelle 3.5**

*Regressionsgleichung zur Schätzung der Metabolisierbaren Energie [MJ ME / kg TS] aus den Roh Nährstoffen [g/kg TS].*

Probenart	Zeitpunkt der Probennahme	Gleichung zur Schätzung der ME
Frischgras 1. Schnitt	Mai, Juni	$ME = 14,06 - 0,01370 R_f + 0,00483 R_p - 0,00980 R_a$
Frischgras Folgeschnitt	August	$ME = 12,47 - 0,00686 R_f + 0,00388 R_p - 0,01335 R_a$
Heu Folgeschnitt	Januar, März, November	$ME = 14,05 - 0,01784 R_f$

Der Energiegehalt des Luzerneheus wurde unter Berücksichtigung der Roh Nährstoffgehalte aus Richtwerttabellen des Werkes „Futtermittelkunde“ von JEROCH, FLACHOWSKY und WEIßBACH (1993) übernommen.

### 3.2.4 Erfassung und Untersuchung des Parasitenstatus der Herde

Um den Einfluss des Parasitenbefalls auf das Wachstum berücksichtigen zu können, wurden einmal im Quartal stichprobenartig Kotproben aus jeder Herde untersucht. Insgesamt wurden 245 Proben auf das Vorkommen von Parasiten analysiert. Dabei wurde der Befall bei durchschnittlich 53% der Tiere, die am Tag der Probennahme in einer Herde vermessen wurden, ermittelt. Minimal wurden 35% der Herde, maximal 89% analysiert. Der Kot wurde rektal entnommen um möglichst frisches und eindeutig dem Einzeltier zuzuordnendes Probenmaterial zu gewinnen.

Zur Analyse des Kotes wurde ein kombiniertes Zentrifugations-Flotations-Verfahren (FRENCH und KLEI 1983) durchgeführt, wobei Natriumnitrat (spezifisches Gewicht: 1,3) als Flotationslösung zur Anwendung kam. Die einzelnen Arbeitsschritte dieser Methode sind in Tabelle 3.6 aufgeführt.

**Tabelle 3.6**

Arbeitsschritte zur Analyse von Kotproben mittels kombiniertem Zentrifugations-Flotations-Verfahren.

Arbeitsschritt	Beschreibung
1	2 g Kot abwiegen (0,1 g genaue Waage) und in 97 ml Leitungswasser lösen; Nach gründlichem Mischen 12 h stehen lassen
2	Kot-Wasser-Gemisch erneut durchmischen, durch ein Sieb (Maschenweite 0,5 mm) gießen und mit 1 ml Wasser nachspülen; 10 ml der Lösung entnehmen und in ein Reagenzglas (15 ml) füllen
3	Zentrifugation über 5 Minuten bei 200xg
4	Überstand sofort nach Zentrifugation dekantieren und verwerfen
5	Sedimentierte Probe mit zunächst 2 ml Flotationslösung lösen; Weitere 10 ml Flotationslösung zugeben
6	Zentrifugation über 5 Minuten bei 200xg
7	Reagenzglas bis zum oberen Rand mit Flotationslösung auffüllen bis sich auf der Oberfläche eine leicht konvexe Wölbung der Flüssigkeit bildet; Anschließend Reagenzglas mit Deckgläschen (22 mm <sup>2</sup> ) abdecken
8	Reagenzglas über 30 Minuten im Ständer stehen lassen um eine ungestörte Flotation zu ermöglichen
9	Deckgläschen vom Reagenzglas abheben und mit benetzter Seite nach unten auf einen Objektträger legen; Durchmusterung unter dem Mikroskop bei 100facher Vergrößerung und Auszählung aller Parasitenstadien
10	Berechnung der Ei- beziehungsweise Oozystenanzahl pro Gramm Kot (EpG beziehungsweise OpG): $\text{gezählte Parasitenstadien} \times 5 = \text{Parasitenstadien pro Gramm Kot [EpG/OpG]}$

Das kombinierte Zentrifugations-Flotations-Verfahren ermöglicht die Identifizierung folgender bei Neuweltkameliden auftretender Parasiten:

- Magen-Darm-Strongyliden (*Trichostrongylus* ssp., *Ostertagia* ssp., *Camelostrongylus* *mentulatus*, *Cooperia* ssp., *Haemonchus contortus*, *Graphinema aucheniae*, *Spiculoptera* *peruvians*, *Nematodirus* ssp., *Lamanema chavezii*, *Oesophagostomum* ssp., *Chabertia ovina*, *Marshallagia marshalli*)
- Haarwurm (*Capillaria* ssp.)
- Zwergfadenwurm (*Strongyloides* ssp.)
- Peitschenwurm (*Trichuris* ssp.)
- *Eimeria macusaniensis*
- Kleine Kokzidien (*Eimeria alpaca*, *E. lamae*, *E. punoensis*)
- Bandwurm (*Moniezia* ssp.)

Durch Auszählung der Parasitenstadien und Multiplikation mit dem Faktor 5 kann die genaue Ei-beziehungsweise Oozystenanzahl pro Gramm Kot ermittelt werden. Die Anzahl der nachgewiesenen Oozysten Kleiner Kokzidien und der Bandwurmeier wurde semiquantitativ dokumentiert (- negativ, + geringgradig, ++ mittelgradig, +++ hochgradig).

Bei Verdacht auf einen Befall mit Lungenwürmern (*Dictyocaulus viviparus*) wurde ein Auswanderverfahren nach Baermann-Wetzel durchgeführt (BAERMANN 1917). Um die Ergebnisse der Kotprobenanalysen auch im Kontext zum Entwurmungsregime beurteilen und auswerten zu können, wurden mit Hilfe des Fragebogens die Art der Parasitenkontrolle und die zeitlichen Abstände der Entwurmungen erfragt.

### **3.3 Mathematische und statistische Auswertungen**

#### **3.3.1 Wachstumskurven**

Die Wachstumskurven der Körpermaße wurden mit dem Programm R (frei zugängliche Software der *R Foundation for Statistical Computing*; [www.r-project.org](http://www.r-project.org); Version 2.15.2) durch Anwendung der nicht parametrischen Regression LOESS (locally weighted scatterplot smoothing) von CLEVELAND (1979) erstellt. Dabei wird jeweils lokal bei einem Teil der Daten eine Regression durchgeführt. Die einzelnen Anpassungen ergeben zusammen eine Glättungsfunktion zur Korrektur der empirischen Daten.

Die Datenpunkte aller vermessenen Alpakas wurden in jeweils unterschiedlichen Farben für männliche und weibliche Tiere, beziehungsweise für Huacayas und Suris, in die grafischen Darstellungen eingetragen.

### 3.3.2 Perzentilkurven

In dieser Arbeit wurden die Perzentilkurven mit dem Programm R (frei zugängliche Software der *R Foundation for Statistical Computing*; [www.r-project.org](http://www.r-project.org); Version 2.15.2), unter Nutzung des Paketes VGAM (vector generalized additive models) erstellt. Die Funktionen des Paketes basieren unter anderem auf der LMS-Methode. Die LMS-Methode geht davon aus, dass die gemessenen, altersabhängigen Werte  $y$  für jedes Alter mittels Box-Cox-Power-Transformation in eine Normalverteilung transformierbar sind.

$$y' = \frac{y^\lambda - 1}{\lambda}$$

Dabei ist  $\lambda$  ( $L$ ) ein Maß für die Schiefe der Verteilung.

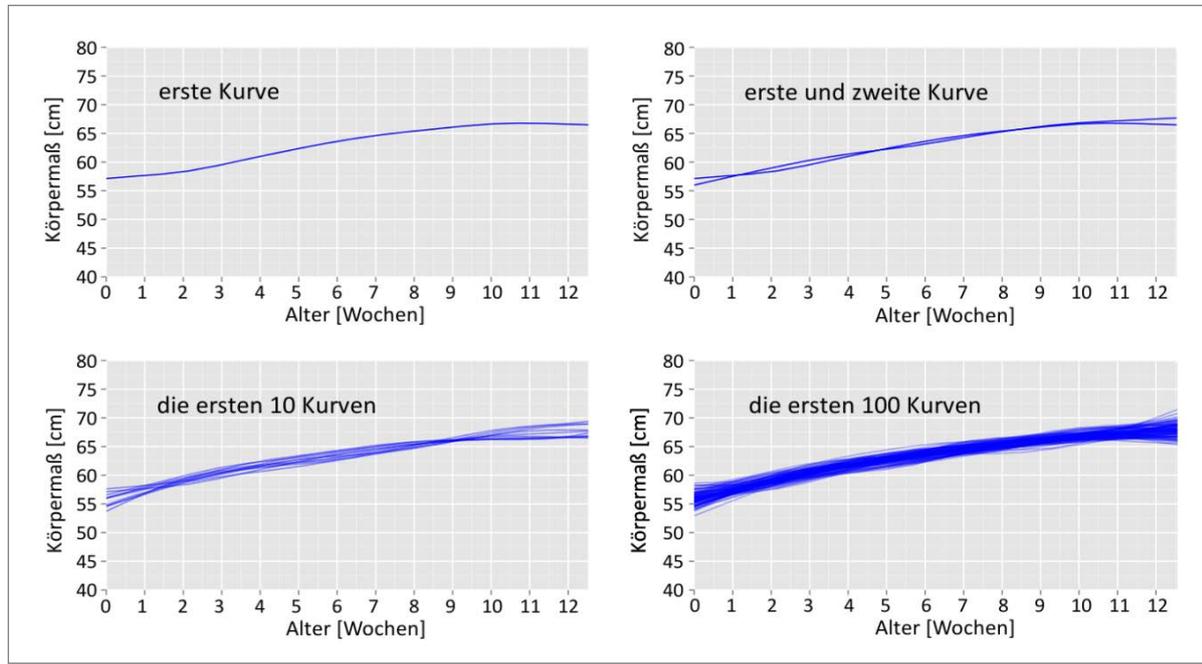
In der LMS-Methode werden um den Mittelwert  $M_{(\text{Alter})}$  sukzessive die Standardabweichung  $S_{(\text{Alter})}$  und  $\lambda_{(\text{Alter})}$  als Funktion vom Alter geschätzt. Das Ergebnis dieser Methode sind drei Kurven von  $L_{(\text{Alter})}$ ,  $M_{(\text{Alter})}$  und  $S_{(\text{Alter})}$ . Sind nun diese drei Kurven bekannt, ergibt sich für jedes Alter der SDS-Wert aus der folgenden Formel:

$$SDS = \begin{cases} \frac{\left(\frac{\text{Messwert}}{M(\text{Alter})}\right)^{L(\text{Alter})} - 1}{S(\text{Alter}) - L(\text{Alter})} & \text{für } L \neq 0 \\ \frac{1}{S(\text{Alter})} \times \log\left(\frac{\text{Messwert}}{M(\text{Alter})}\right) & \text{für } L = 0 \end{cases}$$

Der SD-Score (SDS), der gleichbedeutend mit dem Z-Score ist, lässt sich nun wie bereits beschrieben (siehe Seite 6) direkt in den entsprechenden Perzentilenwert umrechnen.

Die Daten, die zur Ermittlung der Prozentsummenkurven genutzt wurden, stammen aus longitudinalen Vermessungen. Aufgrund der wiederholten Vermessungen der selben Alpakas, sind die zur Auswertung verwendeten Messpunkte nicht unabhängig. Da die Unabhängigkeit der Werte jedoch eine Voraussetzung der LMS-Methode ist, wurde pro Alpaka nur ein Messwert zufällig ausgewählt. Mittels der zufällig ausgewählten Werte aller Alpakas wurden die Perzentilkurven geschätzt. Dieser Vorgang wurde für jede der fünf pro Parameter ermittelten Perzentilen 1000 Mal wiederholt

(,Bootstrapping‘; EFRON 1979), um alle verfügbaren Messpunkte und Informationen nutzen zu können. Abbildung 3.1 veranschaulicht das Prinzip des ,Bootstrappings‘ anhand eines Körpermaßes, wobei beispielhaft zunächst nur eine Kurve, dann zwei, zehn und einhundert Einzelkurven dargestellt sind.



**Abbildung 3.1**

*Einzelkurven, die aus Messwerten resultieren, in denen jedes Alpaka nur ein Mal vertreten ist.*

Aus den resultierenden 1000 Regressionsergebnissen wurde das Mittel als wahrscheinlichste aller Kurven ausgewählt. Das Mittel stellt somit die eigentliche Perzentile dar. Bei der Erstellung weiterer Perzentilkurven anderer Körpermaße wurde analog verfahren.

Für die Gruppe der null bis drei Monate alten Crias wurden, aufgrund der erheblich größeren Wachstumsgeschwindigkeit im Vergleich zu älteren Tieren, separate Perzentilen erstellt, um eine bessere Anpassung der Kurven an die empirischen Daten zu ermöglichen.

### 3.3.3 Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes

Für die Erstellung der Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes wurde das Programm R (frei zugängliche Software der *R Foundation for Statistical Computing*; [www.r-project.org](http://www.r-project.org); Version 2.15.2) genutzt. Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und verschiedenen Körpermaßen geschätzt. Der Ansatz, den Körper als eine zylinderähnliche Figur zu betrachten und

somit den Umfang und die Länge dieses Körpers für die Berechnungen zu nutzen, schien am sinnvollsten. So wurden Rückenlänge und Thoraxumfang sowie Rumpflänge und Thoraxumfang in einer Gleichung kombiniert und das jeweilige Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) ermittelt. Des Weiteren wurden vier Körpermaße ausgewählt, um sie als Einzelparameter in die Gleichung einzusetzen. Vor allem im Hinblick auf die spätere Nutzung der Gleichung stand bei der Auswahl dieser Maße die einfache Erfassbarkeit der Parameter im Vordergrund. Das Bestimmtheitsmaß, das angibt, wie gut ein Modell die Daten beschreibt, wurde für Widerristhöhe, Brustumfang, Rückenlänge und Rumpflänge errechnet. Je größer das Bestimmtheitsmaß ist, das heißt je näher dieser Wert an 1 liegt, desto besser kann das Gewicht vorhergesagt werden. In grafischen Darstellungen des Körpergewichtes in Abhängigkeit verschiedener Körpermaße war erkennbar, dass ein kubischer Zusammenhang vorliegt. Zusammen mit dem Bestimmtheitsmaß konnten auch die einzelnen Konstanten der kubischen Funktion bestimmt werden, um so die jeweilige Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes zu erstellen.

#### **3.3.4 Einflussfaktoren auf Wachstum und Entwicklung**

Zur Ermittlung von Unterschieden im Wachstum und der Entwicklung zwischen männlichen und weiblichen Tieren, beziehungsweise zwischen Alpakas der beiden Rassen, wurde das Programm R (frei zugängliche Software der *R Foundation for Statistical Computing*; [www.r-project.org](http://www.r-project.org); Version 2.15.2) genutzt. Die Zielvariable wurde im ersten Schritt als ‚Linear Mixed Effects Model‘ mit den Kovariaten Alter und Geschlecht beziehungsweise Rasse, inklusive des Interaktionseffektes zwischen Alter und Geschlecht beziehungsweise Rasse, modelliert. Unter Beachtung von Effektgröße und p-Wert wurde das Modell schrittweise reduziert (Model simplification by stepwise deletion, CRAWLEY 2012). Die Relevanz des Einflusses von Geschlecht beziehungsweise Rasse wurde anhand des Signifikanzlevels  $\alpha = 0,01$  bestimmt.

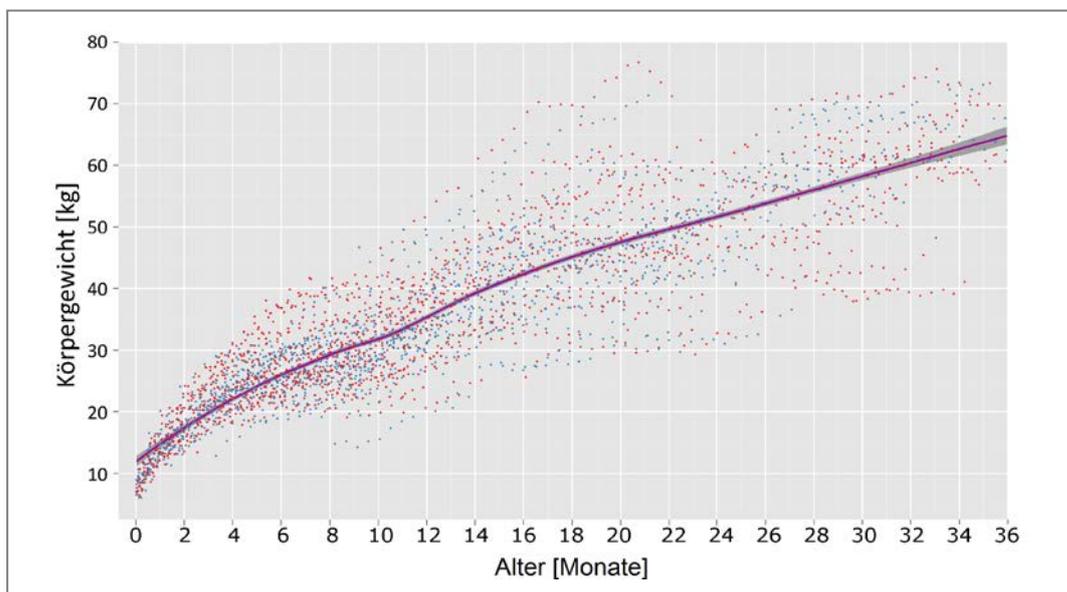
Unterschiede des Geburtsgewichtes zwischen Crias, die in der ersten oder der zweiten Hälfte der Fohlensaison geboren wurden, konnten mit Hilfe des t-Testes unter Nutzung des Programmes SigmaPlot (*Systat Software, Inc.*; San Jose California USA; [www.sigmaplot.com](http://www.sigmaplot.com); Version 11.0) analysiert werden. Als Signifikanzniveau wurde  $\alpha = 0,05$  festgelegt. Alle Fohlen, deren genaues Geburtsgewicht und Geburtsdatum bekannt war, wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 bildeten 28 in der ersten Hälfte der Fohlensaison geborene Crias (01.03. bis 30.06.). Gruppe 2 wurden alle 31 Neugeborenen der zweiten Hälfte der Saison zugeordnet (01.07. bis 31.10.). Die Geburtsgewichte von zwei Fohlen wurden in diese Analyse nicht einbezogen, da sie Ende Dezember beziehungsweise Anfang Januar, einem für Europa untypischen Abfohlzeitpunkt, geboren wurden.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Wachstumskurven

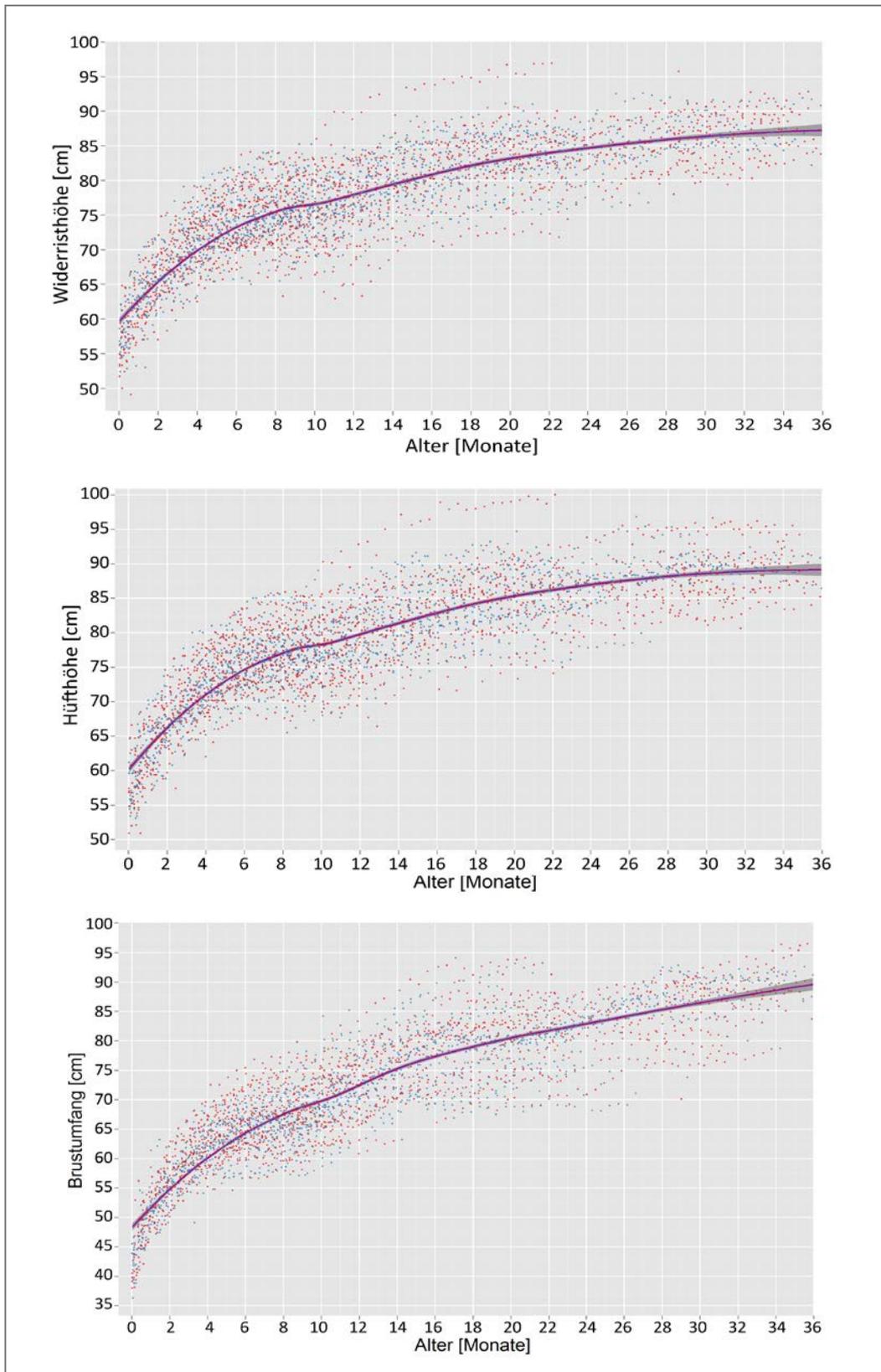
Die nachfolgenden grafischen Darstellungen (Abbildungen 4.1 bis 4.4) zeigen den durchschnittlichen Wachstumsverlauf (violett) des jeweiligen Körperparameters in Abhängigkeit vom Alter beim Alpaka. Das Konfidenz- oder Vertrauensintervall (dunkelgrauer Bereich in Kurvennähe) gibt Aussage über die Präzision der Lageschätzung der Kurve. Ab einem Alter von circa 30 Monaten ist das Konfidenzintervall im Vergleich zu den Werten jüngerer Tiere deutlich größer.

Während der Kurvenverlauf der meisten Parameter dem einer logarithmischen Funktion ähnelt, steigt das Körpergewicht mit zunehmendem Alter nahezu linear an. Die Graphen verlaufen progressiv ansteigend. Mit 36 Monaten tritt, mit Ausnahme der Hüfthöhe, noch keine Stagnation des Wachstums ein. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Hüfthöhe ist währenddessen bereits mit 34 Monaten annähernd Null. Im 10. bis 12. Lebensmonat zeigt sich in allen Parametern eine kurzzeitige Unstetigkeit im Kurvenverlauf.



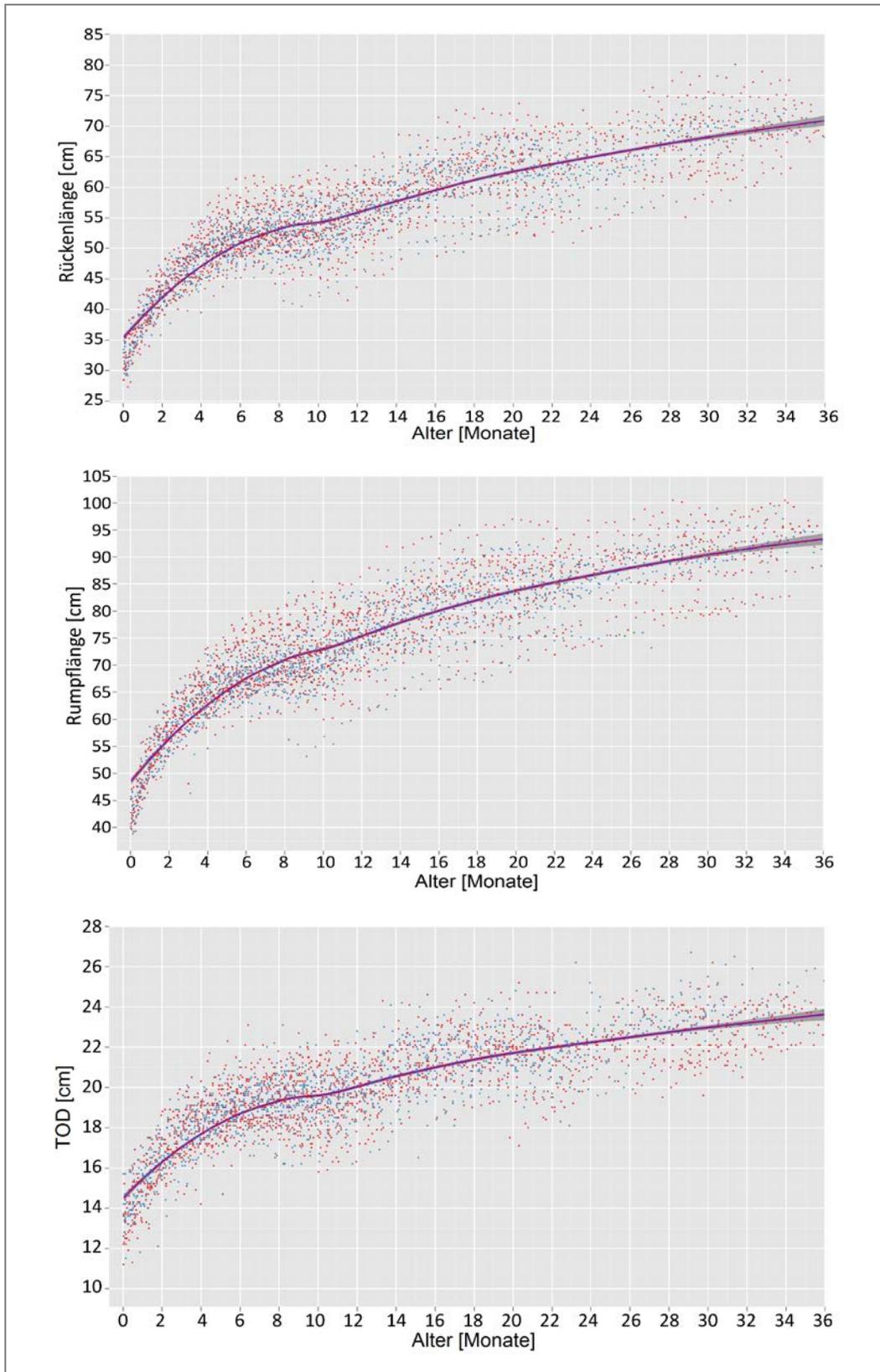
**Abbildung 4.1**

*Wachstumskurve des Körpergewichtes [kg] in Abhängigkeit vom Alter [Monate] mit Konfidenzintervall (dunkelgrau) und Datenpunkten für männliche (blau) und weibliche (rot) Alpakas.*



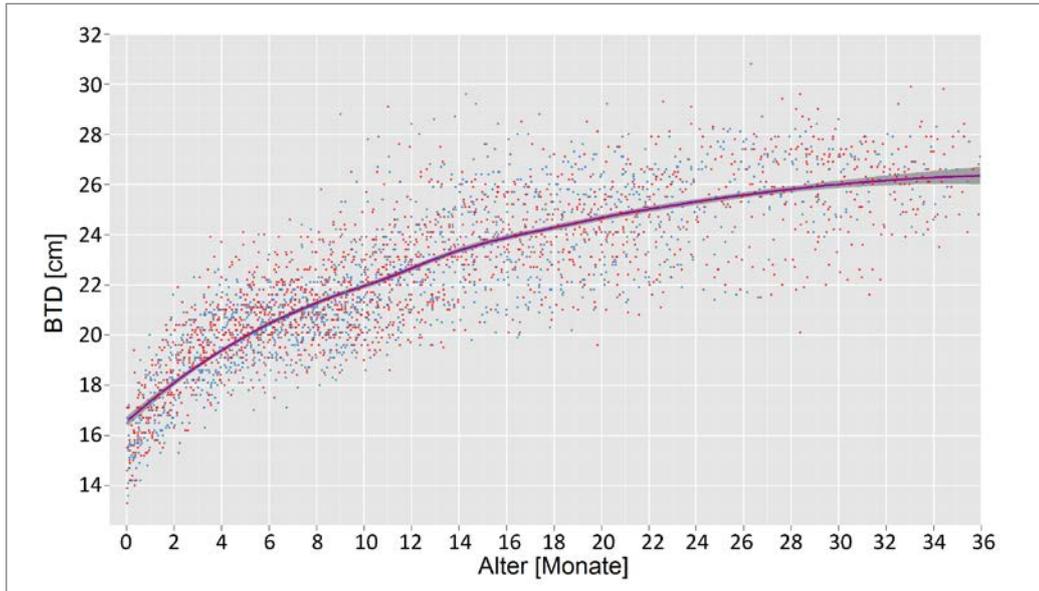
**Abbildung 4.2**

Wachstumskurven der Widerristhöhe [cm], der Hüfthöhe [cm] und des Brustumfanges [cm] in Abhängigkeit vom Alter [Monate] mit Konfidenzintervall (dunkelgrau) und Datenpunkten für männliche (blau) und weibliche (rot) Alpakas.



**Abbildung 4.3**

Wachstumskurve der Rückenlänge [cm], der Rumpflänge [cm] und der TOD [cm] in Abhängigkeit vom Alter [Monate] mit Konfidenzintervall (dunkelgrau) und Datenpunkten für männliche (blau) und weibliche (rot) Alpakas.



**Abbildung 4.4**

*Wachstumskurve der BTD [cm] in Abhängigkeit vom Alter [Monate] mit Konfidenzintervall (dunkelgrau) und Datenpunkten für männliche (blau) und weibliche (rot) Alpakas.*

Vergleicht man den Ausgangswert bei Null Monaten mit dem Durchschnittswert bei 36 Monaten, so ergibt sich für die verschiedenen Körpermaße eine unterschiedlich starke Vervielfachung. Die Parameter, die das Wachstum der Gliedmaßen widerspiegeln (Widerristhöhe, Hüfthöhe, TOD und BTD) nahmen nur um das Eineinhalbfache zu. Die Körperlängen (Rumpf- und Rückenlänge) und der Brustumfang wurden bis zu einem Alter von drei Jahren um das Zweifache größer. Das Körpergewicht verfünffachte sich in diesem Zeitraum.

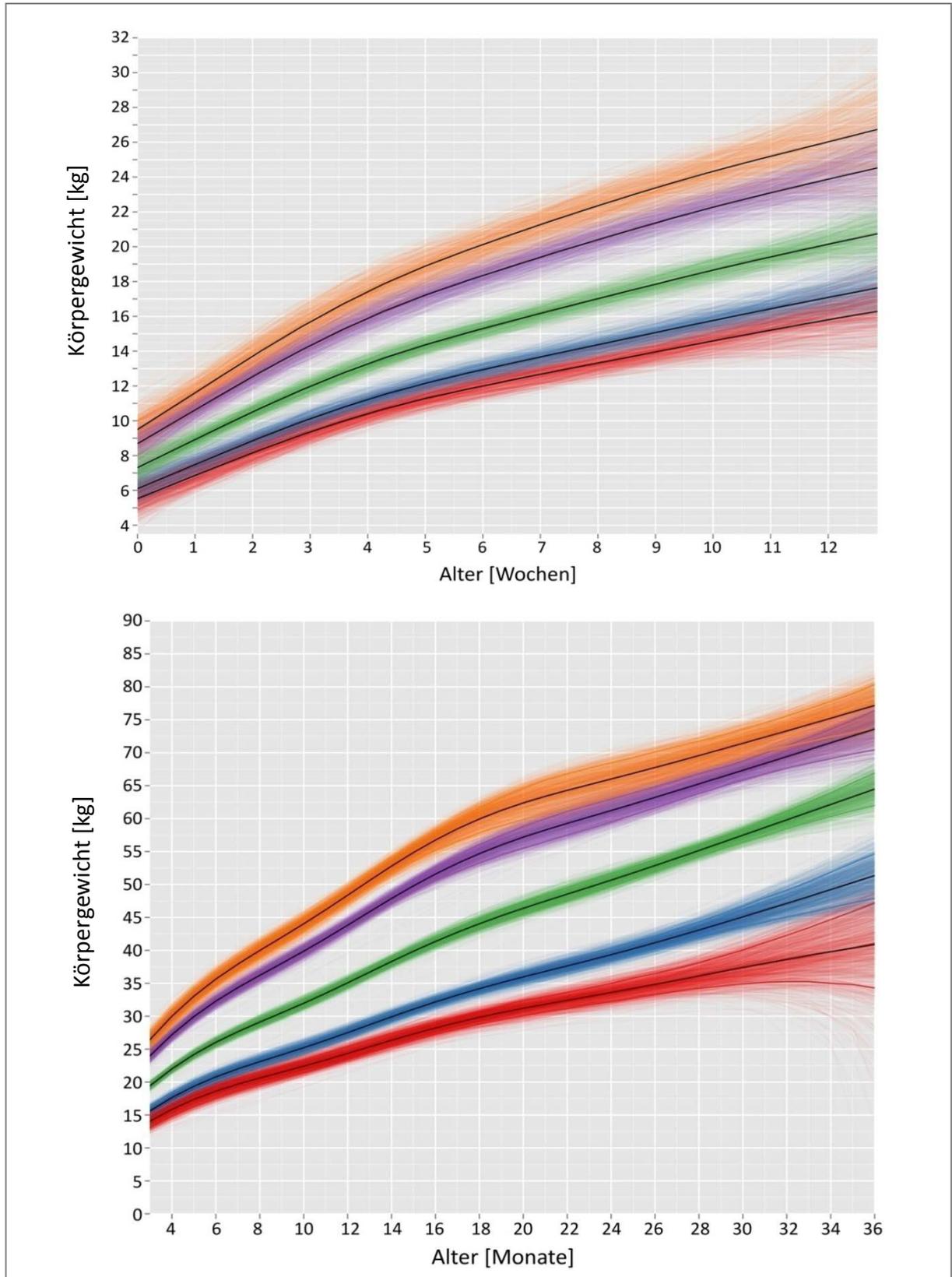
## 4.2 Perzentilkurven

### Perzentilkurven des Körpergewichtes

Betrachtet man die Perzentilkurven des Körpergewichtes in Abhängigkeit vom Alter (siehe Abbildung 4.5), so ist der grafischen Darstellung eine progressiv ansteigende Kurve erkennbar. Ab einem Alter von eineinhalb Jahren (18 Monate) steigt die Kurve nahezu linear an. Das Wachstum jüngerer Alpakas bis zu 18 Monate ist durch eine größere Wachstumsrate und damit verbunden einem steileren Anstieg der Kurve gekennzeichnet. Selbst im Alter von drei Jahren (36 Monate) ist noch keine Stagnation der Gewichtszunahme zu beobachten und die Kurve nähert sich noch nicht einem Sättigungswert an. Die 50. Perzentile liegt zum Zeitpunkt der Geburt bei 7,3 kg. Das Geburtsgewicht variiert zwischen 5,5 kg (3. Perzentile) und 9,5 kg (97. Perzentile). Im Alter von 35 bis 40 Tagen haben Alpakafohlen ihr Geburtsgewicht verdoppelt und im Alter von circa 100 Tagen verdreifacht. Vergleicht man den Verlauf der einzelnen Perzentilen zueinander, so fällt auf, dass bei jungen Tieren die Perzentilen relativ nah beieinander liegen. Je älter die Alpakas werden, desto weiter streuen die Perzentilen des Körpergewichtes. Ab einem Alter von zweieinhalb Jahren (30 Monate) ist auch ein weites Auseinanderstreuen der Einzelkurven, die aus den verschiedenen Kombinationen von zufällig gewählten Einzelmesswerten jeden Tieres entstehen, zu erkennen. Auffallend ist, dass vor allem die Einzelkurven der 3. Perzentile ab 28 Monaten sehr weit divergieren. Die Einzelkurven von unter zweieinhalb Jahre alten Tieren (unter 30 Monate) liegen dagegen sehr dicht beieinander.

