

Aus der Universitätsklinik für Wiederkäuer  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien  
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. T. Wittek)

**Messungen der Unterhautfettschicht und der Muskelschichtdicke im  
Bereich der Glutealmuskulatur mittels Sonographie bei Neuweltkamelen  
zur objektiven Beurteilung des Ernährungszustandes**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Melanie Andrich

Wien, Juni 2023

1. Begutachter: Univ. Prof. Dr. T. Wittek  
Klinik für Wiederkäuer  
Veterinärmedizinische Universität Wien

2. Begutachter: Dr. med. vet. H. Pothmann  
Abteilung für Bestandsbetreuung bei Wiederkäuern  
Veterinärmedizinische Universität Wien

## Inhaltsverzeichnis

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Einleitung und Fragestellung.....  | 1  |
| 2     | Literaturübersicht.....  | 3  |
| 2.1   | Körperkondition .....  | 3  |
| 2.1.1 | Verlauf der Körperkondition beim Rind und deren Bedeutung.....                 | 3  |
| 2.1.2 | Verlauf der Körperkondition beim kleinen Wiederkäuer und deren Bedeutung ..... | 5  |
| 2.1.3 | Verlauf der Körperkondition beim Alpaka und deren Bedeutung .....              | 6  |
| 2.2   | Methoden zur Beurteilung der Körperkondition.....                              | 7  |
| 2.2.1 | Körpergewicht (KGW) .....  | 7  |
| 2.2.2 | Metabolisches Profil.....  | 8  |
| 2.2.3 | Body Condition Scoring (BCS).....  | 9  |
| 2.2.4 | Ultrasonographische Messung von Muskulatur/Fettdicke.....                      | 13 |
| 3     | Material und Methoden .....  | 16 |
| 3.1   | Tiere.....   | 16 |
| 3.2   | Untersuchungsmethoden.....   | 16 |
| 3.2.1 | Körpergewicht (KGW) .....  | 16 |
| 3.2.2 | Body Condition Score (BCS).....  | 17 |
| 3.2.3 | Sonographische Distanzmessungen ( $SDM_{LM}$ , $SDM_{GM}$ ) .....              | 17 |
| 3.3   | Statistische Methoden .....  | 20 |
| 4     | Ergebnisse.....  | 21 |
| 4.1   | Deskriptive Statistik .....  | 21 |
| 4.1.1 | Wiederholbarkeit der sonographischen Distanzmessungen .....                    | 22 |
| 4.2   | Einfluss verschiedener Merkmalsausprägungen auf die Messungen.....             | 22 |
| 4.2.1 | Schurstatus.....   | 22 |
| 4.2.2 | Geschlecht.....  | 24 |
| 4.3   | Zusammenhänge zwischen den gemessenen Parametern.....                          | 27 |
| 4.3.1 | Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und BCS.....                        | 27 |
| 4.3.2 | Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und $SDM_{LM}$ .....                | 29 |
| 4.3.3 | Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und $SDM_{GM}$ .....                | 30 |
| 4.3.4 | Korrelation und Regressionsanalyse von BCS und $SDM_{LM}$ .....                | 32 |
| 4.3.5 | Korrelation und Regressionsanalyse von BCS und $SDM_{GM}$ .....                | 33 |
| 4.3.6 | Korrelation und Regressionsanalyse von $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ .....         | 35 |
| 5     | Diskussion .....   | 37 |
| 5.1   | Untersuchungsmethoden.....   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 5.1.1 Körpergewicht (KGW) .....   | 37 |
| 5.1.2 Body Condition Score (BCS).....                                   | 38 |
| 5.1.3 Sonographische Distanzmessungen (SDM).....                        | 38 |
| 5.2 Einfluss verschiedener Merkmalsausprägungen auf die Messungen ..... | 40 |
| 5.2.1 Schurstatus.....  | 40 |
| 5.2.2 Geschlecht.....   | 40 |
| 5.3 Zusammenhänge zwischen den gemessenen Parametern.....               | 41 |
| 6 Zusammenfassung .....   | 42 |
| 7 Summary .....   | 43 |
| 8 Abkürzungsverzeichnis .....