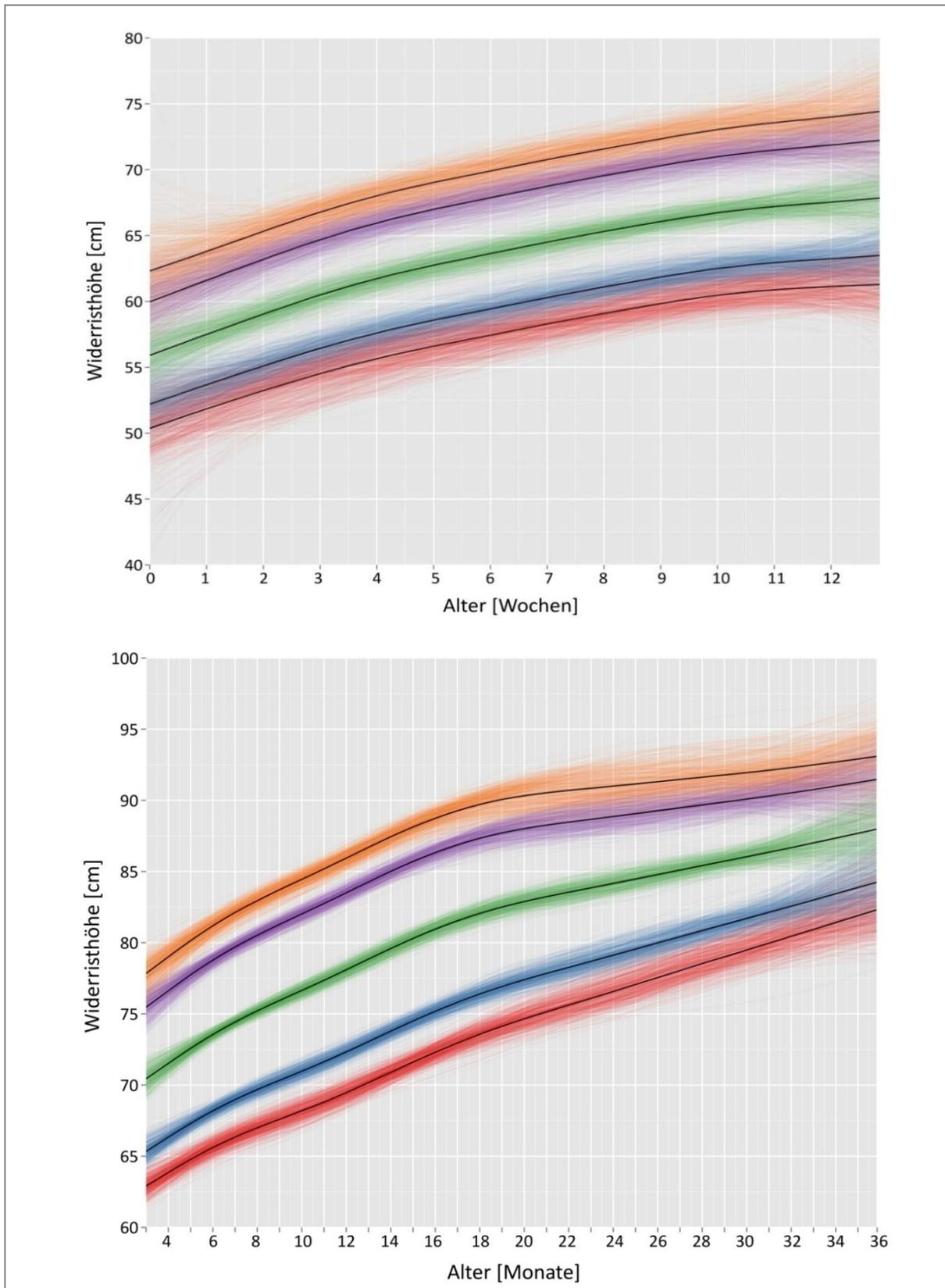
### Perzentilkurven der Widerristhöhe

Der Verlauf der Perzentilen der Widerristhöhe ähnelt dem einer logarithmischen Funktion (siehe Abbildung 4.6). Ein Ende des Wachstums der Widerristhöhe ist mit 36 Monaten nicht zu erkennen. Crias sind zur Geburt am Widerrist durchschnittlich 56 cm hoch. Die ältesten im Rahmen dieser Arbeit vermessenen Alpakas waren drei Jahre alt und erreichten eine Widerristhöhe von durchschnittlich 88 cm. Der Wert der 3. Perzentile liegt bei 36 Monate alten Alpakas bei 82 cm. Der der 97. Perzentile bei 93 cm. Mit 18 bis 20 Monaten verlaufen die Kurven nicht mehr so steil ansteigend wie bei jüngeren Alpakas. Auffallend ist auch der annähernd parallele Verlauf der einzelnen Perzentilen über den gesamten Zeitraum von drei Jahren. Die kleinsten Tiere sind im Mittel in allen Altersstufen 13,9 cm ( $\pm 1,9$  cm) kleiner als die größten Alpakas. Somit unterscheidet sich der Verlauf der Widerristperzentilen von dem der vorher betrachteten Perzentilkurven des Körpergewichtes.



**Abbildung 4.5**

Perzentilen des Körpergewichtes; dargestellt sind die 3. (schwarze Kurve im roten Bereich), die 10. (schwarze Kurve im blauen Bereich), die 50. (schwarze Kurve im grünen Bereich), die 90. (schwarze Kurve im violetten Bereich) und die 97. (schwarze Kurve im orangen Bereich) Perzentile.



**Abbildung 4.6**

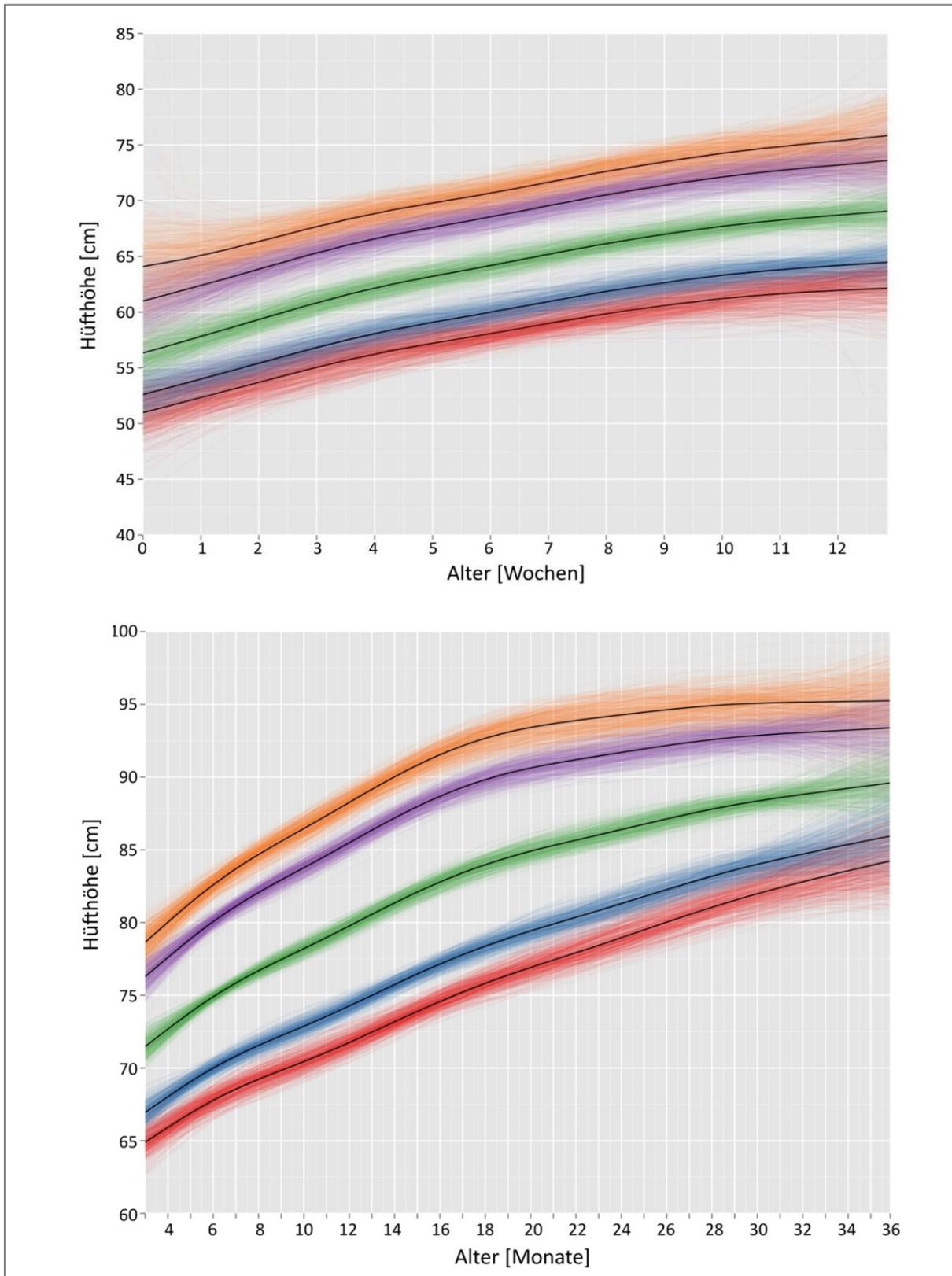
Perzentilen der Widerristhöhe; dargestellt sind die 3. (schwarze Kurve im roten Bereich), die 10. (schwarze Kurve im blauen Bereich), die 50. (schwarze Kurve im grünen Bereich), die 90. (schwarze Kurve im violetten Bereich) und die 97. (schwarze Kurve im orangen Bereich) Perzentile.

### Perzentilkurven der Hüfthöhe

Wie Abbildung 4.7 zeigt, steigen die Perzentilen der Hüfthöhe ähnlich einer logarithmischen Funktion an und sind in ihrem Verlauf den Kurven der Widerristhöhe sehr ähnlich. Die Perzentilkurven der Hüfthöhe weisen jedoch einen steileren Anstieg auf, als die Kurven der Widerristhöhe. Erkennbar wird dies beispielsweise an der 3. Perzentile, die bei der Hüfthöhe im Alter von 26 Monaten den Wert von 80 cm erreicht. Die 3. Perzentile des Widerristes erreicht diese Höhe erst fünf Monate später, bei circa 31 Monate alten Tieren. Am Tag der Geburt sind Crias, gemessen an der Hüfte, durchschnittlich 56 cm groß. 3% der Neugeborenen sind kleiner als 51 cm (3. Perzentile) und 3% sind größer als 64 cm (97. Perzentile). Die Wachstumsgeschwindigkeit nimmt mit 18 bis 20 Monaten sichtbar ab. Eine Annäherung an einen Sättigungswert ist bei der Hüfthöhe zum Zeitpunkt von 36 Monaten zu vermuten. Alpakas im Alter von drei Jahren erreichen eine Hüfthöhe von durchschnittlich 90 cm (3. Perzentile: 83 cm, 97. Perzentile: 97 cm). Die einzelnen Perzentilkurven verlaufen, genauso wie die der Widerristhöhe, durchgehend annähernd parallel. Ähnlich wie es die Perzentilkurven des Widerristes zeigen, sind die kleinsten Tiere in allen Altersklassen durchschnittlich 14,5 cm ( $\pm 1,38$  cm) kleiner als die größten. Die Einzelkurven jeder Perzentile divergieren bei älteren Alpakas weiter als bei jüngeren.

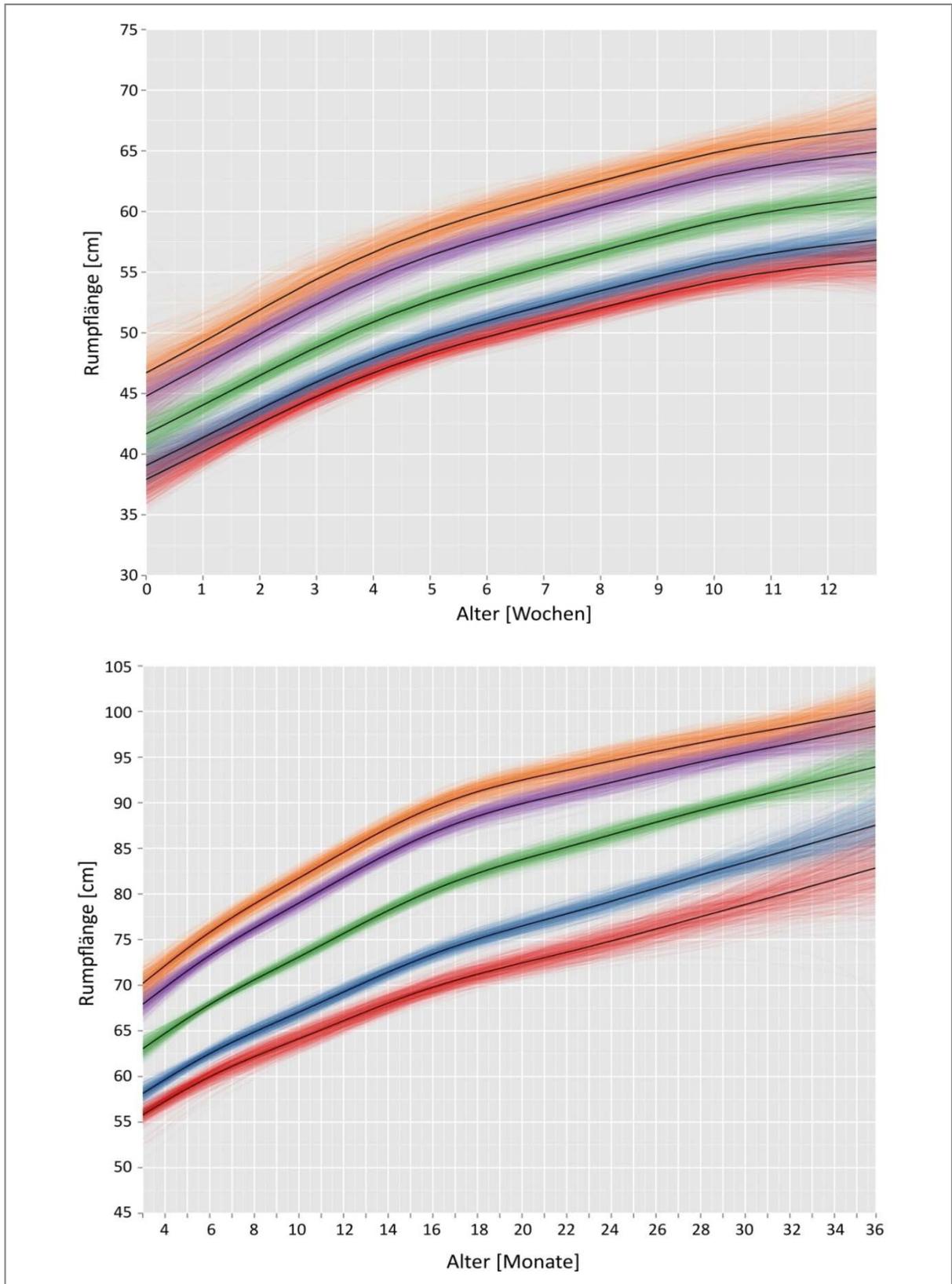
### Perzentilkurven der Rumpflänge

Die Perzentilen der Rumpflänge (siehe Abbildung 4.8) steigen progressiv, ebenfalls ähnlich einer logarithmischen Funktion, an. Deutlich erkennbar ist, dass die Rumpflänge junger Tiere einer größeren Wachstumsgeschwindigkeit unterliegt als die älterer Tiere. Ab dem 16. bis 18. Lebensmonat nimmt die Rumpflänge nicht mehr so stark zu wie in den Altersabschnitten zuvor. Eine nahezu lineare Zunahme der Rumpflänge ist ab einem Alter von circa 18 Monaten zu beobachten. Auch dieses Körpermaß erreicht mit drei Jahren noch keinen Sättigungswert. Der Rumpf von Alpakas ist mit 36 Monaten durchschnittlich 94 cm lang (3. Perzentile: 80 cm, 97. Perzentile 101 cm). Zur Geburt weisen Crias eine Rumpflänge von durchschnittlich 42 cm auf.



**Abbildung 4.7**

Perzentilen der Hüfthöhe; dargestellt sind die 3. (schwarze Kurve im roten Bereich), die 10. (schwarze Kurve im blauen Bereich), die 50. (schwarze Kurve im grünen Bereich), die 90. (schwarze Kurve im violetten Bereich) und die 97. (schwarze Kurve im orangen Bereich) Perzentile.



**Abbildung 4.8**

Perzentilen der Rumpflänge; dargestellt sind die 3. (schwarze Kurve im roten Bereich), die 10. (schwarze Kurve im blauen Bereich), die 50. (schwarze Kurve im grünen Bereich), die 90. (schwarze Kurve im violetten Bereich) und die 97. (schwarze Kurve im orangen Bereich) Perzentile.

### 4.3 Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes

Das Körpergewicht kann mit Hilfe verschiedener Körpermaße berechnet werden. Zur Ermittlung einer geeigneten Gleichung wurden zunächst verschiedene Parameter kombiniert und das Bestimmtheitsmaß berechnet. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) ist ein Maß für die Variabilität oder Varianz eines abhängigen Parameters. Je größer dieses Bestimmtheitsmaß ist und je weiter es sich der Zahl 1 nähert, desto genauer sind die Vorhersagen für den abhängigen Parameter - in diesem Fall das Körpergewicht. Um die Dreidimensionalität des Körpers zu berücksichtigen, wurde der Thoraxumfang jeweils mit der Rückenlänge und der Rumpflänge gekoppelt. Eine praktische Nutzung dieser miteinander kombinierten Parameter in einer Gleichung zur Körpergewichtsberechnung ist jedoch nicht möglich. Grund dafür ist der Korrelationskoeffizient nach Pearson, der zwischen Brustumfang (BU) und Rücken- (RUE) beziehungsweise Rumpflänge (RUL) nahezu eins beträgt (Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen BU und RUE = 0,953; Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen BU und RUL = 0,971). Dies zeigt, dass ein linearer Zusammenhang zwischen den betrachteten Variablen vorliegt und die Parameter nicht gemeinsam in einer Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes genutzt werden können.

Zur Ermittlung des am besten geeigneten einzeln in einer Gleichung nutzbaren Körpermaßes wurde wiederum das Bestimmtheitsmaß errechnet. Das größte Bestimmtheitsmaß wies der Thoraxumfang ( $R^2 = 0,97$ ) auf. Für alle anderen Maße wurden geringere Korrelationen nachgewiesen (siehe Tabelle 4.1). Die Rumpflänge eignet sich ebenfalls sehr gut zur Ermittlung des Körpergewichtes. Mit Hilfe des Widerristes kann das Gewicht eines Alpakas nur ungenau geschätzt werden, da das Bestimmtheitsmaß deutlich geringer ist als für den Brustumfang, die Rumpf- und die Rückenlänge.

Das Modell der kubischen Funktion,  $f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$ , ist sehr gut geeignet, um das Körpergewicht mit Hilfe eines Körpermaßes vorherzusagen, da die erhobenen Datensätze in ihrem Verlauf diesem Modell entsprechen. Die Variable  $x$  beschreibt dabei das jeweils genutzte Körpermaß;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $d$  sind Konstanten, die rechnerisch ermittelt werden. In Tabelle 4.1 sind die Gleichungen zur Schätzung des Körpergewichtes unter Einbezug verschiedener Körpermaße aufgelistet.

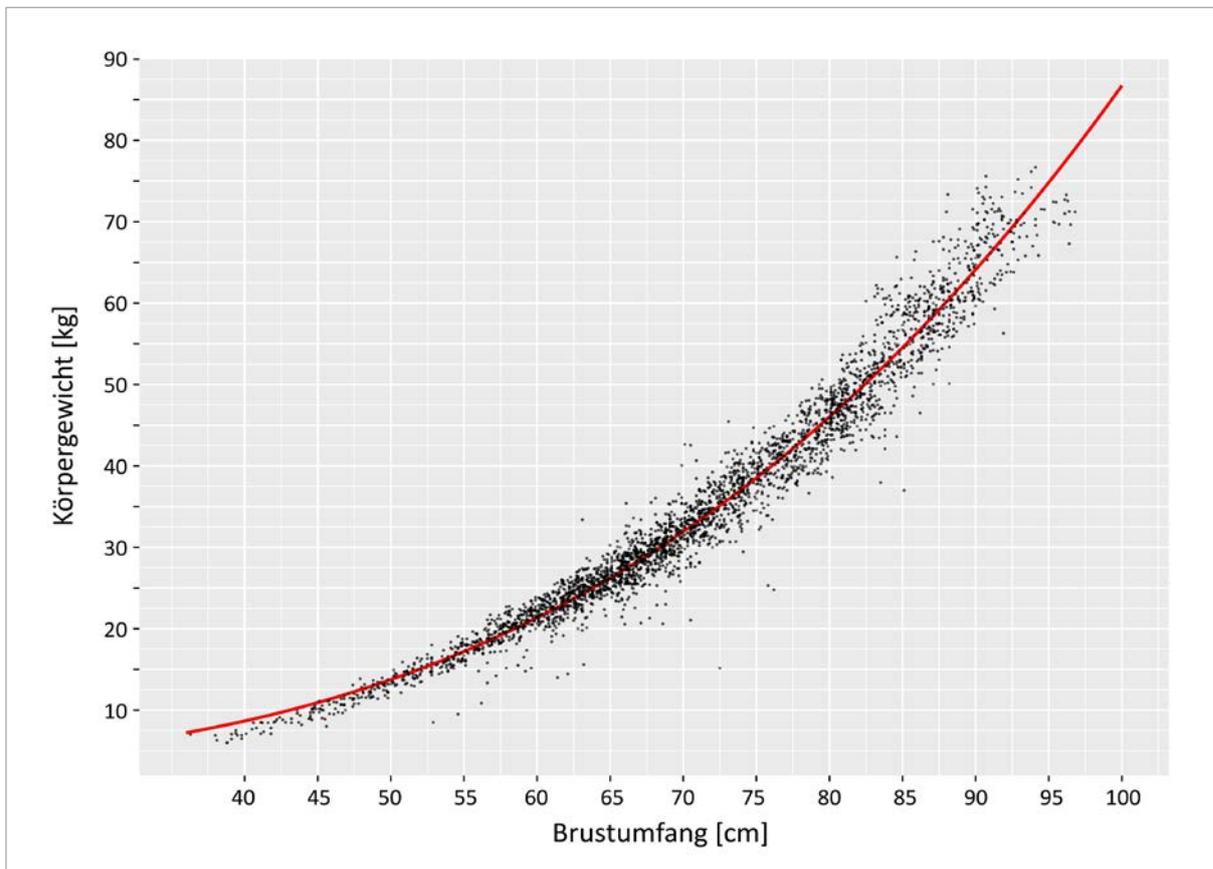
**Tabelle 4.1**

Gleichungen zur Berechnung des Körpergewichts (KG) mit Hilfe verschiedener Körpermaße unter Angabe des jeweiligen Bestimmtheitsmaßes ( $R^2$ ).

Körpermaß	Gleichung	$R^2$
Brustumfang (BU)	$KG = 8,34 \times 10^{-5} BU^3 + 3,33$	$R^2 = 0,9676$
Widerristhöhe (WH)	$KG = 756,87 WH^3 + 150,88 WH^2 - 11,82 WH + 35,69$	$R^2 = 0,8485$
Rückenlänge (RUE)	$KG = 791,54 RUE^3 + 134,46 RUE^2 - 42,36 RUE + 35,63$	$R^2 = 0,9293$
Rumpflänge (RUL)	$KG = 801,38 RUL^3 + 155,04 RUL^2 + 2,01 RUL + 35,69$	$R^2 = 0,9529$

Die Beziehung zwischen dem Gewicht und dem am besten geeigneten Körpermaß, dem Brustumfang, ist in Abbildung 4.9 grafisch dargestellt. Der Zusammenhang zeigt sich in einer progressiv ansteigenden Kurve, die durch folgende Gleichung beschrieben werden kann:

$$KG = 8,338 \times 10^{-5} BU^3 + 3,325 \quad R^2 = 0,9676$$

**Abbildung 4.9**

Körpergewicht (KG) als Funktion des Brustumfanges (BU).

## 4.4 Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung

### 4.4.1 Einfluss des Geschlechtes auf Wachstum und Entwicklung

Die grafischen Darstellungen aller Körpermaße in Abhängigkeit vom Alter in Abbildung 4.1 bis 4.8 (siehe Kapitel 4.1 Wachstumskurven, Seite 42 bis 45) zeigen, dass die Datenpunkte männlicher und weiblicher Alpakas regelmäßig verteilt sind und keine geschlechtsspezifischen Unterschiede vorliegen. Die folgenden statistischen Auswertungen bestätigen dies.

Nach der schrittweisen Reduktion der Effekte, die auf die jeweilige Zielgröße Einfluss haben können (Model simplification by stepwise deletion), ergab sich in allen Fällen die folgende Form als einfachstes, adäquates Modell:

$$\text{Zielvariable} \sim \text{Alter}$$

Der Interaktionseffekt Alter-Geschlecht (alt:mw) sowie der Haupteffekt Geschlecht (mw) hatten keinen statistisch signifikanten beziehungsweise in ihrer Größenordnung keinen relevanten Einfluss auf die Zielvariablen. Es konnte also kein Unterschied in der Entwicklung zwischen Stuten und Hengsten bis zu einem Alter von 36 Monaten nachgewiesen werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Überprüfung zu Unterschieden zwischen männlichen und weiblichen Alpakas exemplarisch anhand des Körpergewichtes beschrieben. Die Ergebnisse der Berechnungen zu weiteren Körpermaßen befinden sich im Anhang (siehe Seite 122 bis 127).

#### 1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	14,015	0,804	0,000
<b>alt</b>	1,670	0,024	0,000
<b>mw</b>	-0,561	1,133	0,620
<b>alt:mw</b>	-0,008	0,032	0,803

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechts auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

**2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes (alt:mw)**

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	14,069	0,775	0,000
<b>alt</b>	1,665	0,016	0,000
<b>mw</b>	-0,665	1,054	0,528

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

**3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht (mw)**

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,736	0,565	2E-16
<b>alt</b>	1,665	0,016	2E-16

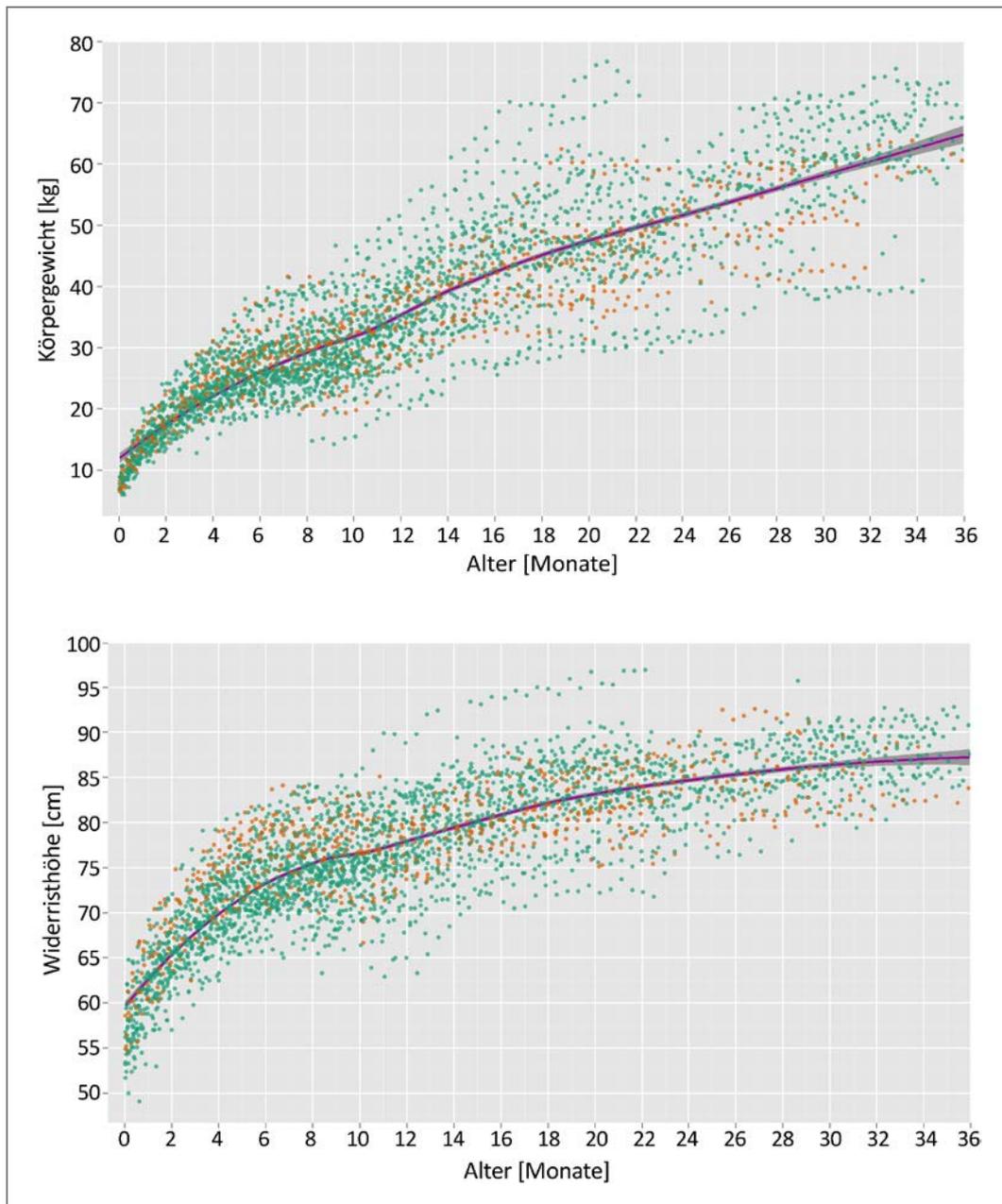
→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

**4.4.2 Einfluss des Geburtsmonates auf Wachstum und Entwicklung**

Die Geburtsgewichte von Crias der ersten und der zweiten Hälfte der Fohlensaison sind normal verteilt und weisen homogene Varianzen auf. Der t-Test zur Analyse des Körpergewichtes am ersten Lebenstag ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen ( $p = 0,921$ ). Im Mittel waren Fohlen, die zwischen dem 01.03. und dem 30.6. geboren wurden, 6,90 kg schwer. Fohlen, die zwischen 01.07. und 30.10. zur Welt gebracht wurden, wogen durchschnittlich 6,87 kg.

**4.4.3 Einfluss der Rassezugehörigkeit auf Wachstum und Entwicklung**

Dass keine der beiden Rassen schwerer oder größer ist, beziehungsweise schneller wächst als die andere Rasse, ist bei Betrachtung der in die Wachstumskurven eingetragenen Datenpunkte offensichtlich (siehe Abbildung 4.10). Dies trifft auf alle erfassten Körpermaße zu. Beispielhaft sind nachfolgend das Körpergewicht und die Widerristhöhe in Abhängigkeit vom Alter grafisch dargestellt.



**Abbildung 4.10**

*Mittlere Wachstumskurve des Körpergewichtes und der Widerristhöhe in Abhängigkeit vom Alter; die eingetragenen Datenpunkte stellen die Verteilung von Huacayas (grün) und Suris (orange) dar.*

Die statistischen Auswertungen zum Einfluss der Rassezugehörigkeit auf die Entwicklung von Alpakas ergaben, genauso wie bei der Überprüfung der Auswirkungen des Geschlechtes, dass in allen Fällen folgender Zusammenhang als einfachstes, adäquates Modell gilt:

$$\text{Zielvariable} \sim \text{Alter}$$

Somit ist auch hier der Einfluss, den der Interaktionseffekt Alter-Rasse (alt:hs) und der Haupteffekt Rasse (hs) auf die Zielvariable ausüben, statistisch nicht signifikant beziehungsweise in seiner Größenordnung nicht relevant. Alpakas in einem Alter von bis zu 36 Monaten, die der Rasse Huacaya angehören, wachsen und entwickeln sich also genauso wie Tiere, die der Rasse Suri zugeordnet werden.

Nachfolgend werden nur die Ergebnisse zu den Berechnungen für das Körpergewicht aufgeführt. Die Ergebnisse zu Auswertungen an weiteren Körpermaßen befinden sich im Anhang (siehe Seite 116 bis 121).

### 1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,653	0,633	0,000
<b>alt</b>	1,682	0,018	0,000
<b>hs</b>	0,436	1,408	0,757
<b>alt:hs</b>	-0,081	0,040	0,045

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

### 2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes (alt:hs)

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,862	0,626	0,000
<b>alt</b>	1,665	0,016	0,000
<b>hs</b>	-0,630	1,307	0,630

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

### 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse (hs)

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,736	0,565	2E-16
<b>alt</b>	1,665	0,016	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

#### 4.4.4 Einfluss der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung

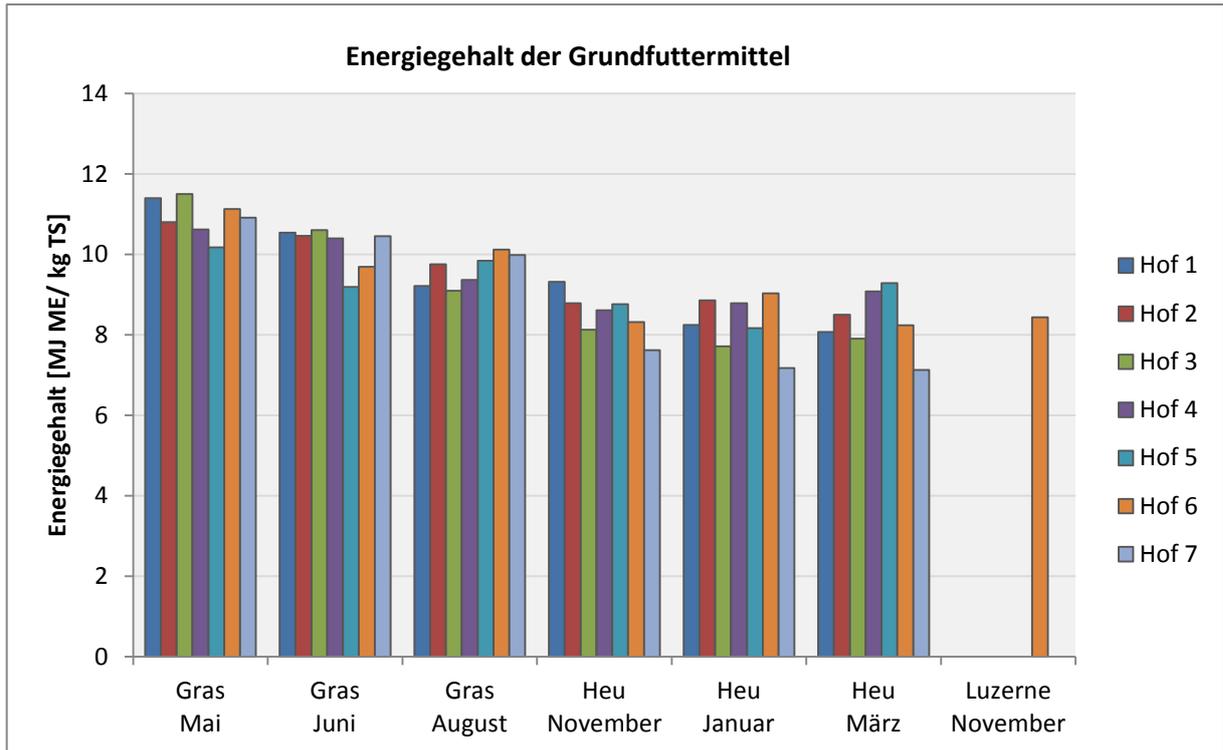
Zur Berücksichtigung des Einflusses der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung der untersuchten Tiere, wurde neben den Futtermittelanalysen die Art der Fütterung mit Hilfe eines detaillierten Fragebogens erfasst. Die Ergebnisse sind nachfolgend aufgeführt.

Die Futtergrundlage aller Tiere bilden Heu und Gras, was ganzjährig frei zur Verfügung steht. Auf Hof 4 und 7 erhalten die Alpakas regelmäßig Kraftfutter: wöchentlich ein Mal beziehungsweise auf Hof 7 täglich ein Mal und im Winter täglich zwei Mal. Auf Hof 3 bekommen die Tiere nur im Winter regelmäßig Kraftfutter. Fünf Züchter gaben an, nur an bestimmte Tiere Kraftfutter zu verabreichen: an tragende und laktierende Stuten, an Jungtiere und abgemagerte Alpakas. Betrieb 6 verzichtet ganz auf die Gabe von Kraftfutter, setzt dafür aber zusätzlich Luzerneheu ein. In drei weiteren Beständen werden zusätzlich Möhren, Rüben und Luzernepellets verfüttert. Fünf Züchter stellen ihren Tieren ad libitum Mineralstoffe in Pulverform zur Verfügung. In einem Bestand erhalten die Tiere Mineralstoffe als Leckstein. Ein Alpakahalter verabreicht Minerale zusammen mit dem Kraftfutter. Auf drei Höfen wird den Fohlen kurz nach der Geburt Selen in Form einer Injektion verabreicht. Das Präparat ist eine Kombination aus Selen und Vitamin E. Alle Züchter versorgen ihre Alpakas mit zusätzlichen Vitaminen (AD<sub>3</sub>E beziehungsweise AD<sub>3</sub>EC). Die Verabreichung erfolgte oral, über das Trinkwasser oder als Injektion. Die Angaben zur Häufigkeit der Anwendungen variieren sehr stark von „in unregelmäßigen Abständen“ bis „alle zwei Wochen in den Wintermonaten“. Vitaminpräparate wurden vor allem bei Jungtieren, in einigen Fällen auch in größeren Abständen bei adulten Alpakas, eingesetzt.

Die Ergebnisse der labortechnischen Analysen der Grundfuttermittel sind nachstehend zusammengefasst und grafisch dargestellt.

##### Metabolisierbare Energie

In Abbildung 4.11 ist erkennbar, dass Heu gegenüber Gras einen geringeren Energiegehalt aufweist. Dieser Unterschied beträgt durchschnittlich 1,9 MJ ME/kg TS. Auch die allgemeingültige Tatsache, dass Gras zu Beginn der Weidesaison mehr Energie enthält als im Herbst, lässt sich anhand des Diagrammes ablesen. Der durchschnittliche Gehalt an Metabolisierbarer Energie (ME) liegt bei im Rahmen dieser Arbeit analysiertem Frischgras bei 10,2 MJ / kg TS (Minimum 9,1 MJ / kg TS; Maximum 11,5 MJ/kg TS) und im Heu bei 8,3 MJ/kg TS (Minimum: 7,1 MJ/kg TS; Maximum: 9,3 MJ / kg TS). Unterschiede im Energiegehalt der Grundfuttermittel der einzelnen Höfe konnten festgestellt werden. Vor allem auf Hof 7 wurde Heu verfüttert, das zu jedem Zeitpunkt weniger Energie enthielt als der Durchschnitt aller Proben. Weitere Tendenzen in der Weide- oder Heufütterungssaison sind nicht eindeutig erkennbar.



**Abbildung 4.11**

Energiegehalt der Grundfuttermittel [MJ ME/ kg TS] auf jedem Hof.

### Rohprotein

Die grafische Darstellung des Rohproteingehaltes der Grundfuttermittel (Abbildung 4.12) zeigt, dass Heu in fast allen Fällen weniger Rohprotein enthält als Frischgras. Der durchschnittliche Anteil an Rohprotein im Gras beträgt 17,0% der Trockensubstanz (Minimum: 6,6% der Trockensubstanz, Maximum: 26,3% der Trockensubstanz), wobei eine deutliche Abnahme des Gehaltes im Laufe der Weidesaison zu erkennen ist. Auffällig ist, dass nur auf Hof 2 und 5 der erste gemessene Wert im Mai deutlich unter dem Durchschnittswert dieses Monats liegt, während in allen anderen Beständen ein Wert von 21,0 bis 26,3% der Trockensubstanz ermittelt werden konnte. Auch im Juni weist das Grünfutter auf Hof 5 mit 6,6% der Trockensubstanz einen sehr geringen Rohproteingehalt auf. Deutlich höhere Werte im Vergleich zu Proben, die im selben Monat in anderen Beständen genommen wurden, zeigen sich im Mai auf Hof 3, im Juni auf Hof 3 und 7 und im August auf Hof 6 und 7.

Die Rohproteingehalte im Heu unterscheiden sich nicht so stark wie die im Gras. Durchschnittlich enthält das Heu 9,6% der Trockensubstanz Rohprotein (Minimum 6,9% der TS, Maximum 13,4% der TS). Der Gehalt an Rohprotein in dem Luzerneheu, das Züchter 6 verfüttert, entspricht mit 16,9% der Trockensubstanz nahezu dem Durchschnittsgehalt im Gras.

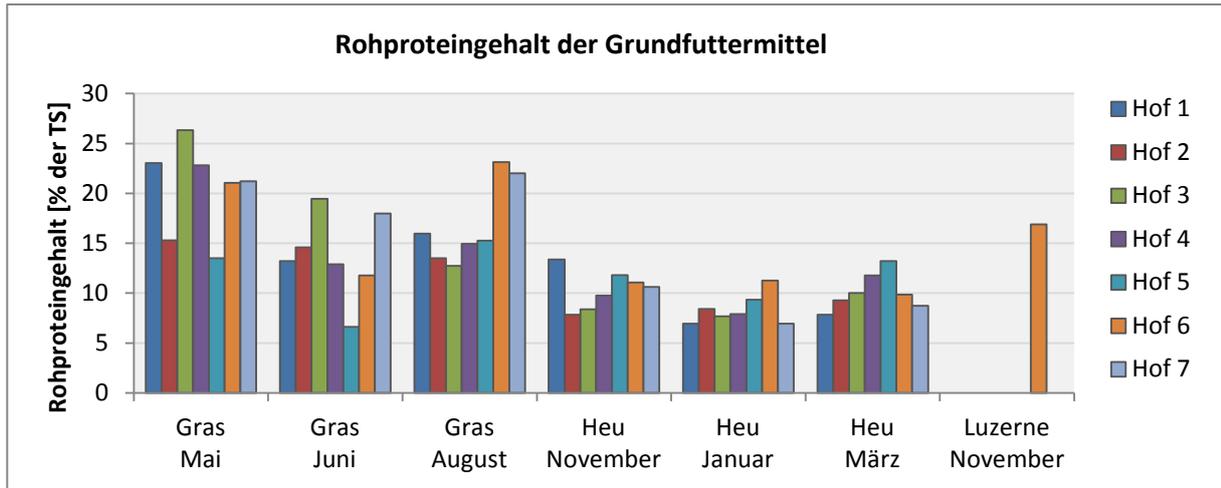


Abbildung 4.12

Rohproteingehalt der Grundfuttermittel [% der TS] auf jedem Hof.

### Rohfaser

Der Rohfasergehalt im Weidegras variiert, wenn man die Werte aller Höfe betrachtet, zwischen 17,6 und 34,0% der Trockensubstanz. In Bestand 5 konnten im Vergleich zu den anderen Züchtern durchgehend deutlich höhere Rohfaserwerte gemessen werden. Der im Juni im Weidegras dieses Züchters ermittelte Wert überstieg selbst die Rohfasergehalte des Heus, das den Tieren im Winter zu fressen gegeben wurde. Die Züchter von Hof 3 und vor allem von Hof 7 verfütterten während der gesamten Wintersaison Heu mit einem überdurchschnittlich hohen Rohfasergehalt. Im Mittel wurden bei allen Höfen im Heu 31,8% der Trockensubstanz Rohfaser gemessen (Minimum 26,5% der TS, Maximum 38,78% der TS). Im Luzerneheu konnte mit 38,0% ein höherer Rohfasergehalt als im Heu dieses Bestandes ermittelt werden.

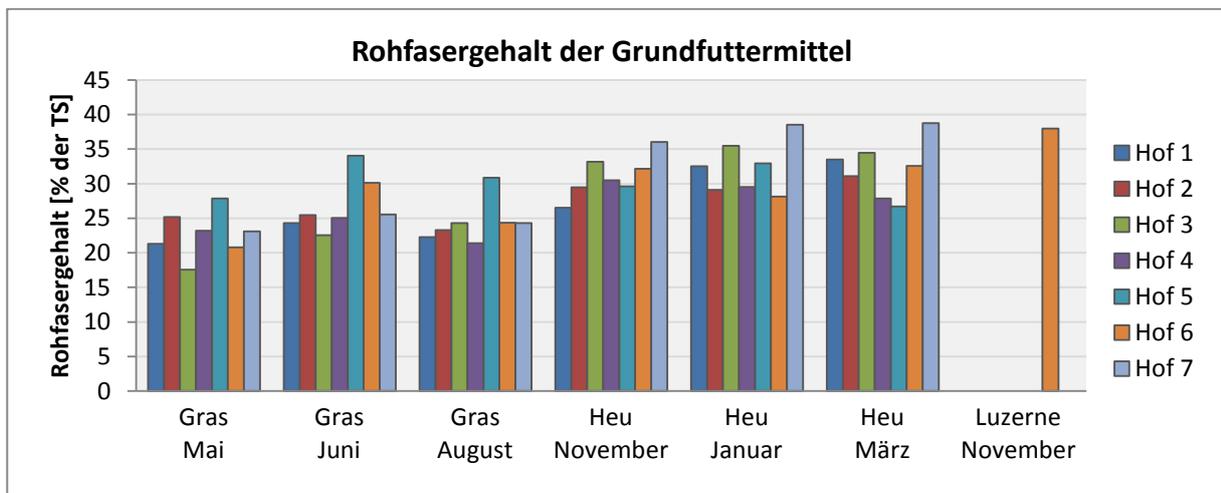
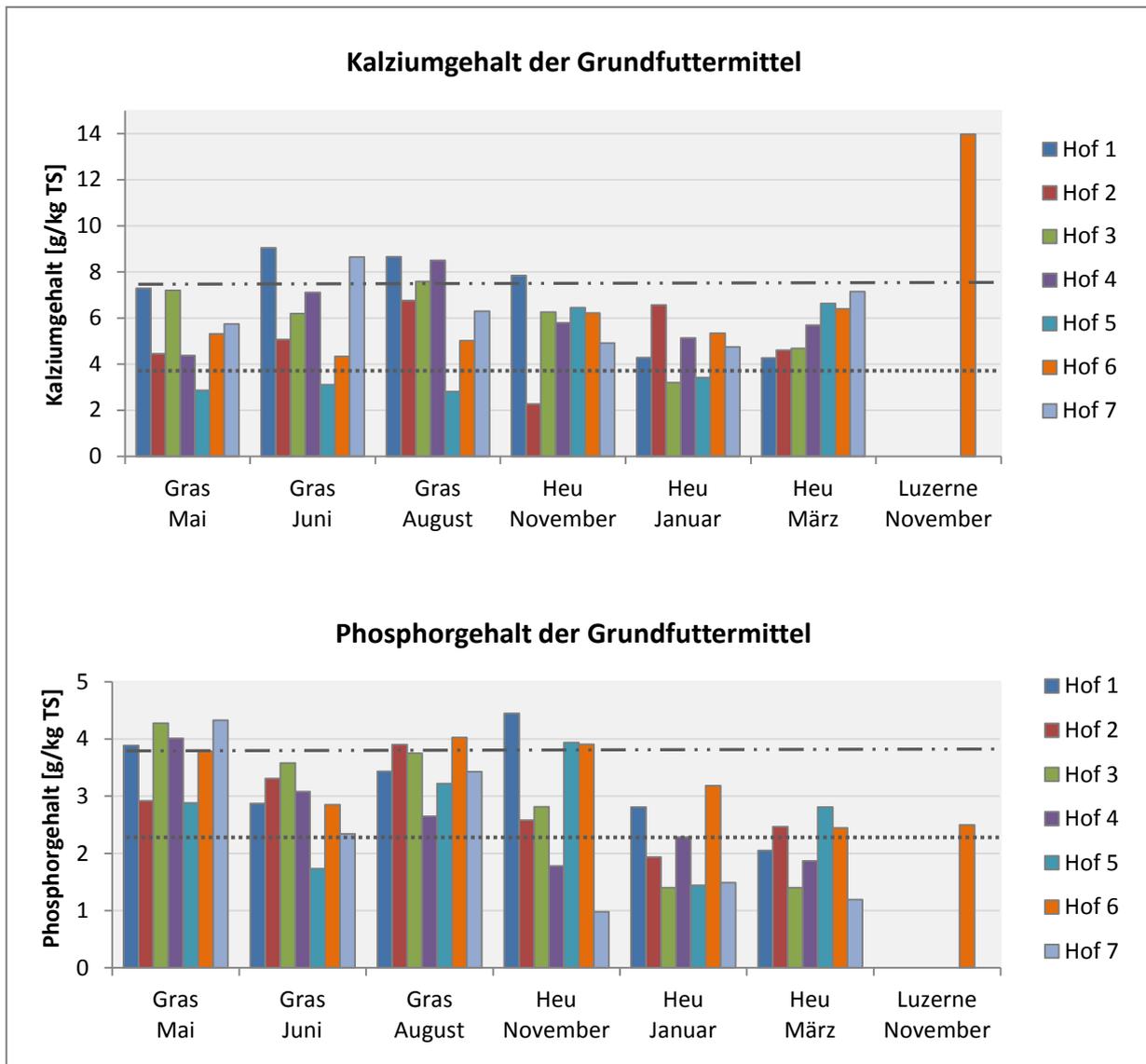


Abbildung 4.13

Rohfasergehalt der Grundfuttermittel [% der TS] auf jedem Hof.

Mineralstoffe

Die Ergebnisse der Analysen der Grundfuttermittel auf verschiedene Mengen- und Spurenelemente sind nachfolgend in Abbildung 4.14 bis 4.16 dargestellt. Unterschiede im Mineralstoffgehalt der Gras- und Heuproben werden beim Vergleich der einzelnen Höfe erkennbar. Extremwerte sind vor allem bei Natrium im Heu auf Hof 7 (November) und bei Kalium im Gras auf Hof 5 (Juni) ersichtlich.



**Abbildung 4.14**

Kalzium- und Phosphorgehalt [g/kg TS] im Gras und Heu auf jedem Hof, sowie zur Bedarfsdeckung notwendiger Gehalt bei einer angenommenen maximalen Trockensubstanzaufnahme von 2% des Körpergewichtes ( - - - - - Bedarfswert 12-36 Monate alter Alpakas, - · - - - Bedarfswert unter 12 Monate alter Alpakas).

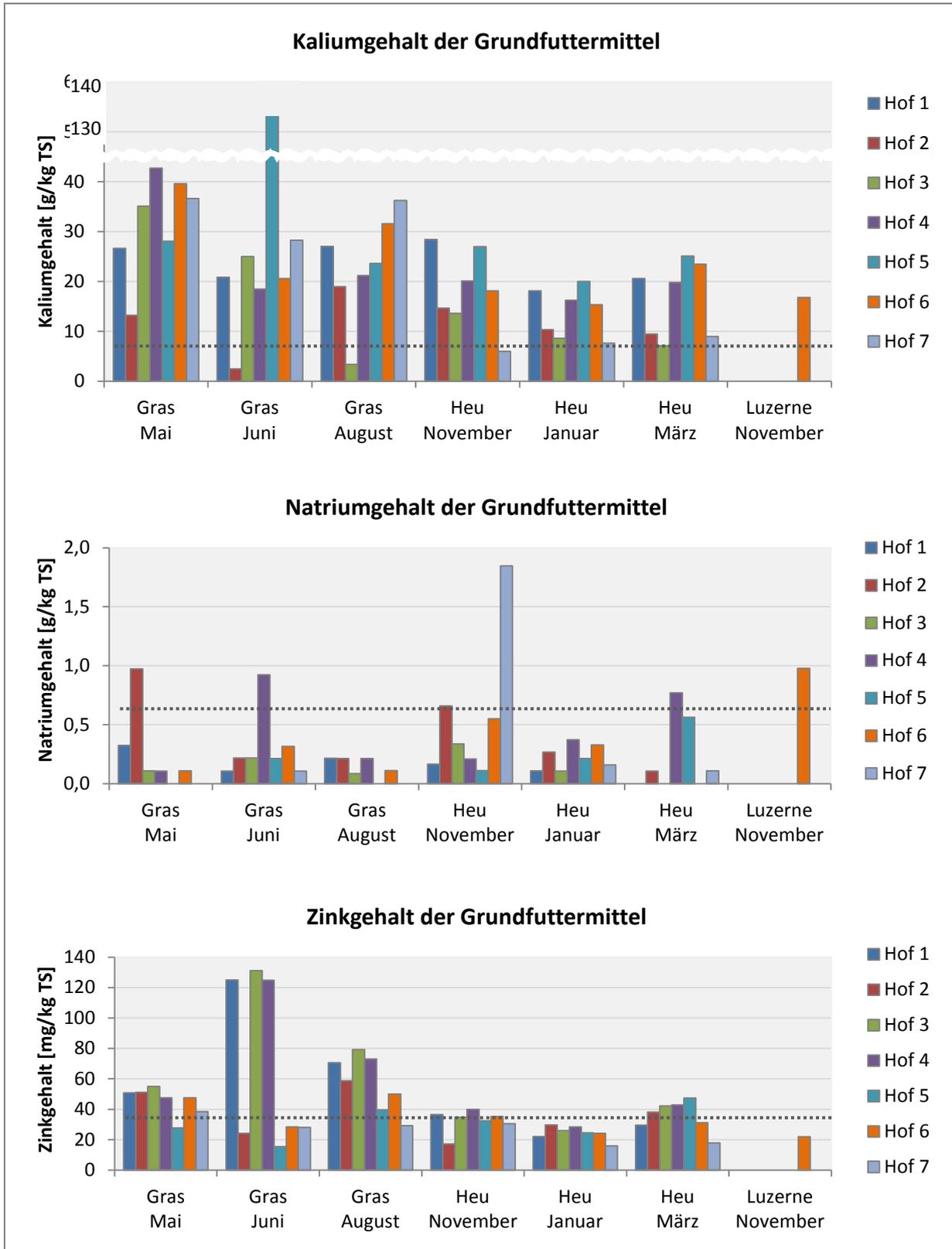


Abbildung 4.15

Kalium- [g/kg TS], Natrium- [g/kg TS] und Zinkgehalt [mg/kg TS] im Gras und Heu auf jedem Hof, sowie zur Bedarfsdeckung notwendiger Gehalt ( ..... ) bei einer angenommenen maximalen Trockensubstanzaufnahme von 2% des Körpergewichtes.

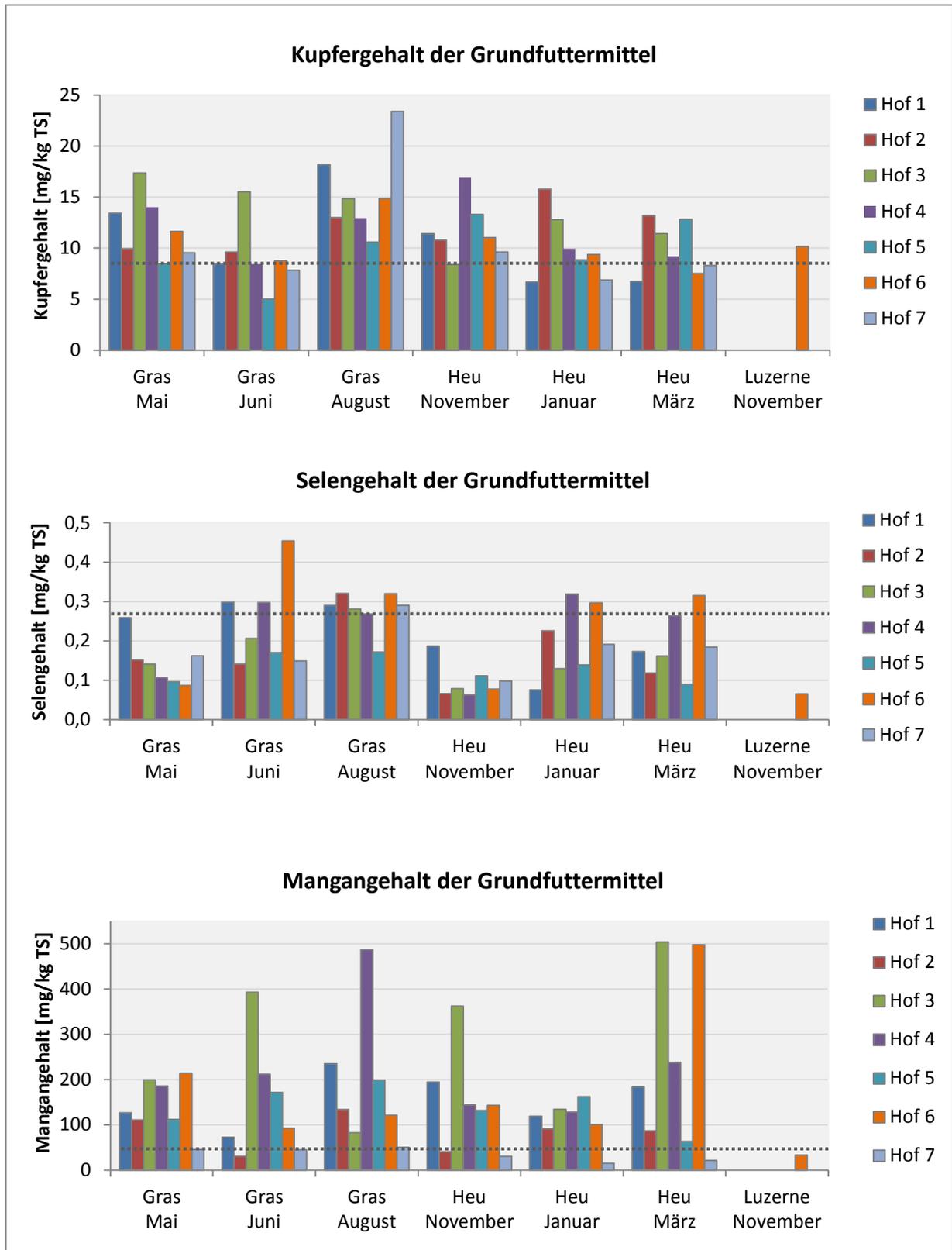


Abbildung 4.16

Kupfer-, Selen- und Mangangehalt [mg/kg TS] im Gras und Heu auf jedem Hof, sowie zur Bedarfsdeckung notwendiger Gehalt (-----) bei einer angenommenen maximalen Trockensubstanzaufnahme von 2% des Körpergewichtes.

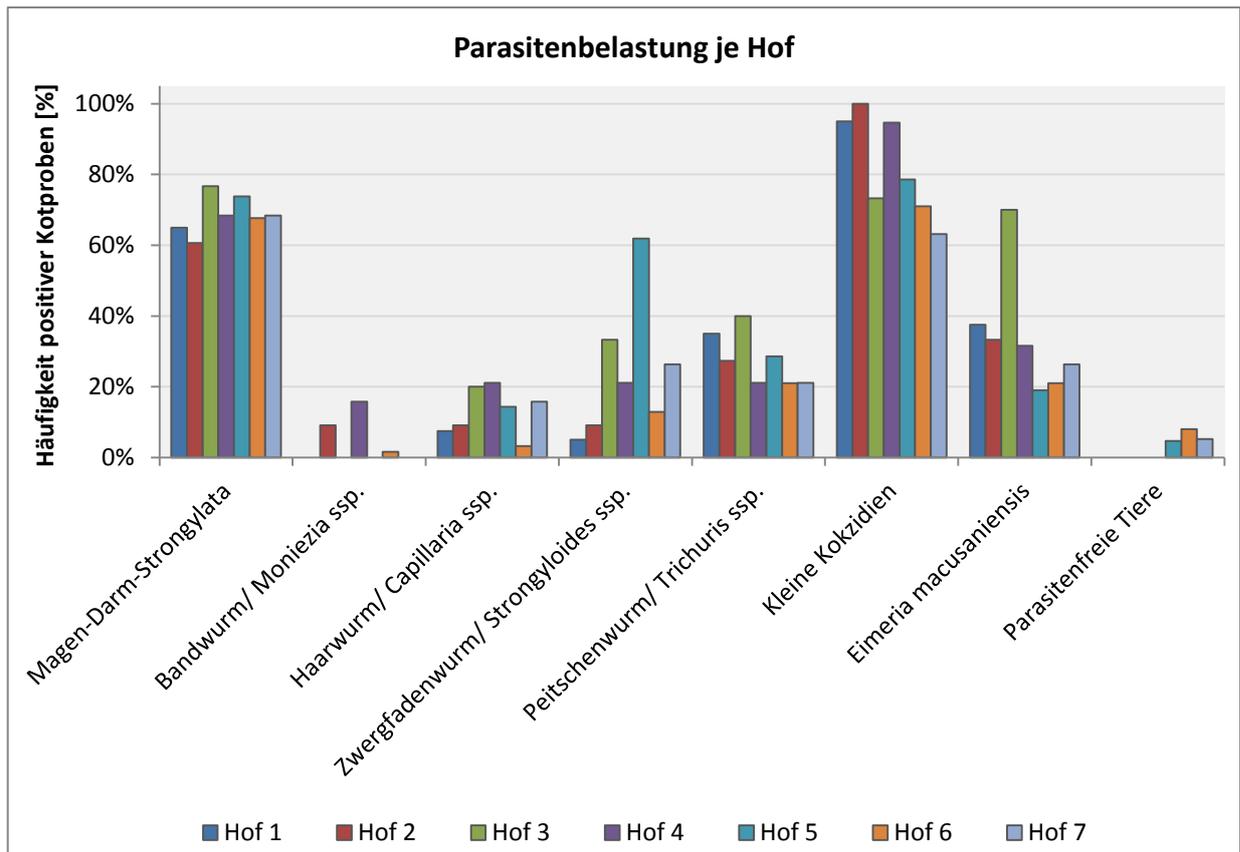
#### 4.4.5 Einfluss des Parasitenstatus der Herde auf Wachstum und Entwicklung

Nach der Analyse aller 245 Kotproben mit einem kombinierten Zentrifugations-Flotations-Verfahren konnten folgende Endoparasiten beziehungsweise Parasitengruppen nachgewiesen werden:

- Magen-Darm-Strongyliden
- Bandwürmer/*Moniezia* ssp.
- Haarwürmer/*Capillaria* ssp.
- Zwergfadenwurm/*Strongyloides* ssp.
- Peitschenwurm/*Trichuris* ssp.
- Kleine Kokzidien (*Eimeria alpaca*, *Eimeria lamae*, *Eimeria punoensis*)
- *Eimeria macusaniensis*

Das Auswanderverfahren nach Baermann-Wetzel wurde nur bei einer Kotprobe angewendet, da bei diesem Alpaka aufgrund von respiratorischen Symptomen ein Befall mit Lungenwürmern (*Dictyocaulus viviparus*) vermutet wurde. Das Ergebnis der Kotprobenuntersuchung dieses Jährlings war negativ.

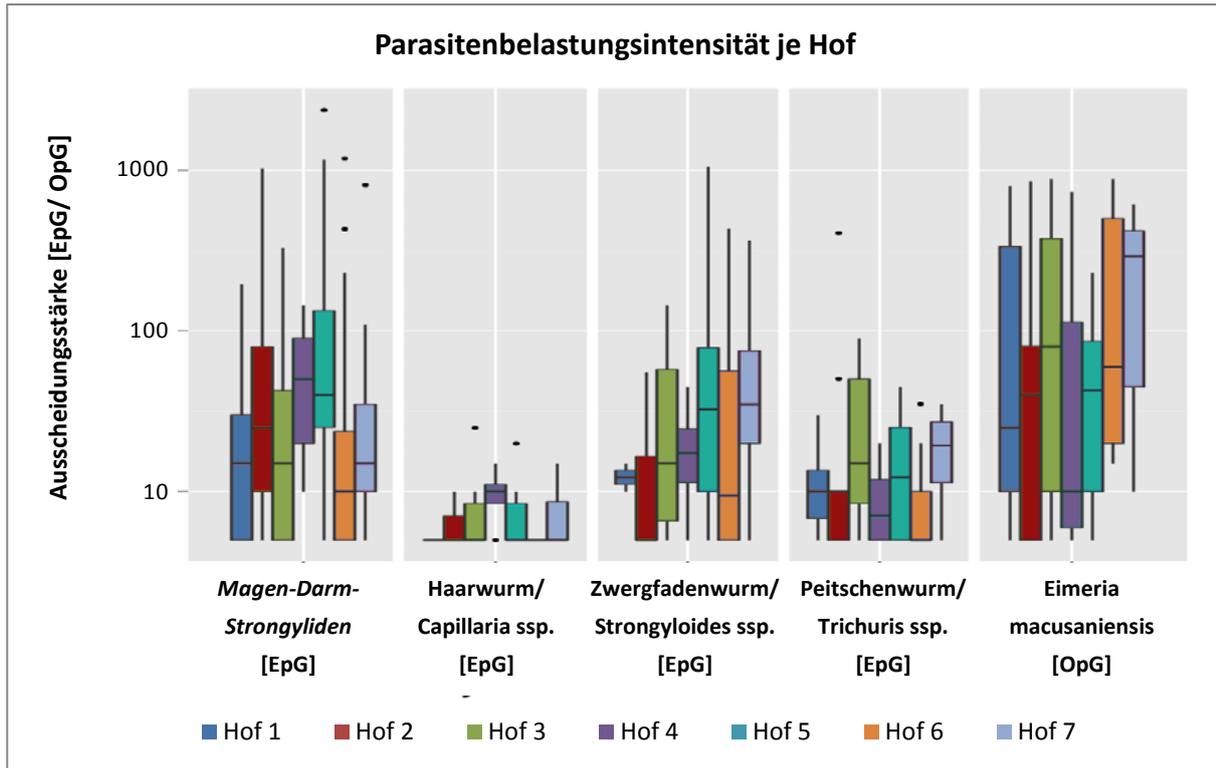
Abbildung 4.17 zeigt die Häufigkeit positiver Kotproben in Prozent für jede oben genannte Parasitenart beziehungsweise -gruppe auf allen sieben Höfen. Es ist erkennbar, dass Magen-Darm-Strongyliden und Kleine Kokzidien auf jedem Hof die dominierenden Endoparasiten darstellen. Betrachtet man die Kleinen Kokzidien genauer, so wird erkennbar, dass auf Hof 2 im Kot aller in diesem Bestand beprobten Alpakas Kleine Kokzidien nachweisbar waren. Auch in Bestand 1 und 3 konnten diese Eimerien in überdurchschnittlich vielen Proben gefunden werden. Auf Hof 5 konnte mit 62% positiven Proben im Vergleich zu anderen Züchtern auffallend häufig ein Befall mit *Strongyloides* ssp. nachgewiesen werden. Derselbe Sachverhalt trifft für Hof 3 bei *Eimeria macusaniensis* mit 70% positiven Proben zu. Bandwürmer konnten nur in drei der sieben Betriebe diagnostiziert werden. In ebenfalls drei Beständen wurden einzelne Kotproben als parasitenfrei befundet.



**Abbildung 4.17**

*Häufigkeit positiver Kotproben je Parasitenart und Hof.*

Um das Vorkommen von Magen-Darm-Parasiten auf den einzelnen Höfen genauer beurteilen zu können, muss auch die Ausscheidungsintensität berücksichtigt werden. Eine quantitative Beurteilung erfolgt durch Angabe der Anzahl von Eiern oder Oozysten pro Gramm Kot (siehe Abbildung 4.18). Vergleicht man die Grafik 4.21 mit der vorhergehenden Abbildung, so fällt auf, dass Magen-Darm-Strongylata und Kokzidien nicht nur häufig in den Kotproben nachgewiesen wurden, sondern dass diese beiden Parasitengruppen auch die stärksten Ausscheidungsintensitäten aufweisen. *Capillaria* spp. konnten auf allen Höfen in nur 3 bis 21% der Proben nachgewiesen werden. Die Ausscheidung von Eiern des Haarwurmes war im Vergleich zu anderen Parasiten mit durchschnittlich 10 oder weniger Eiern pro Gramm Kot gering. Im Vergleich zu allen anderen Beständen, war die Ausscheidungsintensität von *Strongyloides* spp. bei den Tieren des Züchters 1 sehr gering. Die Alpakas von Hof 5, die auffallend häufig positive Proben für *Strongyloides* aufwiesen, zeigten auch eine hohe Ausscheidungsintensität der Eier des Zwergfadenwurmes. Anders ist dies im Bestand 3 für *Eimeria macusaniensis*. Diese Kokzidienart konnte im Vergleich zu anderen Züchtern in sehr vielen Proben nachgewiesen werden. Dieses Extrem zeigt sich jedoch nicht in der Ausscheidungsintensität. Eier von *Trichuris* spp. wurden vor allem in den Beständen 3, 5 und 7 vermehrt ausgeschieden.

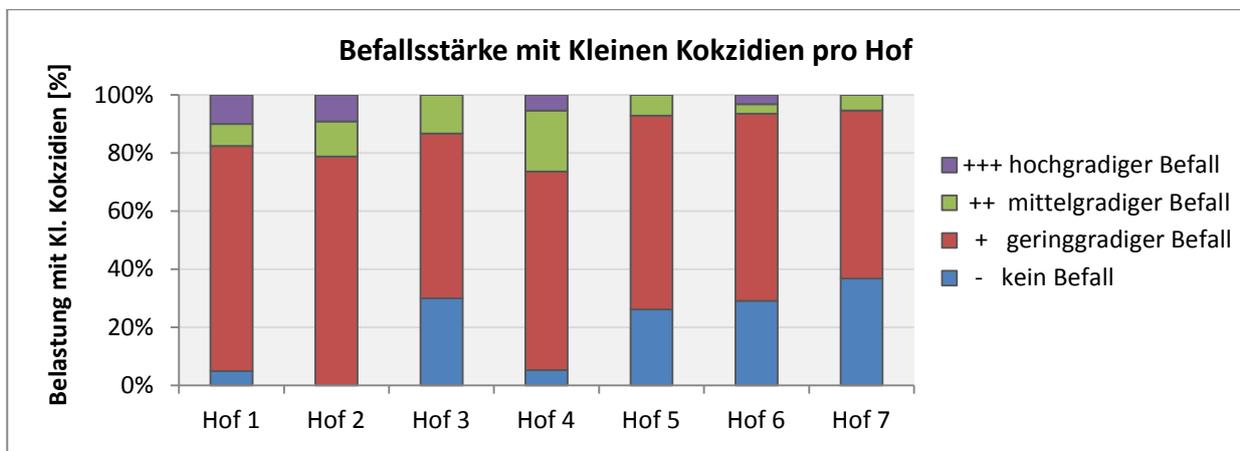


**Abbildung 4.18**

Ausscheidungsintensität von Parasitenstadien je Parasitenart auf den einzelnen Höfen (in Eier pro Gramm Kot/ EpG beziehungsweise Oozysten pro Gramm Kot/ OpG) unter Angabe der Standardabweichung.

Das Vorkommen von Moniezia ssp. wurde nur semiquantitativ beurteilt.

Da die quantitative Auswertung des Vorkommens Kleiner Kokzidien sehr aufwendig und unüblich ist, erfolgte auch hier eine semiquantitative Einteilung in ‚kein Befall‘, ‚geringgradiger Befall‘, ‚mittelgradiger Befall‘ und ‚hochgradiger Befall‘ (siehe Abbildung 4.19).



**Abbildung 4.19**

Befallsstärke mit Kleinen Kokzidien pro Hof.

Wie bereits erwähnt, waren auf Hof 2 alle der untersuchten Kotproben positiv für Kleine Kokzidien. Im Bestand 3, 5 und 7 zeigten die beprobten Alpakas den geringsten Befall mit Kleinen Kokzidien. Keines der Tiere wies in diesen Beständen einen hochgradigen Befall auf. Bei den Alpakas von Hof 1 und 2 konnte in 10 beziehungsweise 9% der Proben ein hochgradiger Befall festgestellt werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer Studien wurden in Tabelle 4.2 die Resultate der parasitologischen Untersuchungen dieser Arbeit für alle Höfe zusammengefasst. So kann eine Aussage zum generellen Vorkommen und der Häufigkeit verschiedener, für Neuweltkameliden typischer Parasiten im ostdeutschen Raum gemacht werden.

**Tabelle 4.2**

*Anzahl und Prozentsatz positiver Proben für die einzelnen Parasitenarten sowie parasitenfreier Proben aller Höfe zusammengefasst (n=245).*

<b>Parasitenart</b>	<b>Anzahl positiver Proben</b>	<b>Prozent positiver Proben</b>
<b>Magen-Darm-Strongylata</b>	168	68,6%
<b>Bandwurm/ Moniezia ssp.</b>	7	2,9%
<b>Haarwurm/ Capillaria ssp.</b>	27	11,0%
<b>Zwergfadenwurm/ Strongyloides ssp.</b>	58	23,7%
<b>Peitschenwurm/ Trichuris ssp.</b>	68	27,8%
<b>Kleine Kokzidien</b>	200	81,6%
<b>Eimeria macusaniensis</b>	79	32,2%
<b>Parasitenfreie Proben</b>	8	3,3%

Alle sieben Züchter entwurmen ihre Alpakas in unterschiedlichen Abständen. Zwei tun dies vierteljährlich (Hof 6 und 7), drei halbjährlich (Hof 1, 2 und 3) und zwei jährlich im Herbst beziehungsweise im Frühjahr (Hof 4 und 5). In zwei Betrieben werden stichprobenartig Kotproben zur Erhebung des Parasitenstatus in ein Labor eingeschickt.

## 5 Diskussion

### 5.1 Tiere, Material und Methoden

#### 5.1.1 Tiere

Die Messdatenerhebung erfolgte an lebenden Tieren, sodass stets die Möglichkeit der Entstehung von tierabhängigen, aber auch umweltbedingten Messungenauigkeiten bestand. Die Alpakas, die in dieser Arbeit vermessen wurden, werden auf sieben verschiedenen Höfen, deren genaue Lokalisation zur Wahrung der Anonymität der Züchter nicht beschrieben werden kann, gehalten. Die Tiere sind damit unterschiedlichen Haltungs- und Umweltbedingungen ausgesetzt und eine Studiendurchführung unter standardisierten Bedingungen war nur teilweise möglich. Im Bestreben, die Bedingungen bei den verschiedenen Züchtern gleich zu gestalten, wurde ein möglichst ebener, fester, nicht abschüssiger Untergrund für die Messarbeiten gewählt. So wurden verfälschende Einflüsse auf die Daten bei den verschiedenen Züchtern, aber auch bei wiederholten Messungen auf demselben Hof gering gehalten. Informationen zu Haltung und Fütterung konnten mittels eines Fragebogens, sowie Beprobungen von Weidegras und Heu erfasst und berücksichtigt werden. Unterschiede in der Parasitenlast in den Herden wurden durch möglichst viele Kotuntersuchungen dokumentiert und konnten so in die Auswertungen einbezogen werden.

Alle in dieser Arbeit vermessenen Alpakas leben auf Höfen im ostdeutschen Raum. Die Betriebe befinden sich in Regionen, die unterschiedliche Boden- und Witterungsbedingungen aufweisen, wodurch auch die Weidebeschaffenheit anders geartet ist. Die geografische Lage der Zuchtbestände variiert zwischen Mittelgebirge (bis 450 m ü. NHN) und Tiefland (circa 120 m ü. NHN). Die in diese Studie einbezogenen Alpakas waren also unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt. Nur absolut identische äußere Einflüsse würden auch einen Vergleich der Tiere verschiedener Höfe untereinander zulassen. Es ist jedoch unrealistisch solche Bedingungen im Rahmen einer Feldstudie zu schaffen. Der Vorteil dieser uneinheitlichen Umweltfaktoren ist, dass somit eine große Bandbreite möglicher Einflüsse einbezogen werden konnte und die Daten nicht nur das Wachstum einer Versuchstiergruppe widerspiegeln.

Ein weiterer kritisch zu betrachtender Punkt ist die variierende Größe der Tiergruppen auf den einzelnen Höfen. Im kleinsten Bestand wurden 10, im größten Bestand wurden 49 Jungtiere vermessen. Da Alpakas in Deutschland erst seit zehn bis fünfzehn Jahren gewerblich gehalten und

gezüchtet werden, gibt es bisher nur wenige Halter, die größere Herden besitzen. Des Weiteren ist die landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland oft ein limitierender Faktor für die Herdengröße, sodass man nicht, ähnlich wie in Peru, Chile, Neuseeland und Australien, Herden mit hunderten Alpakas findet. Die Auswahl der Höfe fiel auf größere und logistisch gut erreichbare Zuchtstätten, in denen möglichst viele wachsende Jungtiere für die Messungen zur Verfügung standen. Um eine hohe Gesamttieranzahl zu erreichen, spielte die Gruppengröße der zu vermessenden Tiere pro Farm eine untergeordnete Rolle.

### 5.1.2 Methoden der Datenerhebung

Daten mit möglichst wenigen Messfehlern zu erheben, ist ein Ziel bei der Durchführung jeder Studie. Dennoch wird man fast nie die Entstehung von Messfehlern verhindern können. RÖSCHKE teilte 1974 solche Fehler in tier-, geräte-, und personenbedingte Abweichungen ein.

Ein unterschiedlicher Füllungszustand des Magen-Darm-Traktes und der Harnblase sowie eine individuell unterschiedliche Verweildauer der Ingesta im Verdauungstrakt sind laut RÖSCHKE (1974) ursächlich für tierbedingte Messfehler im Körpergewicht. Die Entstehung solcher Fehler konnte auch in dieser Arbeit nicht ausgeschlossen werden. Mit Vermessungen zu möglichst immer der gleichen Tageszeit konnten Schwankungen minimiert werden. Ein weiterer tierbedingter Messfehler entsteht durch die Körperhaltung der Tiere. Bereits KIESLING (1995) beschrieb in seiner Studie, dass die Lamas nicht bei jeder Vermessung dieselbe stolze Haltung einnehmen und schon leichte Unebenheiten des Untergrundes Abweichungen der Maße bewirken. Weitere Faktoren, die auch Schwankungen bei der Messung des Körpergewichtes verursachen, werden nachfolgend diskutiert. So hat zum Beispiel der Feuchtigkeitsgrad des Vlieses Einfluss auf das Körpergewicht und individuelle Schwankungen in der Wachstumskurve lassen sich unter anderem auch damit erklären. Da die meisten Züchter jedoch ihren Stutenherden mit den Jungtieren bei schlechter Witterung keinen Weidegang ermöglichen, wurden nur selten Tiere mit nassem Vlies zum Vermessen vorgestellt. Auch die Schur hat entscheidende Auswirkungen auf die Entwicklung des Körpergewichtes. Eine plötzliche Gewichtsabnahme ist nach der Schur in der Wachstumskurve erkennbar. Ein anschließend stärkeres Wachstum aufgrund der vermehrten Sonneneinstrahlung auf die Haut, und einer damit verbundenen höheren Vitamin D-Produktion, ist denkbar. Der direkte Zusammenhang zwischen der Schur eines Alpakas und dem Wachstum wurde nach Kenntnis der Autorin bisher jedoch noch nicht näher untersucht. Weiterhin bedeutet das Absetzen für die Jungtiere sehr viel Stress, der zum Teil mit einer vorübergehenden Abnahme des Körpergewichtes einhergehen kann. Wie groß der Einfluss des Absetzens tatsächlich ist, lies sich im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht ermitteln. Es ist aber davon auszugehen, dass es große interindividuelle Unterschiede gibt, da die Fohlen unterschiedlich auf die

Trennung von der Stute reagieren. Des Weiteren setzt nicht jeder Züchter alle Crias aktiv von der Mutter ab, sodass nicht alle Tiere in dieser Arbeit gleich beurteilt werden können.

Die Vermessungen wurden immer von derselben Person ausgeführt, um untersucherbedingte Messfehler in den Körpermaßen möglichst gering zu halten. Systemische Fehler, die durch unrichtige, aber genaue Messungen entstehen, können auch bei Ausführung der Messungen von einer Person nicht ausgeschlossen werden. Sie sind zudem nicht in den Daten erkennbar, da sie sich kontinuierlich durch alle Vermessungen hindurch ergeben. Sie sind somit auch nicht nachträglich eliminierbar. Um gerätebedingte Messfehler gering zu halten, wurden die Messschieber regelmäßig zwischen den Messungen gereinigt und auf ihre Genauigkeit überprüft. Nach der Entwicklung und dem Bau wurden die Geräte vor ihrem ersten Einsatz in der Studie an zunächst 21 Alpakas ausführlich getestet. Des Weiteren konnten alle Körpermaße in den Vorversuchen auf ihre praktische Erfassbarkeit geprüft werden. Die Parameter wurden durch anatomisch beschriebene, äußerlich gut tastbare Knochenpunkte definiert, sodass eine objektive Datenerhebung erfolgen konnte. Eine Standardisierung und gute Wiederholbarkeit der Vermessungen wurde so ermöglicht. Der Body-Condition-Score ist der einzige subjektiv erfasste Parameter.

Ebenfalls in Vorversuchen wurde geprüft, ob durch mehrmalige Messung desselben Parameters an einem Tier die Genauigkeit gesteigert werden kann. Durch dreimalige Messung der sieben Körpermaße bei Alpakas eines Hofes konnte gezeigt werden, dass die drei Einzelwerte nur in 8,8% der Fälle (bei 13 von 147 Messungen) eine größere Differenz als 5% des durchschnittlichen Messwertes aufwiesen. Abweichungen innerhalb der drei Einzelwerte waren dabei vor allem bei Tieren zu erkennen, die sich während der Messung häufig bewegten oder unkooperativ waren. Aufgrund dieser Ergebnisse und aus Gründen der Praktikabilität erfolgte die Entscheidung gegen Messwiederholungen.

Die Durchführung der Untersuchungen im Sinne einer Longitudinalstudie, bei der jedes Alpaka in regelmäßigen Abständen vermessen wurde, ermöglichte die Erhebung sehr vieler Daten von Tieren unterschiedlichen Alters. Der zweiwöchige Abstand der Vermessungen und die Dauer der Studie von einem Jahr wurden so gewählt, dass eine zuverlässige Charakterisierung von Wachstumsverläufen und -dynamiken erfolgen kann. Für bestimmte Auswertungsverfahren ist von Nachteil, dass bei der longitudinalen Methode mehrere Messwerte von demselben Tier stammen und damit nicht vollständig unabhängig sind. Eine Möglichkeit zur Umgehung der Nachteile der longitudinalen Methode, ist die Durchführung einer Transversalstudie, bei der die Daten durch Vermessungen am lebenden Tier, am Knochenpräparat oder mittels bildgebender Verfahren erfasst werden. Eine Querschnittuntersuchung lebender Alpakas hätte zu einer geringeren Datenanzahl geführt und eine Analyse individueller Verläufe wäre nicht möglich gewesen. Eine Vermessung von Knochenpräparaten wäre sehr präzise. Jedoch hätte ebenfalls nur eine sehr geringe Anzahl von Datensätzen, aus Ermangelung von Präparaten, erhoben werden können. Auch die Nutzung bildgebender Verfahren ermöglicht eine hohe

Messgenauigkeit. Dieser Vorteil wiegt jedoch nachteilige Aspekte des Tier- und Strahlenschutzes, sowie den hohen finanziellen und apparativen Aufwand nicht auf.

RÖSCHKE gab 1974 Empfehlungen zur Beurteilung von Kontroll- und Messverfahren. Vor Beginn einer Studie sollte das zur Erhebung der Messwerte angewandte Verfahren auf seine Richtigkeit, im Hinblick auf die Auswahl der zu testenden Merkmale, sowie auf seine Genauigkeit und Zuverlässigkeit geprüft werden. Dies erfolgte in dieser Arbeit in den bereits beschriebenen Vorversuchen. Weiterhin muss auch der ökonomische Aufwand und, in Relation dazu, der Informationsgewinn berücksichtigt werden. Unter Einbezug all dieser Kriterien ist die longitudinale Vermessung der Alpakas in dieser Arbeit die Methode der Wahl. Verfahren zur Umgehung der Abhängigkeit der Parameter, die durch mehrmalige Vermessungen der selben Alpakas entsteht, werden später unter dem Punkt mathematische und statistische Auswertungen beschrieben.

Den Faktoren, die auf das Wachstum einwirken können, kommt in dieser Studie große Bedeutung zu. Im Rahmen dieser Arbeit wurde unter anderem die Fütterung berücksichtigt. Durch Beprobung des Weidegrases in verschiedenen Vegetationsstadien und Auswahl von Flächen, auf denen die Herde zum Zeitpunkt der Probenentnahme hauptsächlich weidete, konnte ein repräsentativer Überblick zur Qualität der Grünflächen des jeweiligen Züchters erstellt werden. Dennoch konnten Einflüsse wie zum Beispiel die Bodenbeschaffenheit, Niederschlagsmengen, Düngung und das Beweidungsmanagement nicht näher betrachtet werden. Auch in Bezug auf die Heuproben kann keine Aussage über den Erntezeitpunkt, die Erntequalität und die Lagerung getroffen werden. Es wurde ebenfalls die Charge beprobt, die jeweils zum Zeitpunkt der Probenahme verfütterte wurde. Mittels der angewendeten Analyseverfahren konnte ein sehr großer Teil der Inhaltsstoffe des Grundfutters ermittelt werden und so eine gute Beurteilung der Futtermittel erfolgen. Die Informationen zu den Mineral- und Kraftfuttermitteln beschränken sich auf die Herstellerangaben. Aussagen zu den vom Einzeltier aufgenommen Mengen konnten nicht getroffen werden. Weitere Zusatzfuttermittel und Vitamingaben wurden mit Hilfe der Fragebögen, die von jedem Züchter ausgefüllt wurden, erfasst und berücksichtigt.

Die Belastung mit Endoparasiten, die einen weiteren das Wachstum beeinflussenden Faktor darstellt, konnte in diese Arbeit mit einbezogen werden. Nicht jedes Einzeltier, das in die Vermessungen dieser Studie aufgenommen wurde, konnte regelmäßig beprobt werden. Die stichprobenartigen Untersuchungen von 35 bis 89% der Herde einmal im Quartal ermöglichten jedoch die Beurteilung der Parasitenbelastung bei einem Großteil der Herde. Ein Befall mit Lungenwürmern und Leberegeln konnte mit der angewendeten Methode nicht routinemäßig ermittelt werden. Analysen auf diese Parasitenarten, die bei Neuweltkameliden im ostdeutschen Raum eine eher untergeordnete Rolle spielen, erfolgten nur bei Verdacht. Wie bereits erwähnt, überprüften CEBRA und STANG 2008 verschiedene Verfahren zur Analyse von Kotproben auf ihre Tauglichkeit im Hinblick auf die

Detektion einzelner Parasitenarten und auf die Eignung zur Ermittlung der tatsächlich vorhandenen Konzentration der Parasitenstadien. Den Schlussfolgerungen von CEBRA und STANG (2008) zufolge ist das hier angewendete kombinierte Zentrifugations-Flotations-Verfahren sehr gut zur Erfassung von Magen-Darm-Würmern und Kokzidien bei Neuweltkameliden geeignet.

### 5.1.3 Mathematische und statistische Auswertungen

Die Nutzung der nicht parametrischen Regression LOESS (locally weighted scatterplot smoothing; siehe Seite 38) zur Erstellung der Wachstumskurven ermöglicht durch die lokalen Regressionen eine flexible Anpassung der Funktion an die empirischen Daten (JACOBY 2000). Das Verfahren wird als sehr robust gegenüber Ausreißerwerten beschrieben (CLEVELAND 1979, JACOBY 2000). Eine ausreichend hohe Anzahl an Beobachtungen und eine gleichmäßige Verteilung der Daten sind die Voraussetzungen für eine stabile Anpassung. Stehen in einzelnen Bereichen nicht ausreichend viele Daten zur Verfügung, so kann keine sinnvolle Anpassung durchgeführt werden.

Die Perzentilkurven wurden mit Hilfe der LMS-Methode (Schiefe der Verteilung der Messwerte  $\lambda$  [L], Mittelwert M, Standardabweichung S; siehe Seite 39) erstellt. Wie bereits in der Literaturübersicht erwähnt, nutzt auch die WHO das LMS-Verfahren zur Erstellung von Wachstumsmodellen für Kinder verschiedener Nationalitäten (WHO 2006). Im Rahmen der WHO Multicentre growth reference study erwähnen die Autoren explizit, dass die mit dieser Methode erstellten Kurven sehr nahe an den empirisch erhobenen Daten liegen. Die absolute Differenz zwischen den geglätteten und den empirischen Perzentilen war sehr gering. Die Beispiele der Körperlänge von Jungen (Differenz 0,13 cm) und dem Gewicht von Mädchen (Differenz 0,16 kg) zeigen sehr deutlich, dass die reale und die geglättete Kurve nur wenig voneinander abweichen. Auch andere Arbeitsgruppen nutzen die LMS-Methode. KHADILKAR und KHADILKAR beispielsweise beschreiben 2011 das LMS-Verfahren als eine „universal akzeptierte Methode zur Erstellung von Wachstumsdiagrammen“. Die mit der Nutzung der LMS-Methode verbundene Glättung der Kurven ist vor allem bei der Eliminierung zufälliger Fehler hilfreich. Das Problem der Abhängigkeit der zur Erstellung der Perzentilkurven genutzten Daten, die durch die longitudinale Vermessung der Alpakas bedingt ist, konnte in den Auswertungen gut gelöst werden. Mit Hilfe des Bootstrappings wurden Einzelkurven erstellt, in denen jedes Tier mit nur einem Messwert vertreten ist. Die Vielzahl der Einzelkurven ermöglichte eine sehr präzise Lageschätzung der Perzentilkurven. Somit konnten alle verfügbaren Daten genutzt werden und es mussten keine überzähligen Messwerte eines Alpakas bei der Entwicklung der Perzentilen verworfen werden.

## 5.2 Ergebnisse

### 5.2.1 Wachstumskurven

Die Wachstumskurven der verschiedenen Körperparameter bilden den durchschnittlichen Wachstumsverlauf der Gesamtheit aller vermessenen Alpakas ab. Die Streuung der Messwerte ist anhand der eingetragenen Datenpunkte erkennbar. Mittels der Kurven ist die Beurteilung, ob ein Tier physiologisch gewachsen ist, nur begrenzt möglich. Dennoch können sie für die grobe Einschätzung der Entwicklung eines Alpakas für Züchter und Tierärzte von Bedeutung sein. Detaillierte Aussagen können jedoch nur mit Hilfe von Perzentilkurven erfolgen.

Die stetig progressiv ansteigenden Kurven lassen nicht den Rückschluss zu, dass Alpakas einem konstanten Wachstum unterliegen. Die Graphen wurden mit Hilfe einer nichtparametrischen Regression erstellt und bilden geglättete Verläufe ab. Beim Lama konnte anhand von Vermessungen in sehr kurzen Intervallen nachgewiesen werden, dass nur in den ersten beiden Lebensmonaten ein konstantes Wachstum vorliegt. Danach ist die weitere körperliche Entwicklung von Phasen langsameren und schnelleren Wachstums gekennzeichnet (SMITH et al. 1992).

Welche Faktoren für die Unstetigkeit im Kurvenverlauf im 10. bis 12. Lebensmonat (siehe Abbildungen 4.1 bis 4.4, Seite 42 bis 45) ursächlich sind, lässt sich nicht genau klären. Der Einfluss der ersten Schur der Jungtiere und der damit verbundene nachfolgende Wachstumsschub, sowie die Auswirkungen des steigenden Energie- und Proteingehaltes im Weidegras nach der Wintersaison stellen mögliche Ursachen dar. Der lokale Abfall der Werte könnte auch rein methodisch bedingt sein, denn alle Alpakas wurden über einen Zeitraum von nur einem Jahr verfolgt. Der Messbeginn lag im Mai, einem der geburtenstärksten Monate bei in Deutschland lebenden Alpakas. Daraus folgt, dass die Vermessungen bei vielen Tieren im Alter von wenigen Tagen begonnen wurden und im Alter von circa einem Jahr endeten. Ältere Alpakas waren zu Messbeginn häufig ungefähr 12 oder 24 Monate alt. Es gab demnach nur wenige Tiere, deren Messwertreihen den Übergang zwischen ein und zwei Jahre beziehungsweise zwei und drei Jahre alten Tieren bildeten (z.B. von 6 bis 18 Monaten oder 18 bis 30 Monaten). Der lokale Kurvenabfall bei circa 10 bis 12 Monaten könnte also in der mangelnden Überschneidung der Messzeiträume der Alpakas begründet sein. Da jedoch keine lokale Veränderung des Kurvenverlaufes bei circa 24 Monaten auftritt, ist diese Theorie eher unwahrscheinlich.

Das Wachstumsende ist anhand der im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten nicht ermittelbar. Alpakas sind demnach im Alter von 36 Monaten noch nicht ausgewachsen. Die Angaben ab welchem Zeitpunkt Lamas, einer ebenfalls zur Gattung der Kleinkamele gehörenden Art, ausgewachsen sind, variieren sehr stark. Nach Aussagen von SMITH et al. (1992) ist das Höhenwachstum bereits mit 18

Monaten abgeschlossen. Die in Nordamerika gehaltenen Lamas zeigten in dieser Studie ab einem Alter von zwei Jahren keine Zunahme der Körperlänge mehr. Das Körpergewicht und der Thoraxumfang nahmen ab 36 Monaten nicht mehr zu. Im Gegensatz dazu stellten WURZINGER et al. (2005) fest, dass die körperliche Entwicklung bei Lamas aus Bolivien erst ab einem Alter von fünf Jahren abgeschlossen ist. Aufgrund der uneinheitlichen Angaben verschiedener Autoren zum Wachstumsende beim Lama ist eine Übertragung der Erkenntnisse auf die eng verwandte Tierart Alpaka nicht sinnvoll. Weiterführende Untersuchungen und eine Datenerhebung bei Alpakas ab einem Alter von circa drei Jahren sind also notwendig, um eine Aussage zu treffen, ab wann Alpakas als adult angesehen werden können.

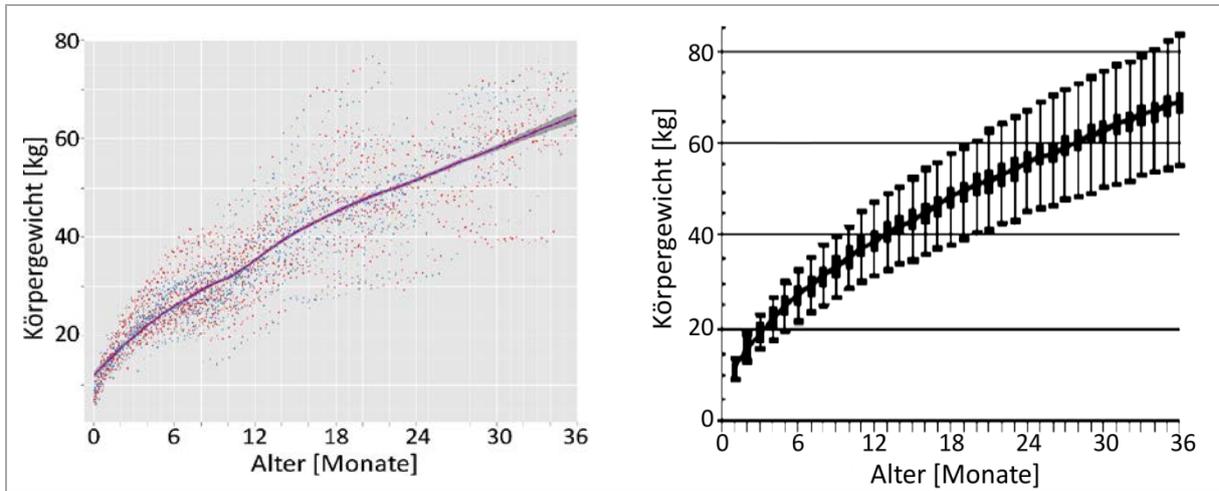
Auch aufgrund des größer werdenden Konfidenzintervalls in den Wachstumskurven bei Tieren ab einem Alter von circa 30 Monaten sind weitere Vermessungen von Alpakas dieser Altersgruppe empfehlenswert. Das größer werdende Konfidenzintervall zeigt eine abnehmende Präzision der Lageschätzung an und ist sehr wahrscheinlich in der sinkenden Anzahl vermessener Alpakas ab einem Alter von zwei Jahren begründet. Stuten standen für die Vermessungen vermehrt nicht mehr zur Verfügung, da sie gedeckt wurden und tragend waren. Junghengste über zwei Jahren verbleiben, wenn sie zur Zucht geeignet sind, nur in geringer Anzahl im Bestand.

Vergleicht man den Zuwachs der einzelnen Körpermaße miteinander, so wird deutlich, dass die Parameter, die das Gliedmaßenwachstum repräsentieren, am wenigsten zunehmen. Vorder- und Hinterbeine weisen zur Geburt bereits circa zwei Drittel der Länge eines dreijährigen Tieres auf. Dies stellt einen für Nestflüchter sehr typischen Sachverhalt dar. Das Gliedmaßenwachstum ist bei Nestflüchtern zur Geburt bereits über die Hälfte abgeschlossen (GILLE 1991), sodass eine hohe Leistungsfähigkeit des Bewegungsapparates in den ersten Lebensstunden gewährleistet werden kann. Nur so können die Jungtiere schnell stehen und laufen, um sich der Mutter und der Herde anzuschließen (KOLB 1977). Auch beim Lama konnte festgestellt werden, dass die Extremitäten zur Geburt bereits nahezu zwei Drittel der Länge eines ausgewachsenen Tieres aufweisen (WURZINGER et al. 2005). Das Gliedmaßenwachstum von Neugeborenen anderer Tierarten wie Pferd, Rind und Schaf, die ebenfalls Nestflüchter sind, ist zur Geburt zu annähernd 50% abgeschlossen (KRAHMER 1972, SALOMON 1981, FLEISCHER 1989, NEULING 1998).

Die Wachstumskurven der beiden eng verwandten Arten Lama und Alpaka ähneln bis zur Annäherung an einen Sättigungswert dem Verlauf einer logarithmischen Funktion. Ein Vergleich des Kurvenverlaufes beider Tierarten ist nur begrenzt möglich, da in der Literatur kaum präzise Messwerte zu finden sind.

Die von VAN SAUN (2006) aus Messwerten vom Lama proportional angepasste Kurve zur Körpergewichtsentwicklung beim Alpaka ähnelt im Anstieg und im Verlauf der in dieser Arbeit erstellten Wachstumskurve des Körpergewichtes in Abhängigkeit vom Alter (siehe Abbildung 5.1).

Ab einem Alter von fünf Monaten verläuft die Kurve, die von VAN SAUN (2006) ermittelt wurde, circa fünf Kilogramm über der, die aus den Messwerten dieser Arbeit erstellt wurde.



**Abbildung 5.1**

*Wachstumskurven des Körpergewichtes [kg] in Abhängigkeit vom Alter [Monate] – links die Kurve, die aus den Messdaten dieser Arbeit resultiert, rechts die proportional vom Lama angepasste Kurve nach VAN SAUN (2006) mit Fehlerbalken, die eine 15%ige Abweichungen vom Mittelwert anzeigen.*

### 5.2.2 Perzentilkurven

Perzentilkurven sind sehr gut geeignet, um Wachstumsreferenzen zu erstellen. Referenzkurven sind deskriptiv. Sie werden anhand einer Population erstellt, von deren Mitgliedern angenommen wird, dass sie unter bestmöglichen Bedingungen leben. Eine artgerechte Ernährung und ein guter Gesundheitszustand werden vorausgesetzt. Im Gegensatz dazu sind Wachstumsstandards präskriptiv und legen eine bestimmte Norm fest. Sie beschreiben, wie die Mitglieder einer Population unter optimalen Ernährungs- und Gesundheitsbedingungen wachsen sollten (KHADILKAR und KHADILKAR 2011). Im Rahmen dieser Arbeit wurden Referenzwerte erstellt, die das Wachstum von Tieren der Spezies Alpaka beschreiben. Die Perzentilkurven stellen vor allem Wachstumsverläufe sehr gut dar. Sie können als Richtlinie für tierartspezifische Größe und spezifisches Gewicht genutzt werden. Alle Individuen, die zwischen der 3. und der 97. Perzentile lokalisiert werden können, gelten als physiologisch gewachsen (EIHOLZER 2001, RANKE und VON HARNACK 2007, SCHAPS et al. 2008, KHADILKAR und KHADILKAR 2011). Welche Grenzen für die Auswahl von Zuchttieren genutzt werden, ist jedoch nicht festgelegt. Anhand von Perzentilkurven sind weiterhin Wachstumsprognosen sowie Rückschlüsse auf das Alter des Tieres möglich.

Die Perzentilkurven können von verschiedenen Interessengruppen genutzt werden. Tierärzten erleichtern sie die Beurteilung des Entwicklungsstandes von Alpakas in verschiedenen Altersklassen und lassen somit Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand zu. Züchter und Halter können die Entwicklung ihrer Jungtiere verfolgen und einschätzen, inwieweit diese physiologisch verläuft. So können Fehl- und Unterentwicklungen rechtzeitig erkannt und Maßnahmen zur Diagnostik und Therapie vom Tierarzt ergriffen werden. Auch Forschungsgruppen, die sich mit der Tierernährung und Diätetik befassen, sowie die Futtermittelindustrie können anhand der Referenzkurven Bedarfsangaben erarbeiten. Die Fütterung kann so art- und altersgerecht gestaltet werden.

Die Anwendung der Perzentilkurven auf Alpakas, die nicht aus dem ostdeutschen Raum stammen, ist in einem gewissen Rahmen vertretbar. Die Tatsache, dass die in dieser Arbeit vermessenen Alpakas auch variierenden klimatischen Bedingungen, Boden- und Weideverhältnissen ausgesetzt waren, lässt die Übertragung der Ergebnisse auf Tiere aus anderen Regionen Deutschlands zu. Inwieweit die Perzentilkurven auch bei Alpakas aus dem europäischen Raum Anwendung finden können, sollte in weiterführenden Untersuchungen stichprobenartig überprüft werden. Die Anwendung der Perzentilen auf Alpakas, die auf anderen Kontinenten, in anderen Klimazonen als der Gemäßigten Zone oder in großer Höhe, wie zum Beispiel den Anden, leben, ist aufgrund der variierenden Umweltbedingungen kritisch zu sehen.

Nachfolgend werden die Perzentilkurven des Körpergewichtes, der Widerristhöhe, der Hüfthöhe und der Rumpflänge genauer diskutiert.

### Perzentilkurven des Körpergewichtes

Die Perzentilkurven des Körpergewichtes zeigen, dass Alpakafohlen zur Geburt durchschnittlich 7,3 kg schwer sind. Schwankungen zwischen 5,5 kg (3. Perzentile) und 9,5 kg (97. Perzentile) werden als physiologisch erachtet. Damit decken sich die Ergebnisse dieser Arbeit mit denen anderer Autoren (BRAVO und VARELA 1992, ZANOLARI und SCHÖNMANN 2008, FOWLER 2010a). Das Geburtsgewicht der Crias aus dieser Studie entspricht 58 bis 63% des Körpergewichtes von Lamafohlen am ersten Lebenstag. Die in dieser Arbeit gewogenen Alpakas verdoppelten ihr Geburtsgewicht in den ersten 35 bis 40 Lebenstagen. Lamafohlen erreichen mit 28 (JOHNSON 1994) beziehungsweise 35 Tagen (RIEK und GERKEN 2007) das doppelte Geburtsgewicht und weisen somit sehr ähnliche Wachstumsraten wie das Alpaka in den ersten Lebenswochen auf. Nutzt man die Angaben zur Körpergewichtsentwicklung beim Lama, die SMITH et al. 1992 veröffentlicht haben, zum Vergleich mit dem Alpaka, so wiegt das Alpaka im gesamten Zeitraum zwischen dem 9. und dem 36. Lebensmonat im Mittel 42% ( $\pm 0,28\%$ ) des Lamas. Dies lässt auf eine sehr ähnlich verlaufende Entwicklung in diesem Altersabschnitt schließen. Während eine Studie an in Deutschland gehaltenen

Lamas ergab, dass ab einem Alter von 36 Monaten keine Körpergewichtszunahme mehr erfolgt (RIEK und GERKEN 2007), ist anhand der hier erstellten Perzentilkurven für das Alpaka kein Wachstumsende ablesbar. Vor allem Hengste entwickeln mit Beginn der Nutzung im Deckeinsatz ihren maskulinen Typus und nehmen an Gewicht zu. Inwieweit der Beginn der neuen Weidesaison im Frühjahr dazu beigetragen hat, dass sich bei Alpakas im Alter von drei Jahren noch ein beachtlicher Anstieg des Körpergewichtes beobachten lässt, ist unklar. Da in Deutschland im April bis Juni ein Großteil der Fohlen geboren wird, endete die Vermessung der 36 Monate alten Tiere auch genau in diesen Monaten. In diesem Zeitraum nehmen die Alpakas sehr energie- und proteinreiches Futter auf den Weiden auf und das Körpergewicht steigt nach der Heufütterung im Winter an.

Die ab einem Alter von 30 Monaten relativ weit divergierenden Einzelkurven sind sehr wahrscheinlich, wie bereits in Bezug auf die Wachstumskurven erwähnt wurde, auf die abnehmende Anzahl vermessener Tiere in dieser Altersstufe zurück zu führen. Die sehr weit divergierende 3. Perzentile wurde hauptsächlich von nur zwei Alpakas, die für ihr Alter bei gutem Ernährungszustand ein sehr geringes Körpergewicht aufwiesen, beeinflusst. Dies wird unter Einbezug der Originaldaten erkennbar. Es ist somit fraglich, inwieweit der Verlauf der 3. Perzentile repräsentativ ist. Weiterführenden Untersuchungen und Vermessungen an einer größeren Gruppe älterer Alpakas wären geeignet, um diesen Sachverhalt zu überprüfen.

### Perzentilkurven der Widerristhöhe

Geht man beim adulten Alpaka von einer Widerristhöhe von 85 bis 100 cm aus, wie sie von KRIEGER (2000) im Rahmen einer Zuchtrichterausbildung ermittelt wurde, so haben die Fohlen zur Geburt mit 56 cm bereits 56 bis 66% der Endwideristhöhe erreicht. Angaben zur Widerristhöhe des adulten Alpakas von ZANOLARI und SCHÖNMANN (2008) sowie FOWLER (2010a) und den eben genannten Autoren können mit Hilfe der Perzentilkurven, die aus dieser Arbeit resultieren, nicht bestätigt oder angezweifelt werden. Die Widerristhöhe ausgewachsener Tiere war anhand der Vermessungen bis zu einem Alter von 36 Monaten nicht bestimmbar. Deutlich wird aber, dass 75 beziehungsweise 76 cm als unterer Grenzwert für die Widerristhöhe, wie er von ZANOLARI und SCHÖNMANN (2008) beziehungsweise FOWLER (2010a) beschrieben wurde, verglichen mit eigenen Werten eher niedrig ist. Die 3. Perzentile drei Jahre alter, noch nicht ausgewachsener Alpakas lag für die in dieser Arbeit vermessenen Tiere bereits bei 82 cm.

Auch die Kurven der einzelnen Regressionsergebnisse der Widerristhöhe divergieren zunehmend mit steigendem Alter. Erklärbar ist dies, genauso wie bei den Perzentilen des Körpergewichtes, mit einer sinkenden Anzahl vermessener Alpakas. Jedoch weichen die Einzelkurven der Widerristhöhe nicht so sehr auseinander wie die Kurven des Körpergewichtes. Dies liegt an der weniger starken Streuung der Messwerte.

### Perzentilkurven der Hüfthöhe

Die große Ähnlichkeit der Perzentilkurven von Hüft- und Widerristhöhe zeigt sich nicht nur in deren Verlauf. Auch die Höhe zur Geburt ist mit 56 cm gleich. Da die Kurven der Hüfthöhe zum Zeitpunkt von 36 Monaten bereits beginnen sich einem Sättigungswert zu nähern, ist davon auszugehen, dass dieses Körpermaß nur noch wenige Monate zunimmt. Das Auseinanderweichen der Einzelkurven ist genauso wie bei der Widerristhöhe zu beurteilen.

### Perzentilkurven der Rumpflänge

Die durchschnittliche Körperlänge bei neugeborenen Alpakas beträgt 42 cm und entspricht damit 80 bis 85% des Wertes beim Lama. Die selbst im Alter von 36 Monaten noch steil ansteigenden Perzentilen lassen den Rückschluss zu, dass die Rumpflänge noch mehrere Monate ansteigen wird. Für das schon mehrfach beschriebene stärkere Auseinanderweichen der Einzelkurven bei älteren Alpakas können wiederum die bereits beim Körpergewicht und bei den Körperhöhen genannten Faktoren ursächlich sein.

### **5.2.3 Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes**

Die einfachste, zuverlässigste und am besten wiederholbare Messung eines Körpermaßes war die des Thoraxumfanges. Der Brustumfang ist jedoch nicht nur wegen seiner sehr guten Praktikabilität bei der Messung, sondern auch aufgrund der hohen Korrelation zum Körpergewicht gut geeignet, um das Gewicht eines Alpakas zu ermitteln. Körperhöhen und -längen, wie zum Beispiel Widerristhöhe, Hüfthöhe, Rückenlänge und Rumpflänge, können den Ernährungszustand eines Tieres nicht abbilden, da sie sich je nach Körperkondition nicht verändern. Der Brustumfang hingegen ändert sich, wenn ein Tier an Gewicht zu- oder abnimmt. Somit sind Körperhöhen und -längen nicht als alleinige Parameter zur Ermittlung des Gewichtes geeignet. Diese Ergebnisse decken sich mit Erkenntnissen der Studie von KIESLING. Er beschrieb im Jahr 1995, dass Körperumfänge am stabilsten gemessen werden können und gut reproduzierbar sind. Daraus schlussfolgernd empfahl er, dass zur Entwicklung einer in der Praxis nutzbaren Methode zur Körpergewichtsberechnung stets ein Körperumfang anstatt einer Länge verwendet werden sollte.

Es ist bereits für verschiedene Tierarten bekannt, dass sich der Brustumfang sehr gut zur Berechnung des Körpergewichtes eignet. Beispielfhaft seien hier die Arbeiten von CARROLL und HUNTINGTON (1988) am Pferd, HEINRICHS et al. (1992) an Holstein Rindern sowie von WARRISS und EDWARDS (1995) am Schaf genannt. Wiederholt wurde auch beim Lama, das wie das Alpaka ein Vertreter der Familie der Neuweltkameliden ist, nach einer Methode zur Ermittlung des Gewichtes

ohne die Nutzung einer Waage gesucht. So konnten verschiedene Wissenschaftler feststellen, dass die Messung des Thoraxumfanges eine präzise Schätzung des Gewichtes ermöglicht (LEON et al. 1989, SMITH et al. 1992, KIESLING 1995, WURZINGER et al. 2005, RIEK und GERKEN 2007). KIESLING nutzte dabei, genauso wie in dieser Arbeit, das Modell der kubischen Funktion zur Erstellung einer Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes.

Der Bewollungsgrad hat bei der Ermittlung des Körpergewichtes mittels des Brustumfanges einen sehr geringen beziehungsweise keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Messungen. Das konnten HILTON et al. (1998) im Rahmen ihrer Untersuchungen an Lamas und WARRISS und EDWARDS (1995) anhand ihrer Studie beim Schaf schlussfolgern. Es ist sehr wichtig das Bandmaß ausreichend straff anzulegen, um so das Vlies zu komprimieren. Weiterhin weisen alle Autoren darauf hin, dass das Bandmaß unmittelbar kaudal der Vordergliedmaßen, im Bereich des Herzens angelegt werden muss, um die ermittelten Umfangsmaße auswerten zu können. Ein weiterer Hinweis von HILTON et al. (1998) sowie WARRIS und EDWARDS (1995) wird auch von der Autorin dieser Arbeit als sehr wichtig erachtet: Das Gewicht tragender Tiere kann mit dieser Methode leicht unterschätzt werden. Vor allem ab dem sechsten Trächtigkeitsmonat, in dem das Ungeborene circa 640 g wiegt, nimmt der Fetus deutlich an Gewicht zu. So wiegt er im achten Trächtigkeitsmonat bereits circa 2,6 kg und im zehnten Monat ungefähr 5,6 kg (BRAVO und VARELA 1992). Die Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes kann somit ab dem sechsten Trächtigkeitsmonat nur mit Einschränkungen angewendet werden. Das Gewicht von Tieren, die über längere Zeit kein Futter und Wasser aufgenommen haben, kann hingegen leicht überschätzt werden (WARRIS und EDWARDS 1995).

Ungenauigkeiten bei der Schätzung des Körpergewichtes mit der im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Gleichung  $KG = 8,338 \times 10^{-5} BU^3 + 3,325$ , entstehen zum Teil bei Berechnungen für Fohlen mit einem Brustumfang unter 45 cm. Dies betrifft aber nur Crias, die unter zwei Wochen alt sind. Routinemäßige Kontrollen des Gewichtes, egal ob bei unauffälligen oder kranken, auffälligen Crias, erfolgen durch die meisten Züchter in den ersten beiden Lebenswochen oftmals regelmäßig mit Personen- oder anderen kleineren Waagen. Somit ist eine rechnerische Ermittlung des Gewichtes in diesem Alter nicht vordergründig von Bedeutung.

Die Relevanz der genauen Erfassung des Körpergewichtes durch Wiegen der Alpakas ist jedoch nicht zu unterschätzen. Die Lebendmassebestimmung ist laut RÖSCHKE (1974) als wichtigstes Messverfahren in der Wachstumskontrolle anzusehen. Das Gewicht ist ein Maß, das alle drei Raumdimensionen einschließt und damit sehr gut zur Charakterisierung von Wachstumsprozessen geeignet ist. Aus messmethodischer Sicht ist die gute technische Messbarkeit, sofern eine Tierwaage vorhanden ist, ein Vorteil dieses Parameters. Auch ökonomisch kann eine engmaschige Gewichtskontrolle große Bedeutung bei der Erkennung von Wachstumsdefiziten und pathologischen Prozessen haben. Eine akkurate Einschätzung des Gewichtes ist vor allem für ein erfolgreiches

Management in der Haltung, der Zucht und beim Tierverkauf, sowie im Rahmen medizinischer Eingriffe wichtig.

Die Ermittlung des Körpergewichtes mit dem Bandmaß stellt aber unter Praxisbedingungen eine einfach anzuwendende, unkomplizierte und mit minimalem Kosten- und Personenaufwand verbundene Methode dar, die jeder Züchter oder Halter von Neuweltkameliden nutzen kann. Vor allem die schnelle Abschätzung des Gewichtes mit Hilfe des Bandmaßes ist im Vergleich zum aufwändigen Wiegen, bei dem man stets auf die Kooperation des Tieres angewiesen ist, vorteilhaft.

### **5.2.4 Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung**

#### **5.2.4.1 Einfluss des Muttertieres auf Wachstum und Entwicklung**

Anhand der in dieser Arbeit ermittelten Messdaten konnte der Einfluss der Alpakastute auf das Wachstum und die Entwicklung der Crias nicht analysiert werden. Die Vermessung und das Wiegen der Muttertiere konnten nicht realisiert werden. Auch das genaue Alter, der Ernährungszustand und die Parität der Stuten konnte nicht dokumentiert werden. Eine Aussage zu den eben genannten Faktoren in Bezug auf das Geburtsgewicht des jeweiligen Fohlens sowie dessen Entwicklung war somit nicht möglich.

Auch genetische Einflussgrößen und weitere Verwandtschaftsverhältnisse auf der Seite der Stute und des Hengstes müssten zur korrekten Beurteilung des Wachstums eines Individuums berücksichtigt werden. Morphometrisch erfassbare Parameter und Angaben wie Alter und Parität der Mutter sind nicht ausreichend. HOFFMAN (2006) und LAWRENCE et al. (2012) beschreiben, dass das genetische Merkmal der Wachstumsrate eine mittlere bis hohe Heritabilität aufweist. Bezieht man Daten anderer Tierarten ein, so ist unbestritten, dass die Züchtung einen mittleren bis starken Einfluss auf die Skelettentwicklung hat (ARTHUR et al. 2001, SAFARI et al. 2005). Genetische Faktoren konnten im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht analysiert werden. Derzeit stehen nach Kenntnis der Autorin auch in der einschlägigen Literatur keine belastbaren Daten zur Vererbung von Wachstumsmerkmalen beim Alpaka zur Verfügung, sodass weiterer Forschungsbedarf in diesem Bereich besteht. Beobachtungen verschiedener Halter, dass die Zucht von Alpakas mit sehr feinem oder sehr dichtem Vlies gleichzeitig eine geringere Körpergröße nach sich zieht, können anhand von Literaturangaben nicht bestätigt oder angezweifelt werden. Genetische Korrelationen zwischen Vlies- und Wachstumsmerkmalen, sowie eine geringere Vitamin-D-Produktion bei Alpakas mit sehr dichtem Vlies könnten für diese Beobachtungen ursächlich sein. Diese Hypothesen müssten jedoch auch in weiterführenden Untersuchungen analysiert werden.

#### **5.2.4.2 Einfluss des Geschlechtes auf Wachstum und Entwicklung**

Die Gruppe der männlichen Tiere bildeten 79 Hengste, die der weiblichen 83 Stuten. Ein Vergleich des Wachstums und der Entwicklung ist aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der Geschlechter gut möglich. Die schrittweise Reduktion der Effekte (Model simplification by stepwise deletion, siehe Seite 41) ermöglichte die Analyse der Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Alpakas unter Berücksichtigung des Alters.

In dieser Arbeit konnten keine statistisch signifikanten beziehungsweise relevanten Unterschiede zwischen Stuten und Hengsten in den gemessenen Körperparametern und im Gewicht ermittelt werden. Beachtet man die Effektgröße, so wird deutlich, dass die Unterschiede in den Längen- und Höhenmaßen nur wenige Millimeter bis maximal 1,5 cm betragen. Diese Differenzen können auch durch eine abweichende Körperhaltung entstehen und lassen keine Aussage über Wachstumsunterschiede zwischen Tieren der beiden Geschlechter zu. Gleiches gilt für das Körpergewicht. Die auffallend geringen Gewichtsunterschiede zwischen männlichen und weiblichen Alpakas können bereits durch Schwankungen der Füllung des Magen-Darm-Traktes oder durch einen unterschiedlichen Feuchtigkeitsgrad des Vlieses entstehen und sind nicht geschlechtsassoziiert.

Auch bei der dem Alpaka eng verwandten Tierart Lama konnte, verschiedenen Autoren zufolge, kein beziehungsweise nur ein geringer Sexualdimorphismus nachgewiesen werden (RIEK und GERKEN 2007, WURZINGER et al. 2005, SMITH et al. 1992). Auf das Alpaka bezogene Aussagen zu Unterschieden im Geburtsgewicht je nach Geschlecht, beziehungsweise zum Einfluss des Geschlechtes auf das Wachstum und die Größe sind der Autorin dieser Arbeit nicht bekannt. Dass vor allem nach Beendigung des Wachstums ein ausgeprägter Sexualdimorphismus vorliegen könnte, stellt nur eine Vermutung dar. Diese Annahme basiert auf der Beobachtung, dass insbesondere mit Beginn des Einsatzes als Deckhengst die männlichen Tiere noch einmal kräftiger werden und die Bemuskulung und damit verbunden auch das Körpergewicht zunehmen.

#### **5.2.4.3 Einfluss des Geburtsgewichtes auf Wachstum und Entwicklung**

BRAVO et al. (2009) und BUSTINZA et al. (1988) konnten Abweichungen in der Entwicklung von zur Geburt unterschiedlich schweren Crias ermitteln. Im Rahmen dieser Arbeit konnte der Einfluss des Gewichtes neugeborener Crias auf das Wachstum und die spätere Entwicklung nicht analysiert werden. Das genaue Geburtsgewicht konnte nur von einem Drittel der vermessenen Alpakas ermittelt werden. Nur drei der sieben Züchter konnten genaue Angaben machen. Alle anderen Betriebe wiegen die Fohlen lediglich bei Frühgeburten und Problemen in den ersten Lebensstunden. Auch eine

Korrektur der Geburtsgewichte je nach Körpergewicht und Größe der Muttertiere wäre nicht möglich gewesen, da die Körpermaße der Stuten nicht erfasst werden konnten.

Ein weiterer, im Zusammenhang mit dem Geburtsgewicht zu diskutierender Fakt, ist der Einfluss der pränatalen Entwicklung auf die Höhe des Geburtsgewichtes. Es gibt jedoch in der Literatur keine Angaben darüber, inwieweit es interindividuelle Unterschiede in der pränatalen Entwicklung beim Alpaka gibt und welche Auswirkungen sie auf das Geburtsgewicht und das postnatale Wachstum haben. Um dies genauer analysieren zu können, sind weiterführende Untersuchungen notwendig.

#### **5.2.4.4 Einfluss des Geburtsmonates auf Wachstum und Entwicklung**

Die Ergebnisse des Vergleiches der Geburtsgewichte von in der ersten Hälfte der Saison geborenen Fohlen mit denen der zweiten Saisonhälfte zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede gibt. Ein Zusammenhang zwischen dem Geburtszeitpunkt und dem Körpergewicht zur Geburt konnte im Gegensatz zu BUSTINZA et al. (1988) und DAVIS et al. (1997) nicht nachgewiesen werden. Der Einfluss von Umweltfaktoren wie Tageslichtlänge und Ernährung scheinen in den letzten Trächtigkeitsmonaten keinen oder nur einen sehr geringen Einfluss auf die pränatale Entwicklung zu haben, sodass sich keine Unterschiede im Geburtsgewicht zeigen.

Weiterführende Untersuchungen mit zeitlich weiter voneinander getrennten Abfohlzeiträumen könnten den Einfluss des Geburtsmonates auf die Höhe des Geburtsgewichtes und die postnatale Entwicklung näher analysieren. Um die Ergebnisse besser interpretieren zu können, müsste auch die Länge der Tragezeit berücksichtigt werden. Der Einbezug der Tragezeit war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich, da keine entsprechenden Daten zur Verfügung standen.

Die Ermittlung von Unterschieden im Geburtsgewicht gibt jedoch keinen Aufschluss über den Verlauf des weiteren Wachstums. Zur Analyse des Einflusses des Geburtszeitpunktes auf die postnatale Skelettentwicklung sind genaue Angaben zu den Umweltfaktoren, wie zum Beispiel der Tageslichtlänge, notwendig. Weiterführend müssten auch die Hormon- und Vitaminkonzentrationen im Körper analysiert werden, so wie es in den Untersuchungen von VAN SAUN et al. (1996) und SMITH und VAN SAUN (2001) erfolgte. Dies war im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

#### **5.2.4.5 Einfluss der Rassezugehörigkeit auf Wachstum und Entwicklung**

Teilt man die vermessenen Alpakas in die zwei Gruppen ‚Huacaya‘ und ‚Suri‘ ein, so fällt auf, dass die beiden Rassen in der Gesamttieranzahl unterschiedlich stark vertreten sind. Suris bilden nur knapp

ein Drittel der Alpakas, die für diese Arbeit zur Verfügung standen. Die Suris stammen aus lediglich drei der sieben Betriebe. Dies spiegelt auch die Verteilung in der Population Deutschlands und Europas wieder. Suris sind deutlich seltener als Huacayas, wobei genaue Angaben zur prozentualen Verteilung nicht verfügbar sind. Es konnten demnach nicht annähernd gleich große Gruppen für Suris und Huacayas gebildet werden.

Nach der Auswertung der Messwerte wurden keine statistisch signifikanten beziehungsweise in ihrer Größenordnung relevanten Unterschiede in Wachstum und Entwicklung zwischen Huacayas und Suris festgestellt. Die Effektgröße zeigt an, dass die Abweichungen in den Längen und Höhenmaßen maximal 1,5 cm betragen. Die Effektgröße des Körpergewichtes ist mit 1,6 kg auch zu gering, um daran Unterschiede zwischen den beiden Rassen festzustellen. Bereits ein leicht feuchtes Vlies oder ein unterschiedlich stark gefüllter Magen-Darm-Trakt kann solche Abweichungen verursachen. Durch die schrittweise Reduktion der Effekte, die auf das Wachstum Einfluss haben (Model simplification by stepwise deletion), konnte auch das unterschiedliche Alter der Tiere entsprechend berücksichtigt werden.

Somit bestätigen die morphometrischen Ergebnisse dieser Arbeit die Hypothese, dass bis auf die Vlieseigenschaften keine Unterschiede zwischen Huacayas und Suris bestehen. Die Resultate der genetischen Untersuchungen von LA MANNA et al. (2011) untermauern diese Behauptung ebenfalls.

### **5.2.4.6 Einfluss der Fütterung auf Wachstum und Entwicklung**

Die Einschätzung des Einflusses der Fütterung auf das Wachstum und die Entwicklung ist aufgrund verschiedener Faktoren nur begrenzt möglich. Die Grundfuttermittel, die in der Haltung von Alpakas eingesetzt werden, stellen Heu und Gras dar. Vor allem bei Frischgras können Fragen nach der Beweidungsdauer und der Aufwuchsleistung im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Auch das selektive Fressen und der Energieausgleich durch eine gesteigerte oder verminderte Futteraufnahme stellen nicht exakt messbare Faktoren im Zusammenhang mit der Fütterung dar. Demzufolge ist lediglich eine Einschätzung der Qualität der Weiden, auf denen die in diese Studie einbezogenen Alpakas grasten, möglich. Rückschlüsse auf die Deckung des Bedarfes bei bis zu 36 Monate alten Alpakas können mit Hilfe der Versorgungsempfehlungen gezogen werden, wobei noch einmal darauf hingewiesen werden soll, dass viele Angaben nur auf Schätzungen und Ableitungen von Wiederkäuern basieren und kritisch zu hinterfragen sind.

#### Energiebedarf

Bei der Energieversorgung milchernährter Fohlen kann von einer optimalen Bedarfsdeckung ausgegangen werden, wenn Fohlen und Stute gesund sind. Die von den Fohlen aufgenommene

Milchmenge konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht ermittelt werden. Somit kann für Crias bis zum Absetzen mit circa 6 Monaten keine genaue Aussage zur Deckung des Energiebedarfes gemacht werden, da in diesem Alter ausschließlich oder hauptsächlich Milch aufgenommen wird. Für alle Fohlen wurde eine ausreichende Milch- und damit verbundene ausreichende Energieaufnahme angenommen. Wie RIEK (2008) bereits feststellte, führt eine unzureichende Milchaufnahme zu Problemen, die sich im Gesundheitszustand des Fohlens äußern und sich auf das Wachstum negativ auswirken. Diese Tatsache konnte für kleinere, dünnere Fohlen aufgrund der in dieser Arbeit nicht messbaren Milchmenge nicht nachgewiesen werden.

Für Alpakas, die ausschließlich beziehungsweise hauptsächlich von Grünfutter sowie Heu ernährt werden, kann nach Ermittlung des Gesamtenergiebedarfes überprüft werden, ob das Grundfutter einen ausreichend hohen Gehalt an Metabolisierbarer Energie aufweist.

Zur Schätzung des Gesamtenergiebedarfes (siehe Tabelle 5.1) wurden der Erhaltungsbedarf und die Menge an Energie, die für die Wachstumsleistung und die Fortbewegung benötigt wird, addiert. Der Erhaltungsbedarf wurde in dieser Arbeit nach RIEK (2008) mit dem Richtwert  $305 \text{ kJ ME/kg KG}^{0,75}$  berechnet. Dieser Wert stellt ein errechnetes Mittel dar, das auf Angaben anderer Autoren basiert und in Studien am Lama erarbeitet wurde. Pro Gramm Körpergewichtszuwachs müssen laut RIEK (2008) 30 kJ berücksichtigt werden. Die tägliche Zunahme wurde je nach Alter und Gewicht aus Daten von VAN SAUN (2006), der Messwerte vom Lama proportional auf das Alpaka anpasste, geschätzt. Orientierungswerte für die zur Bewegung benötigte Energie wurden von der Ziege abgeleitet. Dabei wurden die Angaben der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie für 3 km Wegstrecke und einen Höhenunterschied von 0 m genutzt (DROCHNER et al. 2003).

In den nachfolgenden Berechnungen wurde immer eine Trockensubstanzaufnahmekapazität von 2% des Körpergewichtes angenommen. Die Angaben von KAMPHUES et al. (2009) zur Trockensubstanzaufnahmekapazität beim Schaf zeigen, dass im Wachstum befindliche Jungtiere größere Mengen Trockensubstanz aufnehmen können als adulte Tiere. Demzufolge wurde für die Alpakas aus dieser Studie die maximale Trockensubstanzaufnahmekapazität angenommen.

Um den Gesamtenergiebedarf allein aus dem Grundfutter decken zu können, benötigen Alpakas mit einem Gewicht von 50 bis 70 kg (Alter circa zwei bis drei Jahre) im Gras beziehungsweise Heu Energiegehalte von minimal 6,4 bis 7,5 MJ ME/kg TS. Jüngere Tiere benötigen zur Bedarfsdeckung einen deutlich höheren Gehalt an Metabolisierbarer Energie im Grundfutter. Ab einem Körpergewicht von 35 kg (Alter ab circa einem Jahr) sollte Heu oder Gras minimal 9,4 MJ ME/kg Trockensubstanz aufweisen. Fohlen mit einem Körpergewicht von ungefähr 25 kg (Alter circa ein halbes Jahr) sollten minimal 12,1 MJ ME/kg Trockensubstanz zur Bedarfsdeckung aufnehmen.

**Tabelle 5.1***Energiebedarf des Alpakas.*

<b>Körpergewicht [kg]</b>	<b>Alter ca. [Mo]</b>	<b>geschätzte Tageszunahme[g]</b>	<b>Erhaltungsbedarf [MJ ME/d]</b>	<b>Energie für KG-Zunahme [MJ ME/d]</b>	<b>Energiebedarf Fortbewegung [MJ ME/d]</b>	<b>Gesamtenergiebedarf [MJ ME/d]</b>
<b>25</b>	5 - 6	80	3,4	2,40	0,25	6,06
<b>30</b>	8 - 9	70	3,9	2,10	0,30	6,31
<b>35</b>	12 - 13	60	4,4	1,80	0,35	6,54
<b>40</b>	15 - 16	50	4,9	1,50	0,40	6,75
<b>45</b>	19 - 20	45	5,3	1,35	0,45	7,10
<b>50</b>	23 - 24	43	5,7	1,29	0,50	7,52
<b>55</b>	28 - 29	40	6,2	1,20	0,55	7,91
<b>60</b>	32 - 33	38	6,6	1,14	0,60	8,32
<b>65</b>	35 - 36	35	7,0	1,05	0,65	8,68
<b>70</b>	36	30	7,4	0,9	0,70	8,98

Je höher der Energiegehalt im Grundfutter ist, desto gesicherter ist die tatsächliche Energieaufnahme, weil dann nicht die maximale Trockensubstanzaufnahme Kapazität zur Bedarfsdeckung erreicht werden muss.

Der zur Bedarfsdeckung benötigte Energiegehalt für zwei bis drei Jahre alte Alpakas ist in nahezu allen Beständen im Heu und Gras gewährleistet. Nur auf Hof 7 wurden in 2 Heuproben geringere Energiemengen nachgewiesen. Dieser Züchter füttert jedoch täglich Kraftfutter zu, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der zur Bedarfsdeckung benötigte Gehalt an Metabolisierbarer Energie gewährleistet ist. Die von ein- bis zweijährigen Jungtieren benötigte Metabolisierbare Energie kann in allen Beständen nur im Frischgras des Frühjahrs beziehungsweise Frühsommers gefunden werden. Auch der sehr hohe Energiebedarf abgesetzter Fohlen im Alter von einem halben bis einem Jahr ist, wie die Futtermittelanalysen und Bedarfsberechnungen zeigen, nicht mit der alleinigen Verfütterung von Gras oder Heu deckbar. Die Züchter gleichen den Energiegehalt durch die Zufütterung von Luzerneheu oder -pellets, Kraftfutter beziehungsweise Rüben und Möhren aus. Ob jedes Alpaka zu jedem Zeitpunkt der Studie optimal mit Energie versorgt war, kann nicht belegt werden. Indirekt können aber durch die Dokumentation des Ernährungszustandes Rückschlüsse auf die Energieversorgung gezogen werden. Wenn über einen längeren Zeitraum der Energiebedarf nicht gedeckt gewesen wäre, wäre dies in Form einer Abnahme des Body Condition Scores erkennbar geworden.

### Proteinbedarf

Genauso wie beim Energiegehalt ist davon auszugehen, dass Fohlen, so lange sie ausschließlich beziehungsweise hauptsächlich Milch aufnehmen, bedarfsdeckend mit Proteinen versorgt werden. Nur die Hypo- oder Agalaktie der Stute, sowie eine mangelnde Milchaufnahme des Fohlens bei Erkrankungen des Fohlens oder des Muttertieres könnten zu einer Unterversorgung mit Proteinen führen. Dies konnte jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht überprüft werden.

Der Gehalt an Rohprotein im Futter beim Alpaka wurde anhand des Erhaltungsbedarfes von 3,5 g Rohprotein / kg KG<sup>0,75</sup> (HUASAQUICHE 1974) und zusätzlich 0,28 g Rohprotein pro Gramm Zuwachs (VAN SAUN 2006) geschätzt. Daraus ergibt sich, dass ein halbjähriges Cria zur Bedarfsdeckung minimal 12,4% der Trockensubstanz an Rohprotein aufnehmen sollte. Einjährige Fohlen können ihren Rohproteinbedarf mit minimal 9,6% und zweijährige mit 7,8% der Trockensubstanz decken. Dreijährige Alpakas sollten minimal 6,6% der Trockensubstanz an Rohprotein aufnehmen. Bei allen Altersgruppen wird wiederum eine maximale Trockensubstanzaufnahme von 2% des Körpergewichtes angenommen.

Die Futteranalysen zeigen, dass alle Heu- und Grasproben ausreichend Rohprotein zur bedarfsdeckenden Ernährung dreijähriger Alpakas enthalten. In drei Beständen weist je eine Heuprobe nicht ausreichende Mengen Protein auf, um den rechnerisch ermittelten Rohproteinbedarf von zweijährigen Alpakas zu decken. Bei Züchter 5 trifft dies auch auf eine Wiedegrasprobe zu. Im Hinblick auf einjährige Alpakas enthalten 11 der 21 Heuproben nicht genügend Rohprotein um eine bedarfsdeckende Ernährung zu gewährleisten. Nur zwei Halter verfüttern Heu von so guter Qualität, dass der Bedarf sechs Monate alter Crias gedeckt werden kann. Das Weidegras hingegen enthält bei allen Züchtern, ausgenommen die bereits genannte Probe von Hof 5 im Mai, ausreichend Rohprotein für diese Altersgruppe.

Die Auswertungen lassen erkennen, dass vor allem die Altersgruppe der einhalb- bis einjährigen Alpakas, die durch einen besonders hohen Rohproteinbedarf gekennzeichnet ist, in der Wintersaison bei alleiniger Heufütterung nicht ausreichend Protein über das Grundfutter aufnimmt. Die Zufütterung von Kraftfutter oder Luzerne stellt eine sinnvolle Ergänzung dar und erfolgt in unterschiedlicher Weise bei allen Züchtern.

### Faserbestandteile

Der von TRAH (1992) und JOHNSON (1994) empfohlene Rohfasergehalt von 25 bis 30% der Trockensubstanz ist im Heu aller Züchter enthalten. Ein extrem hoher Rohfasergehalt von über 35%, wie er in den Heuproben von Hof 7 zu finden ist, ist kritisch zu betrachten, da ein hoher Faseranteil mit einer Abnahme des Energiegehaltes verbunden ist und der Energiebedarf eventuell nicht mehr

gedeckt werden kann.

Die Alpakas nehmen, wenn man die Angaben von TRAH (1992) und JOHNSON (1994) berücksichtigt, meist nicht ausreichend Rohfaser auf, wenn sie ausschließlich Gras fressen. 13 der 21 analysierten Weidegrasproben enthalten weniger als die minimal empfohlenen 25% Rohfaser. Die Versorgungsempfehlungen der beiden eben genannten Autoren sind jedoch kritisch zu hinterfragen, da sie nicht auf experimentellen Untersuchungen basieren. Ein Rohfasermangel in der Ration der Alpakas wäre in Form von Fermentationsstörungen erkennbar geworden. Entsprechende Symptome waren in den Herden der sieben Züchter jedoch nicht erkennbar. Demzufolge ist nicht von einer zu geringen Rohfaseraufnahme auszugehen. Fünf der sieben Züchter bieten auch ganzjährig ad libitum Heu an, sodass die Rohfaseraufnahme von den Tieren selbst reguliert werden kann. Den Alpakas auf Hof 5 steht auf den Sommerweiden nicht immer Heu zur Verfügung. Die Weiden dieses Bestandes sind aber durch ausgesprochen hohe Rohfasergehalte von 27,8 bis 34,0% der Trockensubstanz gekennzeichnet. Den Alpakas des Züchters 6 steht auf einigen Weiden ebenfalls nicht immer Heu zur Verfügung. Nur im Mai weist das Gras deutlich geringere Rohfasergehalte auf, als für die Fütterung empfohlen werden. Somit liegt eventuell nur im Frühjahr eine zeitlich begrenzte Unterversorgung vor.

### Mineralstoffe

Zur Schätzung des Mineralstoffbedarfes wurden die von VAN SAUN (2006) vorgeschlagenen Richtwerte genutzt. Der Mineralstoffbedarf von Crias, die jünger als 6 Monate sind, wurde nicht näher betrachtet, da davon auszugehen ist, dass bei ausschließlicher beziehungsweise hauptsächlichlicher Milchaufnahme eine Bedarfsdeckung erfolgt.

Anhand der Bedarfswerte konnte für jeden Mineralstoff berechnet werden, wie hoch der Gehalt im Grundfutter sein müsste, um bei einer maximalen Trockensubstanzaufnahme von 2% des Körpergewichtes eine Bedarfsdeckung zu ermöglichen (siehe Tabelle 5.2)

In den Abbildungen 4.14 bis 4.16 (siehe Seite 61 bis 63), die den Mineralstoffgehalt im Grundfutter von jedem Hof darstellen, wurde der zur Bedarfsdeckung notwendige Gehalt als horizontale Linie eingezeichnet. Auswertungen zeigen, dass zwischen 91 und 98% der Grundfuttermittel eine optimale Versorgung mit Kalium, Mangan und Kupfer ermöglichen. Auch Kalzium ist in 93% der Proben in ausreichender Menge für über 12 Monate alte Alpakas vorhanden. Für jüngere Tiere unter einem Jahr ist nur in 18% der Proben hinreichend viel Kalzium enthalten. Drei Viertel aller Heu- und Grasproben weisen einen ausreichenden Zinkgehalt auf. Dasselbe gilt bei Phosphor für den Bedarf über 12 Monate alter Tiere. Crias unter einem Jahr sind nur bei 23% der Proben mit ausreichend Phosphor versorgt. In 81% der Proben ist nicht genug Natrium enthalten, um die in dieser Arbeit vermessenen Alpakas bedarfsdeckend zu ernähren.

**Tabelle 5.2**

Gehalt an Mengen- [g/kg TS] und Spurenelementen [mg/kg TS], der bei einer maximalen Trockensubstanzaufnahme von 2% des Körpergewichtes zur Bedarfsdeckung pro Tag von Alpakas benötigt wird.

Mengen- elemente	Gehalt im Grundfutter zur Bedarfsdeckung [g/ kg TS]	Spuren- elemente	Gehalt im Grundfutter zur Bedarfsdeckung [mg/ kg TS]
<b>Kalzium</b>	3,00 <sup>a</sup> - 7,25 <sup>b</sup>	<b>Zink</b>	26,50
<b>Phosphor</b>	2,10 <sup>a</sup> - 3,75 <sup>b</sup>	<b>Kupfer</b>	7,50
<b>Kalium</b>	4,65	<b>Selen</b>	0,27
<b>Natrium</b>	0,53	<b>Mangan</b>	18,00

**a** gilt für Alpakas im Alter von 12 – 36 Monate; **b** gilt für Alpakas im Alter von 1 – 12 Monate

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass vor allem bei der Versorgung mit Kalzium, Phosphor, Natrium und Selen Defizite und Mangelzustände entstehen können, wenn den Alpakas ausschließlich Gras und Heu zur Verfügung steht. Da alle Züchter ihren Tieren zusätzlich Mineralstoffe anbieten, ist nicht von einer Unterversorgung auszugehen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Tiere zu wenig Mineralstoffe aufnehmen, vor allem wenn diese, wie bei einem der Züchter, nur zeitweise angeboten werden. Dies kann vor allem in Hinblick auf Kalzium und Phosphor, die essentiell für das Wachstum junger Tiere sind, zu einer reduzierten Entwicklung des Skelettes führen. Aufgrund der Bedingungen einer Feldstudie konnte die Aufnahme von Mineralstoffen einzelner Alpakas nicht nachverfolgt werden. Es ist aber anzunehmen, dass Mangelzustände nur Ausnahmen darstellen, da vor allem ein langfristiges Defizit zu klinischen Symptomen führen würde. Eine entsprechende Symptomatik lag bei keinem der Alpakas vor. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass bei Einzeltieren minimale Wachstumsverzögerungen vorlagen, die durch einen kurzzeitigen Mineralstoffmangel bedingt sind. Eine temporäre, geringgradige Wachstumsdepression ist aber in Anbetracht der Vielzahl der Messungen von untergeordneter Relevanz für diese Arbeit.

Auch JOHNSON (1994) rät eine Zufütterung von Mineralen, vor allem von Selen und Phosphor. Die von ihm vorgeschlagene Anpassung je nach Fütterungsart und geografischer Lage des Bestandes ist nur schwer zu realisieren. Eine ad libitum Fütterung von Mineralstoffen, wie sie auf 6 von insgesamt 7 Höfen praktiziert wird, ist die beste Methode zur Vermeidung von Defiziten und Mangelzuständen.

### Vitamine

Es kann davon ausgegangen werden, dass Alpakas vor allem in den Sommermonaten bedarfsdeckend Vitamin A und E über das Weidegras aufnehmen. Auch Vitamin B wird ausreichend durch die

Mikroorganismen synthetisiert, solange keine Störungen wie zum Beispiel Stress oder Erkrankungen vorliegen. Da in den Wintermonaten von allen Züchtern Vitaminpräparate verabreicht werden, die vor allem Vitamin D enthalten, sollten keine Defizite auftreten. Um dies zu beurteilen ist jedoch auch die Häufigkeit der Vitaminverabreichung von Relevanz. Ob eine ausreichende Vitamin D-Versorgung bei den Alpakas der drei Züchter vorliegt, die nur unregelmäßig Vitamin D supplementieren, ist fraglich. Ein Vitaminmangel konnte im Rahmen dieser Arbeit mit weiteren labordiagnostischen Analysen nicht untersucht werden. Da klinische Symptome, die auf eine Rachitis hindeuten, nicht erkennbar waren, ist nicht von einer Unterversorgung auszugehen.

Ein Vergleich der Mittelwerte einiger Parameter der 42 Gras- und Heuproben mit Angaben der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG 2005) ermöglicht die Beurteilung der durchschnittlichen Qualität des Futters (siehe Tabelle 5.3). Die Referenzwerte der DLG zum Energie- und Nährstoffgehalt verschiedener Futtermittel für Wiederkäuer beziehen sich auf frisches beziehungsweise natürlich getrocknetes Futter von grasreichem Grünland mit zwei bis drei Nutzungen. Es ist erkennbar, dass die im Rahmen dieser Arbeit analysierten Proben sehr ähnliche Energie-, Nährstoff- und Mineralstoffgehalte aufweisen, wie die der DLG. Die in dieser Studie vermessenen Alpakas haben demnach Grundfutter von durchschnittlich guter Qualität aufgenommen, auch wenn einzelne Verbesserungen in der Versorgung und Rationsgestaltung möglich wären.

Aufgrund der Durchführung der Arbeit als Feldversuch konnten keine einheitlichen Fütterungsbedingungen gewährleistet werden. Im Fütterungsmanagement der einzelnen Bestände existieren Unterschiede. Betrachtet man jedoch zusammenfassend die Fütterung auf allen Höfen, wird erkennbar, dass eine Sicherung des Bedarfs an Energie, Protein, Faser, Mineralien und Vitaminen in den meisten Fällen gewährleistet ist. Es lag keine offensichtliche Unterversorgung der Alpakas in einem der Betriebe vor. Von Unterschieden im Wachstum zwischen Tieren einzelner Bestände ist daher nicht auszugehen. Auch könnten Abweichungen im Wachstumsverlauf so gering gewesen sein, dass sie im Rahmen dieser Arbeit nicht erkennbar waren.

**Tabelle 5.3**

Vergleich der Mittelwerte der Futterinhaltsstoffe der Heu- und Grasproben aller sieben Höfe mit Angaben der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG 2005) zum Energie- und Nährstoffgehalt von Futtermitteln für Wiederkäuer.

	G r a s		H e u	
	Angaben der DLG	Mittelwert mit SD der Höfe 1-7	Angaben der DLG	Mittelwert mit SD der Höfe 1-7
TS [%]	19,0	22,2 ( $\pm 6,3$ )	86,0	92,1 ( $\pm 1,6$ )
ME [MJ]	10,4	10,2 ( $\pm 0,7$ )	7,4	8,4 ( $\pm 0,6$ )
Rp [% der TS]	15,7	17,0 ( $\pm 4,8$ )	9,4	9,6 ( $\pm 1,9$ )
Rf [% der TS]	24,2	24,6 ( $\pm 3,6$ )	26,9	31,8 ( $\pm 3,4$ )
Ca [g/kg TS]	6,1	6,0 ( $\pm 1,9$ )	4,0	5,3 ( $\pm 1,4$ )
P [g/kg TS]	2,3	3,3 ( $\pm 0,6$ )	2,4	2,3 ( $\pm 1,0$ )
Na [g/kg TS]	1,0	0,2 ( $\pm 0,3$ )	0,4	0,3 ( $\pm 0,4$ )
K [g/kg TS]	28,5	24,9 ( $\pm 10,5$ )	18,3	16,1 ( $\pm 6,8$ )

#### 5.2.4.7 Einfluss des Parasitenstatus auf Wachstum und Entwicklung

Zusammenfassend kann basierend auf den Ergebnissen der parasitologischen Untersuchungen dieser Arbeit gefolgert werden, dass auf allen sieben Höfen für Alpakas typische Parasitenarten vorkommen. Der Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien der letzten neun Jahre bestätigt dies (siehe Tabelle 5.4).

Die Häufigkeit der Belastung mit Magen-Darm-Strongyliden, *Capillaria* ssp. und *Trichuris* ssp. hat im Vergleich zu den Untersuchungen von SCHMÄSCHKE (2012), dessen Proben genauso wie in dieser Arbeit aus dem ostdeutschen Raum stammten, zugenommen. Ursächlich dafür könnte eine immer stärkere Durchseuchung der Alpakaherden und Weideflächen mit Parasiten sein. Viele Alpakas werden über Jahre auf denselben Flächen gehalten. Außerdem steigt die Anzahl der Neuweltkameliden in Deutschland stetig an. Die Zucht dieser Tiere begann im deutschen Raum erst vor 15 bis 20 Jahren. Heute schätzt man, dass in Deutschland circa 15000 Neuweltkameliden leben (GAULY et al. 2011). Dies führt lokal zum Teil zu immer höheren Besatzdichten.

Strongyloides trat anderen Untersuchungen zu Folge mit einer Häufigkeit von circa 2 bis 5% auf (HENGRAVE BURRI et al. 2005, SCHMÄSCHKE 2012). In dieser Arbeit konnte diese Parasitenart in durchschnittlich circa 24% der Kotproben nachgewiesen werden. Der deutlich häufigere Nachweis

von Strongyloides könnte in der Beprobung von hauptsächlich wachsenden Jungtieren begründet sein. DEPLAZES et al. (2012) beschreiben, dass Strongyloides bei Kälbern, Lämmern und Fohlen gehäuft auftritt.

**Tabelle 5.4**

*Häufigkeit von Parasiten bei Neuweltkameliden (Prozentsatz positiver Proben für die jeweilige Parasitenart) nach Angaben von HENGRAVE BURRI et al. (2005), GAREIS-WALDBURG (2008), SCHLÖGEL (2010), SCHMÄSCHKE (2012) im Vergleich mit Ergebnissen eigener Untersuchungen*

Parasiten- Art	HENGRAVE BURRI et al. 2005 (Schweiz)	GAREIS- WALDBURG 2008 (Ecuador)	SCHLÖGEL 2010 (Süddeutschland)	SCHMÄSCHKE 2012 (Ostdeutschland)	Eigene Untersuch- ungen (Ostdeutschland)
Magen-Darm- Strongyliden	83,3%	Strongylidentyp: 47,1% Spiculopteragia: 6,6% Nematodirus: 12,0% Marshallagia: 9,9% gesamt: 75,6%	52,4%	41,4%	68,6%
Strongyloides	4,9%	k.A.	k.A.	2,2%	23,7%
Capillaria ssp.	13,2%	6,6%	6,8%	6,3%	11,0%
Trichuris ssp.	30,9%	10,9%	14,0%	16,1%	27,8%
Moniezia ssp.	1,5%	8,5%	1,8%	3,3%	2,9%
Eimeria ssp.	62,2%	Kl. Kokz.: 52,5% E. mac.: 7,2% E. ivitaensis: 0,4% gesamt: 60,1%	97,6%	51,1%	Kl. Kokz.: 81,6% E. mac.: 2,2% gesamt: 83,8%
Dictyocaulus viviparus	1,5%	k.A.	0,0%	1,1%	0,0%
Negative Proben	5,4%	k.A.	k.A.	28,1%	3,3%

Das verstärkte Auftreten von *Eimeria alpaca*, *Eimeria lamae* und *Eimeria punoensis*, die als die Gruppe der Kleinen Kokzidien zusammengefasst wurden, könnte ebenfalls darin begründet sein, dass die untersuchten Kotproben hauptsächlich von Jungtieren stammen. Fohlen zeigen nach einer Infektion mit Kokzidien aufgrund des schwächeren Immunsystems häufiger klinische Symptome als adulte Alpakas. Crias scheiden somit vermehrt Oozysten aus (FOREYT 2001, ROHBECK 2006, JOHNSON et al. 2009, FOWLER 2010c). Dies ist auch bei den Jungtieren von Wiederkäuern zu beobachten (DAUGSCHIES und NAJDROWSKI 2005, REICHEL 2000).

Die Unterschiede in der Intensität des Parasitenbefalls zwischen den einzelnen Höfen sind nicht sehr stark ausgeprägt, sodass davon auszugehen ist, dass alle vermessenen Alpakas einem ähnlichen Einfluss unterlagen. Die Ergebnisse der untersuchten Kotproben stellen jedoch nur eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Probenentnahme dar. Extrembelastungen mit Parasiten konnten nicht nachgewiesen werden. Es ist auch nicht davon auszugehen, dass diese bei nicht beprobten Alpakas auftrat, da alle Züchter regelmäßige Entwurmungen vornahmen.

Nur weiterführende Untersuchungen, die Tiere mit Endoparasitosen und absolut parasitenfreie Tiere vergleichen, könnten die tatsächlichen Auswirkungen von Parasiten auf die Entwicklung wachsender Jungtiere aufzeigen. Die Alpakas anderer Halter und Züchter, deren Wachstum anhand der Ergebnisse dieser Arbeit beurteilt werden soll, unterliegen auch einem parasitären Einfluss. Somit wurden die Daten und Messwerte dieser Arbeit unter Bedingungen ermittelt, die typischerweise in Alpakaherden im deutschen Raum zu finden sind. Diese Aussage trifft jedoch nur auf die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Parasitenarten zu.

### **5.2.4.8 Einfluss von Erkrankungen auf Wachstum und Entwicklung**

Es ist unbestritten, dass Erkrankungen einen Einfluss auf das Wachstum und die Entwicklung haben. Wie stark jedoch diese Einwirkungen sind, kann nur sehr schwer ermittelt werden. Die aus dieser Arbeit resultierenden Wachstums- und Perzentilkurven sollen die Entwicklung von Alpakas widerspiegeln, die weitestgehend gesund sind. Im Rahmen einer Feldstudie können jedoch nur in begrenztem Umfang äußere und innere Einflüsse auf die zu untersuchende Größe verhindert oder abgestellt werden. Mittels der Allgemeinen Untersuchungen, die zu Beginn und bei Auffälligkeiten auch im Verlauf der Vermessungen durchgeführt wurden, wurde versucht, erkrankte Tiere zu identifizieren, um sie aus der Studie auszuschließen.

Die häufigste Ursache für vermindertes Wachstum, die Belastung mit Magen-Darm-Parasiten, konnte durch die Analyse von Kotproben kontrolliert werden. Wäre ein extremer Befall mit Endoparasiten aufgetreten, hätten Einzeltiere oder Alpakas einer Herde nicht in die Auswertungen einbezogen

werden können. Eine außerordentlich hohe Parasitenbelastung war schon vor Beginn der Studie aufgrund der von den Züchtern durchgeführten Entwurmungsprogramme nicht zu erwarten. Allenfalls Resistenzen bestimmter Endoparasiten hätten eine Rolle spielen können. Aufgrund der guten Wirkung der Antiparasitika können diese jedoch mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Andere erregerbedingte oder innere Erkrankungen können in dieser Arbeit nicht ausgeschlossen werden, da keine weiteren labordiagnostischen Untersuchungen erfolgten. Erst beim Auftreten klinischer Symptome wären diese erkennbar geworden und die Messwerte des jeweiligen Alpakas wären nicht mit in die Auswertungen eingeflossen.

Ernährungsbedingte Erkrankungen konnten eingegrenzt werden, indem der BCS regelmäßig kontrolliert und so der Ernährungszustand überprüft wurde. Auch die Untersuchung der Grundfuttermittel ermöglicht die Einschätzung, ob bei ausreichender Futteraufnahme eine bedarfsgerechte Versorgung mit Nähr- und Mineralstoffen erfolgt.

Die wichtigste mit der Skelettentwicklung im Zusammenhang stehende Krankheit, die Rachitis, wäre ebenfalls im Rahmen der Vermessungen aufgrund der relativ typischen klinischen Symptomatik aufgefallen und betroffene Tiere wären aus der Studie ausgeschlossen worden.

Der von den Züchtern im Vorhinein der Arbeit ausgefüllte Fragebogen erfasste gehäuft im Bestand auftretende Erkrankungen. Fünf der sieben Halter gaben keine vermehrt vorkommenden Probleme an. In einem Betrieb können wiederholt Entzündungen im Zwischenklauenbereich beobachtet werden. Es ist aber davon auszugehen, dass dies keinen oder einen nur sehr geringen Einfluss auf die Entwicklung und das Wachstum der Alpakas hat. Dementsprechend wurde diese Problematik nicht weiter untersucht und verfolgt. Auf einem anderen Hof traten im Vorjahr resistente Magen-Darm-Strongyliden auf. Die Resistenzen wurden rigoros behandelt und konnten in der darauffolgenden Saison nicht mehr beobachtet werden, sodass sie für diese Arbeit keine Relevanz mehr hatten.

### **5.3 Praktische Bedeutung der Ergebnisse**

Mit Hilfe der Wachstums- und der Perzentilkurven ist die Beurteilung der Entwicklung junger Alpakas möglich. Vor allem Entwicklungsstörungen des Skelettes können rechtzeitig erkannt und Maßnahmen zur Diagnostik und Therapie vom Tierarzt ergriffen werden. Auch Rückschlüsse auf den Gesundheitszustand des Tieres können gezogen werden. Eine detaillierte Einschätzung des Entwicklungsstandes in verschiedenen Altersstufen kann anhand der Perzentilkurven, die Referenzkurven darstellen, erfolgen. Dies erleichtert vor allem eher unerfahrenen Haltern und Tierärzten, die selten Neuweltkameliden behandeln, die Beurteilung von Einzeltieren. Große Zuchtbetriebe können Wachstumstrends einzelner Zuchtlinien oder -tiere verfolgen und in Bezug zu

der Referenzpopulation, an der die Messwerte in dieser Studie erhoben wurden, setzen. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind in der Zuchtbewertung einsetzbar und können für züchterische Entscheidungen genutzt werden. Auch Wachstumsprognosen sind mit Hilfe der Perzentilen möglich. Weiterführende Untersuchungen an einer größeren Gruppe älterer Alpakas ab circa 30 Monaten müssen im Hinblick auf das Wachstumsende beim Alpaka erfolgen.

Für die Futtermittelindustrie können die Daten über die Entwicklung des Körpergewichtes und der Größe zur Erstellung von Bedarfswerten von Bedeutung sein. Die Fütterung kann so art- und altersgerecht gestaltet werden.

Die Möglichkeit der Ermittlung des Körpergewichtes mit Hilfe des Brustumfanges kann vor allem bei tierärztlichen Behandlungen und bei der Dosierung von Medikamenten zum Einsatz kommen. Vorteile dieser Methode stellen die einfache Anwendung und der minimale finanzielle, zeitliche und personelle Aufwand dar. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass bei der Messung nur darauf geachtet werden muss, dass das Maßband möglichst straff unmittelbar kaudal der Vordergliedmaßen angelegt wird. Der gemessene Wert kann entweder direkt in die Formel eingesetzt werden, oder das entsprechende Gewicht in der Grafik, die das Körpergewicht in Abhängigkeit vom Thoraxumfang darstellt, abgelesen werden. Auch die Nutzung einer Tabelle, die Umfangsmaße und das entsprechende Gewicht gegenüberstellt, ist denkbar.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind für Alpakazüchter und -halter, Zuchtverbände, Veterinärmediziner und Futtermittelhersteller von großer praktischer Bedeutung. Insbesondere die in dieser Dissertation beschriebenen Wachstums- und Perzentilkurven sowie die Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes sind hilfreich für die Arbeit mit Alpakas.

## 6 Zusammenfassung

Grund, Sarah

### **Morphometrische Untersuchung des Wachstums beim Alpaka (*Vicugna pacos*) von der Geburt bis zu einem Alter von 36 Monaten**

Veterinär-Anatomisches Institut der Veterinärmedizinischen Fakultät, Universität Leipzig

eingereicht im Oktober 2013

98 Seiten, 19 Abbildungen, 18 Tabellen, 131 Literaturangaben, Anhang

Schlüsselwörter: Alpaka, Wachstum, Entwicklung, Perzentilkurven, Körpergewicht, Körpermaße, Morphometrie

Außerhalb ihrer ursprünglichen Heimat in Südamerika steigt die Anzahl der Alpakas stetig an. Die Tiere erfreuen sich auch in Deutschland einer großen Beliebtheit. Aktuellen Schätzungen zufolge leben in Deutschland circa 10.000 Alpakas. Sie werden zur Wollgewinnung, sowie als Begleit- und Therapietiere in kleinen Hobbyhaltungen oder in Beständen mit einer Herdengröße von bis zu 150 Tieren gehalten. Damit verbunden werden auch zunehmende Ansprüche an die Qualität der tierärztlichen Betreuung dieser Neuweltkameliden gestellt. Die Beurteilung des Wachstums und der Entwicklung junger Alpakas bildet dabei, genauso wie im Rahmen der Zucht, eine wichtige Grundlage. Derzeit existieren nur unzureichende Informationen über den Wachstumsverlauf beim Alpaka. Bisher dienten proportional angepasste Daten vom Lama zur Orientierung. Das Ziel dieser Arbeit ist die auf morphometrischen Daten basierende Beschreibung der physiologischen Entwicklung des Skelettes und des Körpergewichtes beim Alpaka in den ersten 36 Lebensmonaten. Weiterhin soll untersucht werden, welche Faktoren Einfluss auf das Wachstum junger Alpakas haben. Die Bestimmung einer Gleichung zur Berechnung des Körpergewichtes stellt einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit dar.

Über einen Zeitraum von 12 Monaten wurden 162 Alpakas im Alter von wenigen Tagen bis zu 36 Monaten vermessen. In einem zweiwöchentlichen Rhythmus wurden 9 verschiedene Parameter bei jedem Tier erfasst: Gewicht, Widerristhöhe, Hüfthöhe, Rückenlänge, Rumpflänge, Tuberculum majus-Olecranon-Distanz (TOD), Basis patellae-Tuber ischiadicum-Distanz (BTD), Thoraxumfang und Body Condition Score. Mit Hilfe von speziell angefertigten Messschiebern, einer digitalen Waage und

einem flexiblen Maßband erfolgte die Datenerhebung am stehenden Tier. Das Wachstum beeinflussende Faktoren wurden mittels Allgemeiner Untersuchung der Tiere, stichprobenartigen Kotprobenuntersuchungen, Futtermittelanalysen und vom Halter ausgefüllten Fragebögen erfasst.

Die erhobenen Messwerte wurden unter Verwendung der nichtparametrischen Regression LOESS (locally weighted scatterplot smoothing) zur Erstellung von Wachstumskurven genutzt, die den durchschnittlichen Wachstumsverlauf des Körpergewichtes, sowie verschiedener Körpermaße von bis zu 36 Monate alten Alpakas darstellen. Sie ermöglichen die Beurteilung der körperlichen Entwicklung eines Alpakas. Unter Anwendung der LMS-Methode (Schiefe der Verteilung der Messwerte  $\lambda$  [L], Mittelwert M, Standardabweichung S) wurden Perzentilkurven von vier Parametern erstellt, die als Referenzkurven und Richtlinien zur Beurteilung der tierartspezifischen Größe und des Gewichtes genutzt werden können. Wachstumsprognosen und Rückschlüsse auf das Alter eines Alpakas sind mit Hilfe der Perzentilkurven möglich. Sowohl die Wachstumskurven als auch die Perzentilkurven lassen erkennen, dass Alpakas mit 36 Monaten noch nicht ausgewachsen sind. Die Kurven wurden anhand von Messwerten von Alpakas erarbeitet, die unter Bedingungen gehalten wurden, die keinen beziehungsweise einen minimalen Einfluss auf das Wachstum haben. Dies ist anhand der Ergebnisse der parasitologischen Untersuchungen und der Futtermittelanalysen erkennbar. Weitere Auswertungen der Messdaten zeigen, dass keine signifikanten Entwicklungsunterschiede zwischen Hengsten und Stuten beziehungsweise zwischen der Rasse Huacaya und der Rasse Suri bestehen. Ähnlich wie bei anderen Tierarten auch, eignet sich der Thoraxumfang zur zuverlässigen Berechnung des Körpergewichtes besonders gut. Eine große Korrelation besteht auch zwischen der Rumpfbeziehungsweise der Rückenlänge und dem Körpergewicht.

Praktische Bedeutung haben die Erkenntnisse dieser Arbeit vor allem für Alpakazüchter und -halter, sowie für Veterinärmediziner. Die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für das Fütterungs- und Reproduktionsmanagement beim Alpaka.

## 7 Summary

Grund, Sarah

### **Morphometric evaluation of the growth of Alpacas (*Vicugna pacos*) from birth to 36 months of age**

Institute of Veterinary Anatomy, Histology and Embryology of the Faculty of Veterinary Medicine,  
University of Leipzig

submitted in October 2013

98 pages, 19 figures, 18 tables, 131 references, appendix

keywords: alpaca, growth, development, percentile curves, body weight, body measurements,  
morphometry

The number of alpacas bred outside their natural habitat in South America increases continuously. Alpacas become more and more popular in Germany. According to recent estimates about 10.000 alpacas live in Germany. They are used for wool production, as companion animal and for therapeutic treatments. The alpacas are kept as pets in smaller groups or as livestock in herds of up to 150 animals. Due to the rising number of these camelids in Germany and more intense use, higher demands on the quality of veterinary care of alpacas occur. Knowledge and data on growth and development in young alpacas are essential for an objective health evaluation as well as for breeding management. Currently very limited information is available on growth of alpacas and the data published have been adapted by calculation using measurements performed on llamas. The primary objective of this study was to determine the physiological development of the skeleton and the body weight of alpacas from birth until 36 months of age based on morphometric data. An additional aim was to analyze factors that influence the growth of young alpacas. A third focus of this study was to generate a mathematical formula to calculate the body weight.

The measurements were performed on 162 alpacas with an age ranging from the first day of life up to 36 months. For each alpaca nine different parameters were determined every two weeks: body weight, height at withers, height in the hip, thoracic circumference, length of the back, length of the trunk, Greater tubercle-Olecranon-distance (TOD), Base of the patella-Ischial tuber-distance (BTD) and body condition score. All measurements were carried out on standing animals. Three custom designed caliper gauges, a digital balance and a flexible measuring tape were used to obtain the nine parameters.

Factors that influence growth were captured by clinical examination, randomized fecal samples, analysis of forage and a questionnaire completed by the breeder.

Based on the data collected growth curves were developed using the nonparametric regression LOESS (locally weighted scatterplot smoothing). These curves represent the average growth pattern of body weight and various body measurements of up to 36 months old alpacas. Using these curves the physical development of this species can be assessed. By applying the LMS-Method (skewness of the measurement distribution  $\lambda$  [L], mean M, coefficient of variation S) percentile curves of four different parameters have been generated. They can serve as reference curves and as guidelines for objective evaluation of species specific size and weight. Using the percentile curves a reliable prediction of growth or conclusions regarding the age of an alpaca are possible. The growth curves as well as the percentile curves show that alpacas are not mature at the age of 36 months. The curves are based upon data from alpacas who were raised under environmental conditions which have no or minimized influence on growth. This is evident in the results of the parasitological examinations and the feed analysis. Further analyses indicate that no significant differences in growth exist between males and females respectively between the two breeds Huacaya and Suri. Like in other species the thoracic circumference is particularly suitable for estimating the body weight. A strong correlation exists between body weight and the length of the trunk as well as the length of the back.

The results of this study are of practical significance for alpaca owners, breeders and veterinarians. They provide a sound basis for recommendations in feeding and management of reproduction.

## 8 Literaturverzeichnis

- 1 Aggrey SE. Accuracy of growth model parameters: effects of frequency and duration of data collection, and missing information. *Growth Dev Aging*. 2008; 71 (1): 45–54.
- 2 Altmann D. Kamele - Abstammung, Domestikation und Verbreitung. In: Legel S, Hrsg. *Nutztiere der Tropen und Subtropen*. 1. Aufl.: Hirzel; 1990: 115–121.
- 3 Arthur P, Renand G, Krauss D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. *Livest Prod Sci*. 2001; 68 (2-3): 131–9.
- 4 Australien Alpaca Association Ltd (AAA). *Alpaca Note > 11: Worms and Alpacas*; 2008.
- 5 Baermann G. Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. *Ned Tijdschr Geneesk*. 1917 (57): 131–7.
- 6 Bertolini R. Wachstum und Altern der Organismen. In: Rosenbauer KA, Hrsg. *Entwicklung, Wachstum, Missbildungen und Altern bei Mensch und Tier*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 1969: 229–244.
- 7 Bravo PW, Garnica J, Puma G. Cria alpaca body weight and perinatal survival in relation to age of the dam. *Anim Reprod Sci*. 2009; 111 (2-4): 214–9.
- 8 Bravo PW, Johnson LW. Reproductive physiology of the male camelid. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 1994; 10 (2): 259–64.
- 9 Bravo PW, Varela MH. Prenatal development of the alpaca (*Lama pacos*). *Anim Reprod Sci*. 1992; 32: 245–52.
- 10 Bustinza AV, Burfening PJ, Blackwell RL. Factors affecting survival in young alpacas (*Lama pacos*). *J Anim Sci*. 1988; 66: 1139–43.
- 11 Cafrune MM, Marín RE, Rigalt FA, Romero SR, Aguirre DH. Prevalence of *Eimeria macusaniensis* and *Eimeria ivitaensis* in South American camelids of Northwest Argentina. *Vet Parasitol*. 2009; 162 (3-4): 338–41.
- 12 Carmalt JL. Protein-Energy Malnutrition in Alpacas. *Compend Contin Educ Vet*. 2000; 22 (12): 1118–25.

- 13 Carmean BR, Johnson KA, Johnson DE, Johnson LW. Maintenance energy requirement of llamas. *Am J Vet Res.* 1992; 53 (9): 1696–8.
- 14 Carroll CL, Huntington PJ. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Vet J.* 1988; 20 (1): 41–5.
- 15 Cebra CK, Stang BV. Comparison of methods to detect gastrointestinal parasites in llamas and alpacas. *J Am Vet Med Assoc.* 2008; 232 (5): 733–41.
- 16 Cebra CK, Valentine BA, Schlipf JW, Bildfell RJ, McKenzie E, Waitt LH et al. *Eimeria macusaniensis* infection in 15 llamas and 34 alpacas. *J Am Vet Med Assoc.* 2007; 230 (1): 94–100.
- 17 Cleveland WS. Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *J Am Stat Assoc.* 1979; 74 (368): 829–36.
- 18 Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Stat Med.* 1992; 11 (10): 1305–19.
- 19 Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. *Eur J Clin Nutr.* 1990; 44: 45–60.
- 20 Crawley MJ. *The R book: Chapter 9.24 Model simplification by stepwise deletion.* Second edition; Wiley 2012: 437–439.
- 21 Dauschies A, Najdrowski M. Eimeriosis in cattle: current understanding. *J Vet Med B.* 2005; 52 (10): 417–27.
- 22 Davis GH, Doods KG, Moore GH, Bruce GD. Seasonal effects on gestation length and birth weight in alpacas. *Anim Reprod Sci.* 1997; 46: 297–303.
- 23 Deplazes P, Eckert J, von Samson-Himmelstjerna G, Zahner H. *Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin.* 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2012.
- 24 de Welchman D, Parr JG, Wood R, Mead AMJ, Starnes AF. Alpaca and llama nematodes in Britain. *Vet Rec.* 2008; 162 (25): 832.
- 25 Dhakal K, Maltecca C, Cassady JP, Baloch G, Williams CM, Washburn SP. Calf birth weight, gestation length, calving ease, and neonatal calf mortality in Holstein, Jersey, and crossbred cows in a pasture system. *J Dairy Sci.* 2013; 96 (1): 690–8.

- 26 DLG. Wiederkäuer und Schweine: Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen; Widerkäuer und Schweine; aktualisierter Auszug aus den DLG-Futterwerttabellen. 11. Aufl. Frankfurt a.M.: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft; 2005.
- 27 Drochner W, Flachowsky G, Pallauf J, Pfeffer E, Rodehutscond M, Staudacher W. Recommendations for the supply of energy and nutrients to goats: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Ziegen. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH; 2003.
- 28 Efron B. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. *Ann Stat.* 1979; 7 (1): 1–26.
- 29 Eiholzer U. Klein- und Grosswuchs in der pädiatrischen Praxis: Vom Symptom zur Diagnose. *Schweizerisches Medizin-Forum.* 2001; 38: 20–7.
- 30 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT: Daten 2013. <http://faostat.fao.org>.
- 31 Fayer R. Epidemiology of protozoan infections: The coccidia. *Vet Parasitol.* 1980; 6 (1-3): 75–103.
- 32 Fitzhugh HA. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J Anim Sci.* 1976; 42 (4): 1036–51.
- 33 Fleischer W. Untersuchungen zum postnatalen Wachstum des Merinofleischschafes (Linie 04) anhand der Körpermasse, einiger Breiten- und Längenmaße sowie histochemischer und histometrischer Untersuchungen am *M. sacrococcygeus ventralis lateralis* [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 1989.
- 34 Foreyt WJ. *Veterinary parasitology reference manual.* 5. Aufl. Ames, Iowa: Iowa State University Press; 2001.
- 35 Fowler ME. *Medicine and surgery of camelids: Chapter 1: General Biology and Evolution.* 3. Aufl. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2010a.
- 36 Fowler ME. *Medicine and surgery of camelids: Chapter 2: Feeding and Nutrition.* 3. Aufl. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2010b.
- 37 Fowler ME. *Medicine and surgery of camelids. Chapter 8: Parasites.* 3. Aufl. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2010c.
- 38 Fowler ME. *Medicine and surgery of camelids: Chapter 9: Multisystem Disorders.* 3. Aufl. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell; 2010d.

- 39 Fraser MD, Baker DH. A comparison of voluntary intake and in vivo digestion in guanacos (*Lama guanicoe*) and sheep given fresh grass. *Anim Sci.* 1998; 67 (03): 567–72.
- 40 French DD, Klei TR. Benzimidazole resistant strongyle infections: a review of significance, occurrence, diagnosis and control. in *Proceedings. 29th Annu Meet Am Assoc Equine Pract.* 1983; 29: 313–7.
- 41 Gareis–Waldburg A. Feldstudien zum Vorkommen von Endoparasiten bei Neuweltkameliden in Ecuador. [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2008.
- 42 Gauly M, Vaughan J, Cebra C, Gerken M. Neuweltkameliden: Haltung, Zucht, Erkrankungen. 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2011.
- 43 Gentry A, Clutton-Brock J, Croves CP. The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *J Archaeol Sci.* 2004; 31: 645–51.
- 44 Gille U. Methoden der mathematischen Aufbereitung von Wachstumsdaten. In: *Reports of the World Association of Veterinary Anatomists and other pertinent organizations - 18th Congress of the European Association of Veterinary Anatomists, Leipzig 21 -25 August 1990.* *Anat Histol Embryol* 1991; 20: 265-288
- 45 Gompertz B. On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies. *Philos Trans R Soc Lond.* 1825; 115: 513–83.
- 46 Heinemann D, Wendt H. Die Schwielensohler: Die Lamas. In: Grzimek B, Hrsg. *Grzimeks Tierleben: Enzyklopädie des Tierreichs.* München: Dt. Taschenbuch-Verl; 1993: 140–148.
- 47 Heinrichs AJ, Rogers GW, Cooper JB. Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *J Dairy Sci.* 1992; 75 (12): 3576–81.
- 48 Hengrave Burri I, Martig J, Sager H, Liesegang A, Meylan M. Neuweltkameliden in der Schweiz. I. Population, Haltung und Gesundheitsprobleme. *Schweiz Arch Tierheilkd.* 2005; 147 (8): 325–34.
- 49 Herre W. Studien über die wilden und domestizierten Tylopoden Südamerikas. *Zool. Gart.* 1952; 19: 70–98.
- 50 Hilton CD, Pugh DG, Wright JC, Waldridge BM, Simpkins SA, Heath AM. How to determine and when to use body weight estimates and condition scores in llamas. *Vet Med.* 1998; 93 (11): 1015–8.

- 51 Hoffman E. The Complete Alpaca Book. 2nd revised Edition; Santa Cruz: Bonny Doon Press. 2006.
- 52 Huasasquiche A. Balance del nitrogeno y digestibilidad en alpacas y ovinos.: (Nitrogen balance and digestibility in alpacas and sheep.) [B.S. Thesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1974.
- 53 Jacoby WG. Loess: a nonparametric, graphical tool for depicting relationships between variables. *Elect Stud.* 2000; 19 (4): 577–613.
- 54 Janoschek A. Das reaktionskinetische Grundgesetz und seine Beziehungen zum Wachstums- und Ertragsgesetz. *Statistische Vierteljahresschrift*, X. Band. 1957 (1): 25–37.
- 55 Jeroch, Flachowsky, Weißbach. *Futtermittelkunde*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag Jena; 1993.
- 56 Johnson AL, Stewart JE, Perkins GA. Diagnosis and treatment of *Eimeria macusaniensis* in an adult alpaca with signs of colic. *Vet J.* 2009; 179 (3): 465–7.
- 57 Johnson LW. Update. Llama nutrition. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1994; 10 (2): 187–201.
- 58 Judson GJ, Feakes A. Vitamin D doses for alpacas (*Lama pacos*). *Aust Vet J.* 1999; 77 (5): 310–5.
- 59 Judson GJ, McGregor BA, Partington DL. Factors associated with low vitamin D status of Australian alpacas. *Aust Vet J.* 2008; 86 (12): 486–90.
- 60 Kadwell M, Fernandez M, Stanley HF, Baldi R, Wheeler JC, Rosadio R et al. Genetic analysis reveals the wild ancestors of the llama and the alpaca. *Proceedings of the Royal Society of London B.* 2001 (268).
- 61 Kamphues J, Coenen M, Iben C, Kienzle E, Pallauf J, Simon O, Wanner M, Zentek J. *Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung*. 11. Aufl. Hannover: Schaper; 2009.
- 62 Khadilkar V, Khadilkar A. Growth charts: A diagnostic tool. *Indian J Endocrinol Metab.* 2011; 15 Suppl 3: 166-71.
- 63 Kiesling C. Weight estimates for llamas based on body dimensions. 2nd European Symposium on South American Camelids (Camerino): Proceedings. 1995: 71–6.

- 64 Kolb E. Vom Leben und Verhalten unserer Haustiere. Leipzig: Hirzel; 1977.
- 65 Koletzko B., von Harnack GA. Kinder- und Jugendmedizin. 13. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg; 2007.
- 66 Krahrmer R. Über Wachstumsveränderungen des Skelettes beim weiblichen Deutschen Schwarzbunten Rind von der Geburt bis zum Wachstumsabschluss, unter besonderer Beachtung der Gliedmaßen (Teil 1 und 2). *Anat Anz.* 1972 (131): 136–56.
- 67 Krieger M. The International Alpaca Standards; 2000 [zitiert am 16.02.2013]. <http://www.geocities.ws/mkriegeralpaca/>.
- 68 Kuczumski RJ, Ogden CL, Guo SS. 2000 CDC growth charts for the United States: Methods and development. Hyattsville, Md: Dept. of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics; 2002.
- 69 La Manna V, La Terza A, Ghezzi S, Saravanaperumal SA, Apaza N, Huanca T et al. Analysis of genetic distance between Peruvian Alpaca (*Vicugna Pacos*) showing two distinct fleece phenotypes, Suri and Huacaya, by means of microsatellite markers. *Ital J Anim Sci.* 2011; 10 (4): 271–76.
- 70 Lark KG, Chase K, Sutter NB. Genetic architecture of the dog: sexual size dimorphism and functional morphology. *Trends Genet.* 2006; 22 (10): 537–44.
- 71 Lawrence TLJ, Fowler VR, Novakofski JE. Growth of farm animals. 3. Aufl. Wallingford, Oxfordshire, UK; Cambridge, MA: CABI; 2012.
- 72 Leguía G. The Epidemiology and Economic Impact of Llama Parasites. *Parasitol Today.* 1991; 7 (2): 54–6.
- 73 Leon JB, Smith BB, Timm KI. Growth characteristics of the llama (*Lama glama*) from birth to 12 months old. *Vet Rec.* 1989; 125: 644–5.
- 74 López A, Raggi LA. Requerimientos nutritivos de camélidos sudamericanos: Llamas (*Lama glama*) y Alpacas (*Lama pacos*). *Arch Med Vet.* 1992; 24 (2): 121–30.
- 75 Marin JC. Sistemática, taxonomía y domesticación de alpacas y llamas: nueva evidencia cromosómica y molecular: Systematics, taxonomy and domestication of alpaca and llama: new chromosomal and molecular evidence. *Rev Chil Hist Nat.* 2007; 80: 121–40.
- 76 McCracken TO, Kainer RA, Spurgeon TL. Spurgeon's color atlas of large animal anatomy: The essentials. 1 Aufl. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.

- 77 McKenna, PB. Register of new host-parasite records. *Surveillance*. 2003; 30 (4): 15–6.
- 78 Mignon-Grasteau S, Piles M, Varona L, Rochambeau H de, Poivey JP, Blasco A et al. Genetic analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. *J Anim Sci*. 2000; 78 (10): 2515–24.
- 79 National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World Camelids. Washington, D.C: National Academies Press; 2007.
- 80 Naumann K, Bassler R, Seibold R, Barth K. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln: Methodenbuch, Bd. III mit Ergänzungslieferungen 1983 und 1988. Darmstadt: VDLUFA-Verlag; 1976.
- 81 Neuling R. Untersuchungen zum postnatalen Wachstum des Skeletts und der Körpermasse beim Pferd [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 1998.
- 82 Palacios CA, Perales RA, Chavera AE, Lopez MT, Braga WU, Moro M. *Eimeria macusaniensis* and *Eimeria ivitaensis* co-infection in fatal cases of diarrhoea in young alpacas (*Lama pacos*) in Peru. *Vet Rec*. 2006; 158 (10): 344–5.
- 83 Parker JE, Timm KI, Smith BB, van Saun RJ, Winters KM, Sukon P et al. Seasonal interaction of serum vitamin D concentration and bone density in alpacas. *Am J Vet Res*. 2002; 63 (7): 948–53.
- 84 Piccinini M, Kleinschmidt T, Jürgens KD, Braunitzer G. Primary Structure and Oxygen-Binding Properties of the Hemoglobin from Guanaco (*Lama guanacoe*, Tylopoda). *Biol. Chem*. 1990; 371: 641–8.
- 85 Pinto LFB, de Almeida FQ, Quirino CR, de Azevedo PCN, Cabral GC, Santos EM et al. Evaluation of the sexual dimorphism in Mangalarga Marchador horses using discriminant analysis. *Livest Sci*. 2008; 119 (1-3): 161–6.
- 86 Purzyc H, Kobryńczuk F, Bojarski J. Sexual dimorphism in Hucul horses using discriminant analysis. *Animal*. 2011; 5 (04): 506–11.
- 87 Quispe E, Rodríguez T, Iñiguez L, Mueller J. Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica. *Anim Genet Resour. Inf*. 2009; 45: 1.
- 88 Ranke MB, von Harnack GA. Wachstum, Entwicklung und Reife. In: Koletzko B, Harnack GA v., Hrsg. *Kinder- und Jugendmedizin*. 13. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg; 2007: 1–12.

- 89 Reichel D. Magen-Darm-Parasiten-Befall bei Mutterschafen und Lämmern auf einer Mähstandweide [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2000.
- 90 Renieri C, Frank E, Rosati A, Antonini M. Definición de razas en llamas y alpacas. *Anim Genet Resour Inf.* 2009; 45: 45–54
- 91 Rickard LG, Bishop JK. Prevalence of *Eimeria* spp. (Apicomplexa: Eimeriidae) in Oregon llamas. *J Protozool.* 1988; 35 (3): 335–6.
- 92 Riek A. Ein Beitrag zur Energieversorgung von milchernährten Lamafohlen und laktierenden Lamastuten (*Lama glama*). *Tierarztl Prax.* 2008 (36): 338–42.
- 93 Riek A, Gerken M. Measurements of the bodyweight and other physical characteristics of 11 llamas (*Lama glama*) from birth to weaning. *Vet Rec.* 2007; 161: 520–4.
- 94 Riek A, Gerken M, Moors E. Measurement of Milk Intake in Suckling Llamas (*Lama glama*) Using Deuterium Oxide Dilution. *J Dairy Sci.* 2007; 90 (2): 867–75.
- 95 Rohbeck S. Parasitosen des Verdauungstrakts und der Atemwege bei Neuweltkameliden. 1. Aufl. Wettenberg: VVB Laufersweiler; 2006
- 96 Röschke C. Untersuchungen zur Primärdatenerfassung bei der Kontrolle des Wachstums von Junggrindern in industriemäßig produzierenden Aufzuchtanlagen [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 1974.
- 97 Rössle R. Wachstum und Altern: Bände 20-22 von Ergebnissen der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie. München: Bergmann; 1923.
- 98 Safari E, Fogarty N, Gilmour A. A review of genetic parameter estimates for wool, growth, meat and reproduction traits in sheep. *Livest Prod Sci.* 2005; 92 (3): 271–89.
- 99 Sager G. Zuwachsfunktionen vom Typ  $dW/dt=kt^p(E-W)^n$  und ihre Integrale. *Ann Anat.* 1978; 144: 366–74.
- 100 Salomon FV, Flüge AK, Hartmann J, Schulze A. Das postnatale Wachstum des Skeletts und der Körpermasse von Hauskatzen. *Kleintierpraxis.* 2008; 53 (11): 677–86.
- 101 Salomon FV. Über das Skelettwachstum von Schweinen und Schafen anhand longitudinaler postnataler und transversaler pränataler Messungen [Dissertation med vet B]. Leipzig: Univ. Leipzig; 1981.
- 102 Salomon FV. Lehrbuch der Geflügelanatomie. Jena: G. Fischer; 1993.

- 103 San Martin F, Bryant FC. Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. *Small Rumin Res.* 1989; 2 (3): 191–216.
- 104 Schaps KP, Kessler O, Fetzner U, Brüggemann M. Gesundheitsstörungen: Kapitel 15: Wachstum, Entwicklung. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2008.
- 105 Schlögel C. Erhebungen zum Vorkommen von Endo- sowie Ektoparasiten bei Neuweltkameliden [Dissertation med vet] München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2010
- 106 Schmäschke R. Ergebnisse parasitologischer Untersuchungen 2005 - 2011 und Einsatz von Antiparasitaria bei Neuweltkameliden. Leipzig: 6. Leipziger Tierärztekongress, 19. – 21.01.2012, 2012.
- 107 Schmidt D. Wachstum. In: Ribbeck R, Wiesner E, Hrsg. Lexikon der Veterinärmedizin. 4. Aufl. Stuttgart: Enke; 2000: 1567.
- 108 Schneider W, Hauffe R, von Engelhardt W. Energie und Stickstoffumsatz beim Lama. *Proceedings: Energy Metabolism of Farm Animals (6th Symposium, European Association of Animal Production.* 1974; 14: 127–30.
- 109 Schock A, Bidewell CA, Duff JP, Scholes SF, Higgins RJ. Coccidiosis in British alpacas (*Vicugna pacos*). *Vet Rec.* 2007; 160 (23): 805–6.
- 110 Schulze A. Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Deutsche Dogge [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2000.
- 111 Smith BB, Timm KI, Reed PJ. Morphometric evaluation of growth in llamas (*Lama glama*) from birth to maturity. *J Am Vet Med Assoc.* 1992; 200 (8): 1095–100.
- 112 Smith BB, van Saun RJ. Seasonal changes in serum calcium, phosphorus, and vitamin D concentrations in llamas and alpacas. *Am J Vet Res.* 2001; 62 (8): 1187–93.
- 113 Spennes J. Untersuchung zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Golden Retriever [Dissertation med vet]. Leipzig: Univ. Leipzig; 2009.
- 114 Stanley HF, Kadwell M, Wheeler JC. Molecular Evolution of the Family Camelidae: A Mitochondrial DNA Study. *Proc Biol Sci.* 1994; 256 (1345): 1–6.
- 115 Sumar JB. Reproduction in llamas and alpacas. *Anim Reprod Sci.* 1996; 42 (1-4): 405–15.
- 116 Tanner JM. Normal growth and techniques of growth assessment. *Clin Endocrinol Metab.* 1986; 15 (3): 411–51.

- 117 Thenius E. Die Schwielensohler: Stammesgeschichte. In: Grzimek B, Hrsg. Grzimeks Tierleben: Enzyklopädie des Tierreichs. München: Dt. Taschenbuch-Verl; 1993: 126–127.
- 118 Timm KI, Smith BB, Gauly M. Anatomie und Physiologie. In: Gauly M, Vaughan J, Cebra C, Gerken M, Hrsg. Neuweltkameliden: Haltung, Zucht, Erkrankungen. 3. Aufl. Stuttgart: Enke; 2011: 7–21.
- 119 Trah M. Die Fütterung von Neuweltkameliden: Praktische Hinweise zur Fütterung von Lamas (*Lama glama*) und Alpakas (*Lama pacos*). Tierarztl Prax. 1992; 20 (4): 435–8.
- 120 Twomey DF, Allen K, Bell S, Evans C, Thomas S. *Eimeria ivitaensis* in British alpacas. Vet Rec. 2010; 167 (20): 797–8.
- 121 van Saun RJ, Smith BB, Watrous BJ. Evaluation of vitamin D status of llamas and alpacas with hypophosphatemic rickets. J Am Vet Med Assoc. 1996; 209 (6): 1128–33.
- 122 van Saun RJ. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. Small Rumin Res. 2006; 61 (2-3): 165–86.
- 123 van Saun RJ. Nutritional Diseases of Llamas and Alpacas. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 2009; 25 (3): 797–810.
- 124 van Saun RJ. Nutritional Requirements and Feeding the Growing Cria; 2010 [zitiert am 08.04.2013]. <http://media.openherd.com/users/3037/Documents%20%26%20Articles/Nutritional%20Requirements%20and%20Feeding%20the%20Growing%20Cria.pdf>
- 125 von Bertalanffy. Wachstum: Beitrag 6. In: Helmcke JG, v. Lengerken H, Starck G, Hrsg. Handbuch der Zoologie., Bd. 8, Mammalia. Lfg. 10 : T. 4, Intraplasmatisher Stoffwechsel. Berlin: de Gruyter; 1957: 1–68.
- 126 Warmington BG, Wilson GF, Barry TN. Voluntary intake and digestion of ryegrass straw by llama × guanaco crossbreds and sheep. The Journal of Agricultural Science. 1989; 113: 87–91.
- 127 Warriss PD, Edwards JE. Estimating the live weight of sheep from chest girth measurements. Vet Rec. 1995; 137 (5): 123–4.
- 128 Wheeler JC, Chikhi L, Bruford MW. Genetic Analysis of the Origin of Domestic South American Camelids: Chapter 23. In: Zeder MA, Bradley DG, Emshwiller E, Smith BD, Hrsg. Documenting domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms. Berkeley, Calif: University of California Press; 2006: 321–341.

- 129 Wheeler JC. Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biol J Linn Soc Lond.* 1995; 54: 271–95.
- 130 WHO Multicentre growth reference study group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Suppl.* 2006; 450: 76–85.
- 131 Wurzinger M, Delgado J, Nürnberg M, Valle Zárate A, Stemmer A, Ugarte G et al. Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. *Livest Prod Sci.* 2005; 95 (1-2): 73–81.
- 132 Zanolari P, Schönmann M. *Neuweltkameliden: Praktische Informationen zur Haltung von Neuweltkameliden.* Dallenwil: Odermatt; 2008.

## 9 Anhang

### 9.1 Interpolierte Werte der Perzentilkurven

**Tabelle 9.1**

*Interpolierte Werte der Perzentilkurven für das Körpergewicht [kg] beim Alpaka (Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter).*

Alter [Tage]	3. Perzentile	10. Perzentile	50. Perzentile	90. Perzentile	97. Perzentile
0	5,527	6,098	7,308	8,685	9,500
5	6,477	7,088	8,460	10,065	11,000
10	7,419	8,075	9,607	11,447	12,512
15	8,338	9,041	10,729	12,804	14,005
20	9,196	9,944	11,779	14,079	15,412
25	9,979	10,771	12,742	15,250	16,709
30	10,677	11,511	13,607	16,301	17,873
35	11,277	12,153	14,362	17,217	18,885
40	11,804	12,721	15,038	18,034	19,783
45	12,292	13,251	15,673	18,800	20,621
50	12,762	13,765	16,292	19,542	21,428
55	13,222	14,269	16,898	20,262	22,205
60	13,676	14,766	17,491	20,956	22,946
65	14,134	15,267	18,081	21,630	23,658
70	14,587	15,761	18,654	22,270	24,330
75	15,027	16,241	19,200	22,867	24,953
80	15,461	16,714	19,728	23,434	25,550
85	15,886	17,178	20,242	23,985	26,140
90	16,290	17,630	20,742	24,526	26,737
120	15,868	17,663	22,005	27,199	30,004
150	17,377	19,367	24,187	29,945	33,041
180	18,628	20,792	26,038	32,289	35,637
210	19,684	22,011	27,644	34,337	37,906
240	20,620	23,104	29,107	36,210	39,979
270	21,508	24,150	30,520	38,022	41,985
300	22,408	25,216	31,964	39,870	44,027
330	23,351	26,333	33,478	41,801	46,155
360	24,337	27,504	35,062	43,812	48,364
390	25,346	28,706	36,685	45,857	50,602
420	26,347	29,903	38,300	47,872	52,790

450	27,311	31,065	39,865	49,795	54,860
480	28,218	32,170	41,349	51,583	56,756
510	29,057	33,208	42,738	53,212	58,453
540	29,830	34,182	44,035	54,681	59,947
570	30,540	35,097	45,244	55,999	61,249
600	31,197	35,965	46,382	57,183	62,381
630	31,813	36,803	47,468	58,262	63,379
660	32,408	37,632	48,527	59,273	64,287
690	32,998	38,471	49,584	60,253	65,151
720	33,597	39,335	50,657	61,230	66,006
750	34,209	40,229	51,752	62,216	66,871
780	34,834	41,152	52,870	63,218	67,753
810	35,469	42,103	54,007	64,235	68,653
840	36,109	43,076	55,157	65,263	69,569
870	36,750	44,068	56,316	66,297	70,495
900	37,386	45,075	57,479	67,334	71,429
930	38,016	46,094	58,643	68,371	72,368
960	38,631	47,126	59,807	69,409	73,314
990	39,243	48,169	60,973	70,451	74,267
1020	39,809	49,222	62,141	71,496	75,229
1050	40,322	50,285	63,309	72,545	76,200
1080	40,881	51,354	64,478	73,598	77,178

**Tabelle 9.2**

*Interpolierte Werte der Perzentilcurven für die Widerristhöhe [cm] beim Alpaka (Widerristhöhe in Abhängigkeit vom Alter).*

Alter [Tage]	3. Perzentile	10. Perzentile	50. Perzentile	90. Perzentile	97. Perzentile
0	50,369	52,197	55,909	59,973	62,316
5	51,435	53,256	57,045	61,136	63,357
10	52,445	54,280	58,160	62,285	64,445
15	53,421	55,296	59,254	63,414	65,535
20	54,350	56,260	60,295	64,486	66,581
25	55,195	57,136	61,232	65,444	67,518
30	55,945	57,909	62,051	66,276	68,335
35	56,596	58,579	62,753	66,985	69,031
40	57,189	59,186	63,381	67,616	69,652
45	57,796	59,799	64,006	68,242	70,273
50	58,403	60,410	64,623	68,859	70,886
55	58,976	60,985	65,199	69,435	71,461

9 Anhang

<b>60</b>	59,519	61,529	65,744	69,981	72,012
<b>65</b>	60,036	62,050	66,269	70,516	72,557
<b>70</b>	60,474	62,498	66,728	70,989	73,043
<b>75</b>	60,793	62,837	67,084	71,363	73,436
<b>80</b>	61,005	63,080	67,352	71,655	73,753
<b>85</b>	61,153	63,275	67,583	71,919	74,056
<b>90</b>	61,293	63,485	67,840	72,221	74,417
<b>120</b>	61,709	64,266	69,577	74,784	77,212
<b>150</b>	63,232	65,848	71,273	76,569	79,026
<b>180</b>	64,544	67,217	72,745	78,111	80,587
<b>210</b>	65,651	68,379	73,997	79,414	81,900
<b>240</b>	66,581	69,361	75,056	80,507	82,994
<b>270</b>	67,379	70,206	75,966	81,436	83,919
<b>300</b>	68,098	70,966	76,776	82,256	84,731
<b>330</b>	68,784	71,685	77,532	83,014	85,480
<b>360</b>	69,471	72,394	78,265	83,743	86,200
<b>390</b>	70,169	73,104	78,982	84,452	86,900
<b>420</b>	70,870	73,806	79,676	85,129	87,568
<b>450</b>	71,563	74,488	80,333	85,761	88,188
<b>480</b>	72,234	75,140	80,945	86,337	88,750
<b>510</b>	72,876	75,755	81,504	86,849	89,24
<b>540</b>	73,481	76,325	82,006	87,293	89,663
<b>570</b>	74,045	76,850	82,450	87,667	90,010
<b>600</b>	74,573	77,334	82,841	87,978	90,289
<b>630</b>	75,071	77,785	83,193	88,240	90,514
<b>660</b>	75,553	78,217	83,518	88,469	90,703
<b>690</b>	76,029	78,642	83,832	88,682	90,874
<b>720</b>	76,508	79,068	84,145	88,891	91,040
<b>750</b>	76,990	79,496	84,459	89,099	91,204
<b>780</b>	77,472	79,925	84,773	89,308	91,369
<b>810</b>	77,954	80,352	85,086	89,517	91,533
<b>840</b>	78,431	80,777	85,398	89,724	91,696
<b>870</b>	78,903	81,196	85,705	89,928	91,857
<b>900</b>	79,369	81,610	86,010	90,132	92,018
<b>930</b>	79,831	82,021	86,313	90,336	92,180
<b>960</b>	80,290	82,430	86,616	90,543	92,346
<b>990</b>	80,748	82,838	86,922	90,754	92,518
<b>1020</b>	81,203	83,245	87,229	90,970	92,695
<b>1050</b>	81,656	83,651	87,537	91,189	92,877
<b>1080</b>	82,106	84,054	87,845	91,411	93,062

**Tabelle 9.3**

*Interpolierte Werte der Perzentilkurven für die Hüfthöhe [cm] beim Alpaka (Hüfthöhe in Abhängigkeit vom Alter).*

<b>Alter [Tage]</b>	<b>3. Perzentile</b>	<b>10. Perzentile</b>	<b>50. Perzentile</b>	<b>90. Perzentile</b>	<b>97. Perzentile</b>
0	50,978	52,599	56,328	60,993	64,085
5	51,947	53,592	57,384	61,978	64,744
10	52,910	54,593	58,456	63,000	65,585
15	53,888	55,617	59,551	64,061	66,523
20	54,855	56,629	60,630	65,111	67,481
25	55,753	57,567	61,621	66,073	68,370
30	56,536	58,384	62,482	66,903	69,139
35	57,199	59,080	63,213	67,603	69,789
40	57,814	59,725	63,892	68,259	70,405
45	58,456	60,397	64,601	68,957	71,077
50	59,111	61,083	65,326	69,685	71,793
55	59,730	61,732	66,014	70,385	72,489
60	60,281	62,312	66,632	71,017	73,122
65	60,778	62,841	67,199	71,601	73,712
70	61,207	63,305	67,703	72,125	74,245
75	61,536	63,676	68,115	72,557	74,689
80	61,784	63,973	68,455	72,921	75,073
85	61,973	64,223	68,756	73,253	75,437
90	62,132	64,469	69,059	73,599	75,835
120	62,735	65,290	70,673	76,050	78,592
150	64,490	67,052	72,488	77,947	80,531
180	66,023	68,588	74,060	79,578	82,195
210	67,339	69,903	75,393	80,951	83,589
240	68,465	71,023	76,519	82,097	84,750
270	69,449	71,997	77,486	83,074	85,734
300	70,342	72,877	78,353	83,941	86,606
330	71,188	73,709	79,166	84,752	87,421
360	72,016	74,521	79,957	85,539	88,213
390	72,830	75,318	80,731	86,309	88,987
420	73,620	76,090	81,478	87,050	89,733
450	74,372	76,824	82,185	87,748	90,433
480	75,075	77,510	82,842	88,390	91,074
510	75,723	78,140	83,441	88,970	91,650
540	76,310	78,712	83,980	89,483	92,156
570	76,839	79,225	84,458	89,930	92,594
600	77,315	79,686	84,883	90,320	92,970
630	77,751	80,107	85,266	90,665	93,300
660	78,162	80,503	85,624	90,983	93,602
690	78,562	80,889	85,972	91,290	93,892

<b>720</b>	78,960	81,273	86,318	91,596	94,182
<b>750</b>	79,357	81,656	86,664	91,903	94,474
<b>780</b>	79,751	82,036	87,007	92,206	94,762
<b>810</b>	80,136	82,408	87,341	92,502	95,044
<b>840</b>	80,509	82,767	87,662	92,784	95,312
<b>870</b>	80,866	83,110	87,967	93,049	95,565
<b>900</b>	81,204	83,436	88,253	93,296	95,798
<b>930</b>	81,526	83,745	88,522	93,525	96,015
<b>960</b>	81,837	84,043	88,780	93,743	96,222
<b>990</b>	82,140	84,333	89,032	93,955	96,422
<b>1020</b>	82,438	84,619	89,279	94,163	96,620
<b>1050</b>	82,732	84,902	89,523	94,368	96,817
<b>1080</b>	83,024	85,184	89,766	94,572	97,017

**Tabelle 9.4**

*Interpolierte Werte der Perzentilkurven für die Rumpflänge [cm] beim Alpaka (Rumpflänge in Abhängigkeit vom Alter).*

<b>Alter [Tage]</b>	<b>3. Perzentile</b>	<b>10. Perzentile</b>	<b>50. Perzentile</b>	<b>90. Perzentile</b>	<b>97. Perzentile</b>
<b>0</b>	37,921	39,069	41,665	44,778	46,702
<b>5</b>	39,564	40,705	43,357	46,573	48,499
<b>10</b>	41,223	42,370	45,084	48,409	50,370
<b>15</b>	42,882	44,043	46,827	50,260	52,267
<b>20</b>	44,462	45,645	48,499	52,031	54,079
<b>25</b>	45,918	47,127	50,052	53,664	55,740
<b>30</b>	47,212	48,452	51,443	55,115	57,203
<b>35</b>	48,327	49,599	52,653	56,366	58,452
<b>40</b>	49,307	50,612	53,727	57,466	59,539
<b>45</b>	50,198	51,537	54,706	58,460	60,513
<b>50</b>	51,047	52,418	55,637	59,399	61,429
<b>55</b>	51,889	53,290	56,556	60,323	62,330
<b>60</b>	52,713	54,143	57,452	61,221	63,207
<b>65</b>	53,511	54,973	58,324	62,096	64,064
<b>70</b>	54,232	55,728	59,120	62,893	64,844
<b>75</b>	54,825	56,355	59,785	63,550	65,487
<b>80</b>	55,292	56,861	60,322	64,074	65,999
<b>85</b>	55,659	57,274	60,767	64,504	66,422
<b>90</b>	55,969	57,643	61,170	64,895	66,822
<b>120</b>	53,595	56,502	62,331	67,842	70,355
<b>150</b>	55,873	58,834	64,810	70,483	73,071

<b>180</b>	57,866	60,874	66,971	72,771	75,416
<b>210</b>	59,593	62,645	68,842	74,734	77,419
<b>240</b>	61,098	64,193	70,473	76,430	79,137
<b>270</b>	62,434	65,576	71,929	77,928	80,645
<b>300</b>	63,661	66,852	73,274	79,299	82,015
<b>330</b>	64,825	68,069	74,557	80,599	83,309
<b>360</b>	65,952	69,254	75,808	81,860	84,560
<b>390</b>	67,045	70,407	77,026	83,083	85,770
<b>420</b>	68,093	71,516	78,197	84,254	86,925
<b>450</b>	69,079	72,565	79,303	85,353	88,006
<b>480</b>	69,990	73,540	80,331	86,365	88,996
<b>510</b>	70,820	74,436	81,275	87,2866	89,891
<b>540</b>	71,573	75,256	82,138	88,119	90,695
<b>570</b>	72,256	76,007	82,929	88,873	91,418
<b>600</b>	72,880	76,703	83,661	89,563	92,077
<b>630</b>	73,462	77,360	84,352	90,211	92,691
<b>660</b>	74,020	77,998	85,024	90,837	93,285
<b>690</b>	74,567	78,630	85,690	91,459	93,874
<b>720</b>	75,111	79,262	86,358	92,082	94,467
<b>750</b>	75,651	79,895	87,027	92,708	95,064
<b>780</b>	76,182	80,524	87,691	93,329	95,658
<b>810</b>	76,701	81,144	88,345	93,942	96,244
<b>840</b>	77,202	81,752	88,985	94,540	96,819
<b>870</b>	77,682	82,346	89,611	95,124	97,379
<b>900</b>	78,144	82,927	90,223	95,695	97,929
<b>930</b>	78,588	83,501	90,828	96,259	98,473
<b>960</b>	79,016	84,072	91,429	96,820	99,016
<b>990</b>	79,426	84,641	92,029	97,380	99,562
<b>1020</b>	79,812	85,208	92,627	97,940	100,113
<b>1050</b>	80,163	85,774	93,225	98,501	100,670
<b>1080</b>	80,437	86,339	93,823	99,062	101,245

## 9.2 Berechnungen zum Einfluss der Rasse

- **Vergleich des Körpergewichtes (KG) bei Huacayas (h) und Suris (s)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,653	0,633	0,000
<b>alt</b>	1,682	0,018	0,000
<b>hs</b>	0,436	1,408	0,757
<b>alt:hs</b>	-0,081	0,040	0,045

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,862	0,626	0,000
<b>alt</b>	1,665	0,016	0,000
<b>hs</b>	-0,630	1,307	0,630

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,736	0,565	2E-16
<b>alt</b>	1,665	0,016	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

- **Vergleich des Brustumfanges (BU) bei Huacayas (h) und Suris (s)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	54,658	0,501	0,000
<b>alt</b>	1,267	0,019	0,000
<b>hs</b>	0,841	1,116	0,452
<b>alt:hs</b>	-0,090	0,042	0,032

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Brustumfang BU)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	54,894	0,489	0,000
<b>alt</b>	1,249	0,017	0,000
<b>hs</b>	-0,347	0,969	0,720

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Brustumfang BU)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	54,825	0,447	2E-16
<b>alt</b>	1,248	0,017	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Brustumfang BU)

- **Vergleich der Widerristhöhe (WH) bei Huacayas (h) und Suris (s)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	63,017	0,511	0,000
<b>alt</b>	1,049	0,016	0,000
<b>hs</b>	1,040	1,137	0,361
<b>alt:hs</b>	-0,004	0,035	0,896

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Widerristhöhe WH)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	63,029	0,503	0,000
<b>alt</b>	1,048	0,014	0,000
<b>hs</b>	0,979	1,037	0,346

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Widerristhöhe WH)

### 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	63,228	0,456	2E-16
<b>alt</b>	1,048	0,014	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Widerristhöhe WH)

- **Vergleich der Hüfthöhe (HH) bei Huacayas (h) und Suris (s)**

#### 1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,043	0,532	0,000
<b>alt</b>	1,118	0,017	0,000
<b>hs</b>	0,137	1,184	0,907
<b>alt:hs</b>	-0,010	0,037	0,779

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Hüfthöhe HH)

#### 2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,070	0,523	0,000
<b>alt</b>	1,116	0,015	0,000
<b>hs</b>	-0,001	1,075	0,999

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Hüfthöhe HH)

#### 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,073	0,474	2E-16
<b>alt</b>	1,115	0,015	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Hüfthöhe HH)

- **Vergleich der Rumpflänge (RUL) bei Huacayas (h) und Suris (s)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	54,190	0,602	0,000
<b>alt</b>	1,537	0,021	0,000
<b>hs</b>	-0,079	1,341	0,953
<b>alt:hs</b>	-0,049	0,046	0,286

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Rumpflänge RUL)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	54,318	0,591	0,000
<b>alt</b>	1,527	0,018	0,000
<b>hs</b>	-0,732	1,195	0,540

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Rumpflänge RUL)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	54,172	0,538	2E-16
<b>alt</b>	1,527	0,018	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Rumpflänge RUL)

- **Vergleich der Rückenlänge (RUE) bei Huacayas (h) und Suris (s)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	37,972	0,558	0,000
<b>altm</b>	1,330	0,017	0,000
<b>hs</b>	0,003	1,241	0,998
<b>alt:hs</b>	0,004	0,037	0,912

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (Rückenlänge RUE)

## 2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	37,962	0,549	0,000
<b>alt</b>	1,331	0,015	0,000
<b>hs</b>	0,057	1,138	0,959

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (Rückenlänge RUE)

## 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	37,977	0,496	2E-16
<b>alt</b>	1,331	0,015	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Rückenlänge RUE)

- **Vergleich der BTD bei Huacayas (h) und Suris (s)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	18,633	0,153	0,000
<b>alt</b>	0,273	0,006	0,000
<b>hs</b>	0,166	0,343	0,627
<b>alt:hs</b>	0,001	0,014	0,938

→  $p_{hs}$  und  $p_{alt:hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (BTD)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	18,630	0,148	0,000
<b>alt</b>	0,273	0,005	0,000
<b>hs</b>	0,181	0,284	0,525

→  $p_{hs} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (BTD)

## 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	18,667	0,137	2E-16
<b>alt</b>	0,273	0,005	2E-16

→  $p_{\text{alt}} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (BTD)

- **Vergleich der TOD bei Huacayas (h) und Suris (s)**

## 1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Rasse ‚hs‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	15,010	0,178	0,000
<b>alt</b>	0,369	0,005	0,000
<b>hs</b>	0,010	0,397	0,978
<b>alt:hs</b>	-0,000	0,012	0,947

→  $p_{\text{hs}}$  und  $p_{\text{alt:hs}} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und der Rasse auf die Zielvariable (TOD)

## 2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	15,012	0,175	0,000
<b>alt</b>	0,369	0,005	0,000
<b>hs</b>	-0,000	0,358	0,998

→  $p_{\text{hs}} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss der Rasse auf die Zielvariable (TOD)

## 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Rasse ‚hs‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	15,014	0,158	2E-16
<b>alt</b>	0,369	0,005	2E-16

→  $p_{\text{alt}} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (TOD)

### 9.3 Berechnungen zum Einfluss des Geschlechtes

- **Vergleich des Körpergewichtes (KG) bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	14,015	0,804	0,000
<b>alt</b>	1,670	0,024	0,000
<b>mw</b>	-0,561	1,133	0,620
<b>alt:mw</b>	-0,008	0,032	0,803

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	14,069	0,775	0,000
<b>alt</b>	1,665	0,016	0,000
<b>mw</b>	-0,665	1,054	0,528

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ‚mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	13,736	0,565	2E-16
<b>alt</b>	1,665	0,016	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Körpergewicht KG)

- **Vergleich des Brustumfanges (BU) bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	54,902	0,634	0,000
<b>alt</b>	1,266	0,025	0,000
<b>mw</b>	-0,169	0,894	0,849
<b>alt:mw</b>	-0,030	0,034	0,377

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (Brustumfang BU)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	55,101	0,594	0,000
<b>alt</b>	1,249	0,017	0,000
<b>mw</b>	-0,555	0,783	0,479

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Brustumfang BU)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ‚mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	54,825	0,447	2E-16
<b>alt</b>	1,248	0,017	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Brustumfang BU)

- **Vergleich der Widerristhöhe (WH) bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,023	0,644	0,000
<b>alt</b>	1,049	0,021	0,000
<b>mw</b>	-1,573	0,907	0,084
<b>alt:mw</b>	-0,001	0,028	0,965

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (Widerristhöhe WH)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,031	0,615	0,000
<b>alt</b>	1,0491	0,014	0,000
<b>Mw</b>	-1,589	0,830	0,057

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Widerristhöhe WH)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ,mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	63,228	0,456	2E-16
<b>alt</b>	1,048	0,014	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Widerristhöhe WH)

- **Vergleich der Hüfthöhe (HH) bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ,alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ,mw‘ sowie des Interaktionseffektes ,alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,862	0,672	0,000
<b>alt</b>	1,109	0,022	0,000
<b>mw</b>	-1,565	0,947	0,100
<b>alt:mw</b>	0,012	0,030	0,689

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (Hüfthöhe HH)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ,alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,783	0,640	0,000
<b>alt</b>	1,116	0,015	0,000
<b>mw</b>	-1,410	0,861	0,103

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Hüfthöhe HH)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ,mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	64,073	0,474	2E-16
<b>alt</b>	1,115	0,015	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Hüfthöhe HH)

- **Vergleich der Rumpflänge (RUL) bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	54,705	0,766	0,000
<b>alt</b>	1,518	0,028	0,000
<b>mw</b>	-1,068	1,079	0,323
<b>alt:mw</b>	0,017	0,037	0,640

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (Rumpflänge RUL)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	54,591	0,723	0,000
<b>alt</b>	1,528	0,018	0,000
<b>mw</b>	-0,843	0,964	0,383

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Rumpflänge RUL)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ‚mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	54,172	0,538	2E-16
<b>alt</b>	1,527	0,018	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Rumpflänge RUL)

- **Vergleich der Rückenlänge (RUE) bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	38,465	0,706	0,000
<b>alt</b>	1,328	0,022	0,000
<b>mw</b>	-0,975	0,995	0,328
<b>alt:mw</b>	0,007	0,030	0,808

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (Rückenlänge RUE)

## 2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	38,418	0,676	0,000
<b>alt</b>	1,331	0,015	0,000
<b>mw</b>	-0,881	0,916	0,337

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (Rückenlänge RUE)

## 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ‚mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	37,977	0,496	2E-16
<b>alt</b>	1,331	0,015	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (Rückenlänge RUE)

- **Vergleich der BTD bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ‚alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ‚mw‘ sowie des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	18,594	0,193	0,000
<b>alt</b>	0,288	0,008	0,000
<b>mw</b>	0,131	0,272	0,630
<b>alt:mw</b>	-0,026	0,011	0,022

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (BTD)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ‚alt:mw‘

	<b>Effektgröße</b>	<b>Standardfehler</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Intercept</b>	18,770	0,178	0,000
<b>alt</b>	0,273	0,005	0,000
<b>mw</b>	-0,208	0,230	0,364

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (BTD)

## 3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ,mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	18,667	0,137	2E-16
<b>alt</b>	0,273	0,005	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (BTD)

- **Vergleich der TOD bei Hengsten (m) und Stuten (w)**

1. Berücksichtigung der Haupteffekte Alter ,alt‘ [in Monaten] und Geschlecht ,mw‘ sowie des Interaktionseffektes ,alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	15,245	0,224	0,000
<b>alt</b>	0,371	0,007	0,000
<b>mw</b>	-0,456	0,315	0,150
<b>alt:mw</b>	-0,004	0,010	0,669

→  $p_{mw}$  und  $p_{alt:mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Interaktionseffektes und des Geschlechtes auf die Zielvariable (TOD)

2. Reduktion: Entfernung des Interaktionseffektes ,alt:mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	15,274	0,213	0,000
<b>alt</b>	0,369	0,005	0,000
<b>mw</b>	-0,513	0,286	0,074

→  $p_{mw} > 0,01$  und somit kein relevanter Einfluss des Geschlechtes auf die Zielvariable (TOD)

3. Reduktion: Entfernung des Haupteffektes Geschlecht ,mw‘

	Effektgröße	Standardfehler	p-Wert
<b>Intercept</b>	15,014	0,158	2E-16
<b>alt</b>	0,369	0,005	2E-16

→  $p_{alt} < 0,01$  und somit Einfluss des Alters auf die Zielvariable (TOD)

## 9.4 Ergebnisse der Futtermitteluntersuchungen

**Tabelle 9.5**

*Ergebnisse der Futtermitteluntersuchung für den Gehalt an TS, Rf, Rp, Ra, und Energie.*

Proben-Nr.	Züchter	Proben-art	Entnahme-datum	MW TS <sup>1</sup> [in % der oS]	MW Rf <sup>2</sup> [in % der TS]	MW Rp <sup>3</sup> [in % der TS]	MW Ra <sup>4</sup> [in % der TS]	Energie- gehalt [MJ/kg TS]
12-1065	Hof1	Gras	07.05.12	20,02	21,32	23,05	8,74	11,40
11-1806	Hof1	Gras	21.06.11	18,86	24,31	13,23	8,45	10,54
11-1981	Hof1	Gras	15.08.11	16,18	22,27	15,96	17,58	9,21
11-2107	Hof1	Heu	07.11.11	91,03	26,50	13,38	9,54	9,32
12-3	Hof1	Heu	25.01.12	92,55	32,51	6,96	6,41	8,25
12-608	Hof1	Heu	12.03.12	92,67	33,50	7,83	6,81	8,07
12-1081	Hof2	Gras	14.05.12	24,31	25,17	15,31	5,59	10,80
11-1813	Hof2	Gras	28.06.11	24,67	25,46	14,60	8,34	10,46
11-2078	Hof2	Gras	19.09.11	23,57	23,27	13,51	12,29	9,76
11-2104	Hof2	Heu	16.11.11	91,08	29,48	7,85	4,81	8,79
12-9	Hof2	Heu	25.01.12	93,09	29,11	8,43	8,75	8,86
12-677	Hof2	Heu	19.03.12	93,26	31,11	9,28	9,48	8,50
12-1066	Hof3	Gras	07.05.12	16,13	17,56	26,32	14,48	11,51
11-1814	Hof3	Gras	26.06.11	15,78	22,53	19,46	13,33	10,61
11-1982	Hof3	Gras	15.08.11	18,10	24,31	12,73	16,49	9,09
11-2106	Hof3	Heu	07.11.11	88,84	33,19	8,40	7,41	8,13
12-4	Hof3	Heu	25.01.12	92,87	35,49	7,67	6,77	7,72
12-678	Hof3	Heu	26.03.12	92,77	34,46	10,02	5,89	7,90
12-1079	Hof4	Gras	11.05.12	17,66	23,20	22,82	13,89	10,62
11-1807	Hof4	Gras	21.06.11	24,44	25,04	12,91	8,72	10,40
11-1983	Hof4	Gras	16.08.11	18,74	21,41	14,94	16,58	9,37
11-2105	Hof4	Heu	11.11.11	95,50	30,48	9,76	13,12	8,61
12-8	Hof4	Heu	25.01.12	94,15	29,50	7,91	8,09	8,79
12-675	Hof4	Heu	16.03.12	90,98	27,84	11,76	7,47	9,08
12-1080	Hof5	Gras	11.05.12	25,15	27,85	13,49	7,32	10,18
11-1808	Hof5	Gras	21.06.11	44,71	34,05	6,61	5,33	9,19
11-1984	Hof5	Gras	16.08.11	26,80	30,86	15,27	8,26	9,84
11-2108	Hof5	Heu	25.11.11	90,14	29,62	11,80	9,56	8,77
12-7	Hof5	Heu	25.01.12	93,77	32,95	9,33	6,38	8,17
12-676	Hof5	Heu	16.03.12	88,95	26,71	13,23	9,03	9,28

12-1067	Hof6	Gras	08.05.12	17,44	20,79	21,05	11,25	11,13
11-1812	Hof6	Gras	22.06.11	27,89	30,12	11,76	8,22	9,70
11-1986	Hof6	Gras	17.08.11	21,28	24,34	23,14	11,83	10,12
11-2102	Hof6	Luzerneh.	09.11.11	92,03	37,99	16,91	7,58	8,44
11-2103	Hof6	Heu	09.11.11	90,89	32,13	11,06	11,27	8,32
12-5	Hof6	Heu	25.01.12	91,06	28,12	11,27	11,61	9,03
12-609	Hof6	Heu	13.03.12	92,11	32,58	9,85	11,32	8,24
12-1078	Hof7	Gras	10.05.12	18,22	23,11	21,22	10,24	10,92
11-1811	Hof7	Gras	23.06.11	26,58	25,55	17,99	9,97	10,45
11-1985	Hof7	Gras	17.08.11	19,66	24,31	22,00	12,50	9,99
11-2109	Hof7	Heu	10.11.11	92,05	36,02	10,61	4,41	7,62
12-6	Hof7	Heu	25.01.12	94,07	38,54	6,94	4,37	7,17
12-610	Hof7	Heu	15.03.12	92,31	38,78	8,74	5,59	7,13

<sup>1</sup> Standardabweichungen der TS-Werte < 0,08%    <sup>3</sup> Standardabweichungen der Rp-Werte < 0,045%

<sup>2</sup> Standardabweichungen der Rf-Werte < 0,4%    <sup>4</sup> Standardabweichungen der Ra-Werte < 0,08%

**Tabelle 9.6**

*Ergebnisse der Futtermitteluntersuchungen für den Gehalt an Mengenelementen.*

Proben-Nr.	Züchter	Probenart	Entnahmedatum	Kalzium (g/kg TS)	Natrium (g/kg TS)	Kalium (g/kg TS)	Phosphor (g/kg TS)
12-1065	Hof 1	Gras	07.05.12	7,29	0,32	26,61	3,89
11-1806	Hof 1	Gras	21.06.11	9,04	0,11	20,84	2,87
11-1981	Hof 1	Gras	15.08.11	8,66	0,21	27,03	3,43
11-2107	Hof 1	Heu	07.11.11	7,84	0,16	28,40	4,45
12-3	Hof 1	Heu	25.01.12	4,28	0,11	18,10	2,81
12-608	Hof 1	Heu	12.03.12	4,27	0,00	20,61	2,05
12-1081	Hof 2	Gras	14.05.12	4,45	0,97	13,24	2,92
11-1813	Hof 2	Gras	28.06.11	5,07	0,22	2,45	3,31
11-2078	Hof 2	Gras	19.09.11	6,76	0,21	18,96	3,90
11-2104	Hof 2	Heu	16.11.11	2,27	0,66	14,66	2,58
12-9	Hof 2	Heu	25.01.12	6,56	0,27	10,37	1,93
12-677	Hof 2	Heu	19.03.12	4,61	0,11	9,44	2,47
12-1066	Hof 3	Gras	07.05.12	7,19	0,11	35,11	4,27
11-1814	Hof 3	Gras	26.06.11	6,19	0,22	25,00	3,58
11-1982	Hof 3	Gras	15.08.11	7,59	0,09	3,35	3,75
11-2106	Hof 3	Heu	07.11.11	6,26	0,34	13,62	2,81

12-4	Hof 3	Heu	25.01.12	3,20	0,11	8,61	1,40
12-678	Hof 3	Heu	26.03.12	4,68	0,00	7,11	1,40
12-1079	Hof 4	Gras	11.05.12	4,37	0,11	42,70	4,01
11-1807	Hof 4	Gras	21.06.11	7,11	0,92	18,44	3,08
11-1983	Hof 4	Gras	16.08.11	8,50	0,21	21,20	2,65
11-2105	Hof 4	Heu	11.11.11	5,79	0,21	20,10	1,78
12-8	Hof 4	Heu	25.01.12	5,13	0,37	16,25	2,28
12-675	Hof 4	Heu	16.03.12	5,69	0,77	19,78	1,87
12-1080	Hof 5	Gras	11.05.12	2,86	0,00	28,06	2,88
11-1808	Hof 5	Gras	21.06.11	3,12	0,21	132,65	1,73
11-1984	Hof 5	Gras	16.08.11	2,81	0,00	23,61	3,22
11-2108	Hof 5	Heu	25.11.11	6,46	0,11	26,96	3,94
12-7	Hof 5	Heu	25.01.12	3,42	0,21	20,00	1,44
12-676	Hof 5	Heu	16.03.12	6,63	0,56	25,07	2,81
12-1067	Hof 6	Gras	08.05.12	5,32	0,11	39,58	3,78
11-1812	Hof 6	Gras	22.06.11	4,34	0,32	20,57	2,85
11-1986	Hof 6	Gras	17.08.11	5,02	0,11	31,59	4,02
11-2103	Hof 6	Heu	09.11.11	6,22	0,55	18,10	3,91
12-5	Hof 6	Heu	09.11.11	5,34	0,33	15,32	3,18
12-609	Hof 6	Heu	25.01.12	6,39	0,00	23,45	2,44
11-2102	Hof 6	Luzerneheu	13.03.12	13,97	0,98	16,79	2,50
12-1078	Hof 7	Gras	10.05.12	5,74	0,00	36,62	4,33
11-1811	Hof 7	Gras	23.06.11	8,65	0,11	28,24	2,34
11-1985	Hof 7	Gras	17.08.11	6,30	0,00	36,23	3,43
11-2109	Hof 7	Heu	10.11.11	4,91	1,85	5,98	0,98
12-6	Hof 7	Heu	25.01.12	4,75	0,16	7,60	1,49
12-610	Hof 7	Heu	15.03.12	7,15	0,11	8,94	1,19

**Tabelle 9.7**

*Ergebnisse der Futtermitteluntersuchungen für den Gehalt an Spurenelementen.*

Proben-Nr.	Züchter	Probenart	Entnahmedatum	Zink (mg/kg TS)	Kupfer (mg/kg TS)	Selen (mg/kg TS)	Mangan (mg/kg TS)
12-1065	Hof 1	Gras	07.05.12	50,79	13,42	0,26	126,63
11-1806	Hof 1	Gras	21.06.11	125,03	8,43	0,30	72,37
11-1981	Hof 1	Gras	15.08.11	70,67	18,17	0,29	234,98
11-2107	Hof 1	Heu	07.11.11	36,47	11,42	0,19	194,56

## 9 Anhang

12-3	Hof 1	Heu	25.01.12	22,11	6,69	0,08	119,15
12-608	Hof 1	Heu	12.03.12	29,51	6,72	0,17	184,19
12-1081	Hof 2	Gras	14.05.12	51,17	9,93	0,15	110,94
11-1813	Hof 2	Gras	28.06.11	24,22	9,61	0,14	30,58
11-2078	Hof 2	Gras	19.09.11	58,69	13,00	0,32	133,71
11-2104	Hof 2	Heu	16.11.11	17,26	10,79	0,07	40,87
12-9	Hof 2	Heu	25.01.12	29,65	15,77	0,23	91,19
12-677	Hof 2	Heu	19.03.12	38,10	13,18	0,12	86,68
12-1066	Hof 3	Gras	07.05.12	55,01	17,34	0,14	199,39
11-1814	Hof 3	Gras	26.06.11	131,23	15,50	0,21	392,73
11-1982	Hof 3	Gras	15.08.11	79,23	14,84	0,28	82,35
11-2106	Hof 3	Heu	07.11.11	34,70	8,37	0,08	362,13
12-4	Hof 3	Heu	25.01.12	26,01	12,76	0,13	134,34
12-678	Hof 3	Heu	26.03.12	42,26	11,40	0,16	504,06
12-1079	Hof 4	Gras	11.05.12	47,58	14,01	0,11	185,74
11-1807	Hof 4	Gras	21.06.11	124,84	8,42	0,30	211,88
11-1983	Hof 4	Gras	16.08.11	73,08	12,95	0,27	486,92
11-2105	Hof 4	Heu	11.11.11	39,87	16,90	0,06	144,41
12-8	Hof 4	Heu	25.01.12	28,38	9,93	0,32	128,19
12-675	Hof 4	Heu	16.03.12	42,92	9,21	0,26	237,62
12-1080	Hof 5	Gras	11.05.12	27,71	8,46	0,10	111,80
11-1808	Hof 5	Gras	21.06.11	15,47	5,01	0,17	171,36
11-1984	Hof 5	Gras	16.08.11	39,56	10,58	0,17	198,65
11-2108	Hof 5	Heu	25.11.11	32,49	13,30	0,11	131,68
12-7	Hof 5	Heu	25.01.12	24,45	8,85	0,14	162,30
12-676	Hof 5	Heu	16.03.12	47,33	12,82	0,09	63,51
12-1067	Hof 6	Gras	08.05.12	47,53	11,62	0,09	214,42
11-1812	Hof 6	Gras	22.06.11	28,42	8,76	0,45	92,41
11-1986	Hof 6	Gras	17.08.11	50,01	14,85	0,32	121,40
11-2103	Hof 6	Heu	09.11.11	35,20	11,02	0,08	142,95
12-5	Hof 6	Heu	09.11.11	24,12	9,37	0,30	100,31
12-609	Hof 6	Heu	25.01.12	31,14	7,51	0,31	497,98
11-2102	Hof 6	Luzerneheu	13.03.12	21,96	10,15	0,07	32,98
12-1078	Hof 7	Gras	10.05.12	38,52	9,54	0,16	45,00
11-1811	Hof 7	Gras	23.06.11	28,05	7,83	0,15	44,51
11-1985	Hof 7	Gras	17.08.11	29,25	23,40	0,29	50,28
11-2109	Hof 7	Heu	10.11.11	30,47	9,61	0,10	30,74
12-6	Hof 7	Heu	25.01.12	15,92	6,88	0,19	15,03
12-610	Hof 7	Heu	15.03.12	17,87	8,30	0,18	21,06

## 9.5 Ergebnisse der parasitologischen Untersuchungen

Tabelle 9.8

Ergebnisse der parasitologischen Untersuchungen.

Hof-Nr.	Tier-Nr.	MDS [EpG]	BW [EpG]	HW [EpG]	ZW [EpG]	PW [EpG]	KOK [OpG]	EMAC [OpG]	
Hof 1 – Probe 1	1	80	-	5	15	5	+	0	
	2	0	-	0	0	0	+	0	
	3	60	-	0	0	0	+	0	
	4	0	-	0	0	0	+++	15	
	5	40	-	0	0	0	+	0	
	6	195	-	0	0	10	+	0	
Hof 1 – Probe 2	1	30	-	0	0	0	+	0	
	2	0	-	0	0	0	++	0	
	6	125	-	0	0	0	+	0	
	7	20	-	0	0	6	++	80	
	8	0	-	0	0	0	++	102	
	9	5	-	0	0	0	+	0	
	10	10	-	0	0	0	+	0	
	11	5	-	0	0	0	+++	0	
	12	0	-	0	0	0	+	25	
	13	30	-	0	0	0	+	0	
	14	5	-	0	0	0	++	0	
	15	0	-	0	0	0	+++	375	
	Hof 1 – Probe 3	2	5	-	0	0	0	+	0
		7	0	-	0	0	10	+	5
		8	0	-	0	0	0	+	10
9		0	-	0	0	0	+	0	
10		0	-	0	0	0	+	10	
11		15	-	0	0	20	+	25	
12		15	-	0	0	0	+	0	
12		10	-	0	0	10	-	795	
15		5	-	0	0	10	+	300	
16		20	-	5	0	15	+	0	
17		5	-	0	0	0	+	0	
19		30	-	0	0	15	+	10	
Hof 1 - Probe 4	9	0	-	0	0	0	+	0	
	10	5	-	0	10	0	+	0	
	12	5	-	0	0	5	-	0	
	15	5	-	0	0	5	+	5	
	16	20	-	0	0	10	+	0	
	20	0	-	0	0	0	+++	545	
	21	10	-	0	0	0	+	0	
	22	15	-	5	0	0	+	0	
	23	0	-	0	0	10	+	540	
24	0	-	0	0	30	+	0		
Hof 2 - Probe 1	1	0	-	0	0	0	++	0	
	2	0	-	0	0	0	+	0	
	3	0	-	0	0	0	+	0	
	4	5	-	0	0	0	++	40	
	5	0	-	0	0	0	+++	850	
	6	0	-	0	0	0	+	0	
	7	0	-	0	0	0	+	0	
Hof 2 – Probe 2	3	0	-	0	0	0	+	5	
	4	15	-	0	0	5	+	0	
	6	80	-	0	0	0	+++	0	
	7	0	-	0	0	0	+	0	
	8	455	-	0	55	0	+	40	
	9	1030	-	0	0	0	++	65	
	10	65	-	0	0	5	+	45	
	11	5	-	0	0	10	+	0	
	12	0	-	0	0	0	+	0	
	13	65	-	0	0	0	+	0	
	14	25	-	0	0	10	++	5	
	Hof 2 – Probe 3	2	15	+	0	5	0	+	0
		3	15	+	0	0	0	+	5
		4	30	-	0	0	5	+	0
6		25	-	0	0	0	+	0	
8		370	-	0	0	50	+	100	
13		940	-	0	0	10	+	0	
15		0	++	0	0	405	+	0	
Hof 2 - Probe 4		3	90	-	5	0	0	+	5
	7	0	-	0	0	0	+	0	
	8	10	-	0	5	10	+	0	
	11	25	-	5	0	0	+	0	
	12	5	-	10	0	0	+	0	
	16	5	-	0	0	0	+	0	
	17	5	-	0	0	0	+	0	
Hof 3 - Probe 1	1	0	-	0	0	0	+	875	
	2	0	-	0	0	0	+	880	
	3	10	-	0	5	0	-	0	
	4	0	-	0	0	0	+	115	
	5	5	-	0	0	0	+	5	
	6	0	-	0	0	0	+	10	

MDS = Magen-Darm-Strongyliden; BW = Bandwurm ssp.; HW = Haarwurm ssp.; ZW = Zwergfadenwurm ssp.; PW = Peitschenwurm ssp.; KOK = Kleine Kokzidien; EMAC = Eimeria macusaniensis

Hof-Nr.	Tier-Nr.	MDS [EpG]	BW [EpG]	HW [EpG]	ZW [EpG]	PW [EpG]	KOK [OpG]	EMAC [OpG]	
Hof 3 – Probe 2	2	50	-	0	0	0	-	60	
	4	20	-	5	15	10	+	0	
	5	245	-	10	0	0	-	5	
	6	5	-	0	0	0	-	0	
	7	0	-	0	0	0	++	375	
	8	50	-	0	15	15	+	15	
	9	5	-	0	0	0	+	465	
	10	20	-	0	0	5	+	315	
	11	5	-	0	0	5	+	10	
	Hof 3 – Probe 3	2	40	-	0	15	20	-	10
		3	25	-	0	15	0	+	0
6		15	-	0	145	0	-	0	
7		5	-	0	0	0	-	0	
10		25	-	0	0	70	+	15	
11		10	-	5	5	0	-	5	
12		0	-	0	0	0	++	340	
13		5	-	0	0	0	-	0	
14		0	-	0	0	0	++	80	
Hof 3 – Probe 4		2	45	-	25	5	90	+	0
	3	165	-	0	95	0	+	0	
	7	0	-	5	0	85	+	530	
	9	5	-	5	0	5	++	45	
	12	5	-	0	0	15	+	90	
	14	5	-	0	0	45	+	495	
15	330	-	0	90	10	+	0		

Hof 4 – Probe 1	1	65	-	0	0	5	+	0
	2	50	-	0	0	0	+	10
	3	0	-	0	0	0	+	0
Hof 4 – Probe 2	1	55	++	10	0	0	++	0
	2	20	+	0	0	0	+	0
	2	20	-	0	0	0	-	0
	3	90	-	0	5	20	+	0
	4	145	-	0	45	0	++	0
	5	10	-	15	15	5	++	255
	6	0	-	0	0	0	+++	5
7	0	-	0	0	0	+	0	
Hof 4 – Probe 3	3	40	-	10	0	0	+	0
	6	0	+++	0	0	0	+	5
	8	15	-	0	0	0	+	735
9	95	+	0	0	0	++	10	
Hof 4 – Probe 4	1	115	-	5	20	0	+	0
	5	0	-	0	0	0	+	0
	7	0	-	0	0	0	+	0
	8	10	-	0	0	10	+	0

Hof-Nr.	Tier-Nr.	MDS [EpG]	BW [EpG]	HW [EpG]	ZW [EpG]	PW [EpG]	KOK [OpG]	EMAC [OpG]	
Hof 5 – Probe 1	1	40	-	0	5	0	+	0	
	2	35	-	5	10	25	+	0	
	3	0	-	5	0	0	+	0	
	4	0	-	0	15	0	++	90	
	5	0	-	0	70	0	+	0	
	6	80	-	10	0	0	+	0	
	7	230	-	0	10	0	-	0	
Hof 5 – Probe 2	1	30	-	0	75	0	+	5	
	3	10	-	0	10	0	+	0	
	7	2370	-	0	1050	20	+	0	
	8	1160	-	0	360	0	+	0	
	9	95	-	0	35	0	+	0	
	10	5	-	0	0	5	-	85	
	11	25	-	0	5	5	+	0	
	12	0	-	0	0	0	+	60	
	13	10	-	0	5	0	+	0	
	14	5	-	0	0	0	+	230	
	15	5	-	0	0	0	+	10	
	16	25	-	0	345	0	+++	0	
	Hof 5 – Probe 3	2	5	-	0	85	25	++	0
		3	30	-	0	0	0	+	0
		4	120	-	0	25	0	+	0
		8	290	-	0	125	0	+	0
9		40	-	0	55	0	+	0	
13		265	-	0	210	5	+	0	
14		150	-	0	20	0	+	0	
17		65	-	0	0	0	+	0	
18		570	-	0	25	45	+	0	
19		100	-	0	70	25	+	0	
20		25	-	0	10	0	+	0	
21		75	-	0	80	0	-	0	
22		35	-	0	30	0	+	30	
23	60	-	0	55	0	+	10		
Hof 5 – Probe 4	1	0	-	0	0	15	-	0	
	10	0	-	0	0	0	+	0	
	12	0	-	0	0	0	+	0	
	14	0	-	0	0	0	-	0	
	15	0	-	5	0	10	-	0	
	16	0	-	0	0	0	+	0	
	19	10	-	5	0	5	-	0	
	23	0	-	0	0	10	-	0	
	24	0	-	0	0	0	-	0	
	25	0	-	20	0	0	-	0	

MDS = Magen-Darm-Strongyliden; BW = Bandwurm ssp.; HW = Haarwurm ssp.; ZW = Zwergfadewurm ssp.; PW = Peitschenwurm ssp.; KOK = Kleine Kokzidien; EMAC = Eimeria macusaniensis

Hof-Nr.	Tier-Nr.	MDS [EpG]	BW [EpG]	HW [EpG]	ZW [EpG]	PW [EpG]	KOK [OpG]	EMAC [OpG]
Hof 6 - Probe 1	1	0	-	0	0	0	+	0
	2	0	-	0	0	0	+	0
	3	15	-	0	0	5	+	0
	4	0	-	0	0	5	-	0
	5	0	-	0	0	0	+	0
	6	0	-	0	0	0	+	0
	7	25	-	0	0	0	+	0
	8	5	-	0	0	0	-	0
	9	10	-	0	0	5	+	0
	10	0	-	0	0	0	++	0
Hof 6 - Probe 2	2	60	-	0	0	0	+	0
	4	1180	-	0	435	35	-	0
	7	10	-	0	5	0	+	0
	11	45	-	0	10	0	-	0
	12	10	-	0	0	0	+++	0
	13	430	-	0	55	15	+	15
	14	10	-	0	5	0	+	0
	15	230	-	0	9	0	-	0
	16	15	-	0	0	0	+	0
	17	10	-	0	0	0	-	0
	18	10	-	0	0	0	-	0
	19	230	-	0	0	0	+	0
	20	20	-	0	0	0	+++	880
21	25	-	0	60	0	-	815	
22	10	-	0	0	0	++	0	
23	5	-	0	0	0	+	0	
Hof 6 - Probe 3	3	0	-	0	0	0	-	0
	4	0	-	5	0	0	-	0
	5	5	-	0	0	0	+	0
	7	0	-	0	0	10	+	0
	8	5	-	0	0	0	+	0
	11	0	-	0	0	0	+	0
	12	0	-	0	0	0	-	0
	14	5	-	0	0	0	+	0
	15	5	-	0	5	20	+	20
	18	5	-	0	0	0	+	0
	20	0	-	0	0	0	-	0
	24	10	-	0	0	0	-	0
	25	5	-	0	0	5	+	0
26	0	-	0	0	5	+	0	
27	0	-	0	0	0	-	0	
28	0	-	0	0	0	-	0	
29	5	-	0	0	0	+	0	

Hof-Nr.	Tier-Nr.	MDS [EpG]	BW [EpG]	HW [EpG]	ZW [EpG]	PW [EpG]	KOK [OpG]	EMAC [OpG]
Hof 6 - Probe 4	4	20	-	0	0	5	-	0
	5	10	-	0	0	0	-	0
	8	15	-	0	0	0	+	0
	11	55	-	0	0	0	+	15
	13	10	-	0	0	0	+	500
	14	10	-	0	0	0	+	0
	15	5	-	0	0	0	+	0
	30	0	-	0	0	0	+	740
	31	0	-	0	0	0	+	105
	32	5	-	0	0	0	-	0
	33	0	+++	0	0	0	+	60
	34	25	-	0	0	5	+	0
	35	5	-	0	0	0	+	20
	36	5	-	0	0	0	+	25
	37	0	-	0	0	5	+	20
	38	50	-	0	0	0	+	0
	39	5	-	5	0	0	+	0
	40	0	-	0	0	5	+	215
	41	5	-	0	0	0	+	0

Hof-Nr.	Tier-Nr.	MDS [EpG]	BW [EpG]	HW [EpG]	ZW [EpG]	PW [EpG]	KOK [OpG]	EMAC [OpG]
Hof 7 - Probe 1	1	0	-	0	0	0	+	0
	2	15	-	0	0	5	-	0
	3	10	-	0	0	0	+	0
Hof 7 - Probe 2	1	25	-	0	35	0	-	0
	3	55	-	0	20	0	+	0
	4	5	-	0	0	0	-	10
	5	0	-	0	0	0	+	0
	6	810	-	0	365	0	-	0
Hof 7 - Probe 3	1	35	-	0	0	0	+	0
	4	0	-	0	0	0	+	290
Hof 7 - Probe 4	9	0	-	0	0	0	+	420
	10	15	-	0	0	0	-	0
	11	25	-	0	0	35	+	615
	12	110	-	5	75	0	++	0

MDS = Magen-Darm-Strongyliden; BW = Bandwurm ssp.; HW = Haarwurm ssp.; ZW = Zwergfadenwurm ssp.; PW = Peitschenwurm ssp.; KOK = Kleine Kokzidien; EMAC = Eimeria macusaniensis

## 9.6 Fragebogen für die Alpakazüchter

### Teil 1: Allgemeiner Fragebogen

# Fragebogen

- Zur Erfassung von Informationen für die Dissertation von Sarah Grund -

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen genau und möglichst vollständig aus. Es ermöglicht mir Informationen zu den Tieren, die im Rahmen meiner Doktorarbeit vermessen und untersucht werden sollen, und zu der Herde, aus der diese Tiere stammen, sammeln zu können. Genaue Kenntnisse über Tier und Herde sind Grundlage wissenschaftlichen Arbeitens.

Selbstverständlich werden keine Informationen an Dritte weitergegeben und alle Angaben vertraulich behandelt.

#### ➤ Daten zum Zucht-/ Haltungsbetrieb

- Anschrift: Name: .....
- Straße:.....
- PLZ und Ort:.....
- Telefon:.....
- E-Mail: .....
- Aufgrund welcher Intention halten Sie Alpakas?
  - Hobby
  - Zucht
  - gewerblich

#### ➤ Daten zur Herde

- **Herdengröße**
  - Anzahl Alpakas im Bestand: ..... davon Zuchttiere: .....
  - Durchschnittliche Fohlenanzahl pro Jahr: .....
- **Fütterung**
  - Was füttern Sie Ihren Alpakas?
    - ausschließlich Heu
    - ausschließlich Gras
    - Gras und Heu
    - Silage

- regelmäßig Kraftfutterzufütterung – wie oft?: .....
- Kraftfutter nur an bestimmte Tiere - welche?: .....
- keine Kraftfutterzufütterung
- Sonstiges (wie Rüben, Möhren, ...) – was? .....

**- Vitamine und Mineralstoffe**

Erhalten Ihre Alpakas Mineralstoffe?

- Nein
- Ja:     Pulver                                     Leckstein
- zur freien Verfügung                     mit dem Kraftfutter
- als Injektion (z.B. Selen)     sonstiges:.....

Verabreichen Sie Ihren Alpakas Vitamine?

- Nein
- Ja: Wie oft?  regelmäßig – in welchen Abständen? .....
- einmalig – in welchem Alter? .....
- unregelmäßig
- nur wenn für nötig erachtet
- Was?  Vitamin ADE
- sonstige – welche? .....
- Wie?  direkt ins Maul     ins Futter                     als Injektion

**- Haltung**

Wie werden Ihre Alpakas gehalten?

- ganzjährige Stallhaltung
- ganzjährige Weidehaltung mit Stall/ Unterstand
- Weidehaltung ohne Stall

Wie oft scheren Sie Ihre Alpakas?

- jährlich
- alle zwei Jahre
- in einem anderen Rhythmus – welcher? .....

- **Bedeckung**

Wann decken Sie Ihre Jungstuten erstmalig?

- ab einem Alter von 12 Monaten
- ab einem Alter von 16 Monaten
- ab einem Alter von 18 Monaten
- ab einem Alter von 24 Monaten
- unter Beachtung der Größe und Konstitution der Jungstute
- Sonstiges: .....

- **Entwurmung**

Entwürmen Sie ihre Alpakas?

- Nein
- Ja:  monatlich  vierteljährlich  halbjährlich
- jährlich - wann?: .....
- nur nach Einsendung von Kotproben

- **Krankheiten**

Treten bestimmte Erkrankungen (z.B. Durchfall, Hautprobleme, Zahnerkrankungen) oder Probleme (z.B. Geburtsschwierigkeiten) gehäuft in der Herde auf?

- Nein
- Ja – welche? .....
- .....
- .....
- .....

➤ **Einzeltier erfassung:**

Zur genaueren Erfassung von Informationen über die Tiere, die an der Vermessung teilnehmen, nutzen Sie bitte die Anlage zur Einzeltier erfassung. Die Tabelle kann vervielfältigt werden, wenn die Anzahl der Zeilen nicht ausreichend ist.

**Vielen Dank, dass Sie sich Zeit genommen haben, den Fragebogen auszufüllen!**



## Danksagung

Mein ausdrücklicher Dank gilt allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Professor Dr. Mülling danke ich für die Betreuung meiner Arbeit und die vielen konstruktiven Hinweise und Ratschläge. Dank seiner großen Aufgeschlossenheit für das Thema und aufgrund der Unterstützung in allen Abschnitten der Promotion konnte ich diese Arbeit realisieren.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Mann Alois und meiner Familie bedanken, die mich in jeglicher Hinsicht unterstützt haben und auf die ich mich immer verlassen konnte. Vielen Dank für die Hilfe zu Beginn der Arbeit, den seelischen Beistand während der ganzen Zeit sowie die vielen Korrekturen und Anregungen.

Ein herzlicher Dank gilt allen Züchtern, auf deren Höfen ich ein Jahr lang die Vermessungen durchführen konnte. Ohne die tatkräftige Unterstützung wäre die Datenerhebung bei so vielen Alpakas nicht möglich gewesen. All die Geduld und die Zeit, die sie für mich aufgebracht haben, waren ein bedeutender Beitrag zum Gelingen der Arbeit.

Mandy Vogel danke ich besonders für die enorme Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten und der Erstellung der Perzentilkurven. In schwierigen Situationen hat sie mit ihrem Fachwissen und dem Interesse für die Studie einige Probleme gelöst. Vielen Dank für die gute Zusammenarbeit!

An dieser Stelle sei auch dem gesamten Team des Veterinär-Anatomischen Institutes Leipzig gedankt. Die Hilfsbereitschaft, der Austausch und der gute Zusammenhalt haben ein angenehmes Arbeitsumfeld geschaffen.

Professor Coenen und den Mitarbeitern des Institutes für Tierernährung, Ernährungsschäden und Diätetik danke ich für die Analyse der Futtermittelproben sowie die Beratung bei der Auswertung der Daten.

Dr. Schmäschke möchte ich für die Hinweise zu den parasitologischen Untersuchungen danken. Jenny Misselwitz danke ich für die aufwändige Korrektur der Arbeit.

Ein großer Dank gilt dem Cusanuswerk für die finanzielle und die ideelle Förderung, die mir ungeahnte Wege eröffnet und meinen Horizont erweitert hat.

Auch dem Alpakazuchtverband Deutschland e.V. und dem Alpaka- und Lamazuchtverband Mitteldeutschland e.V. danke ich für die finanzielle Unterstützung meiner Arbeit.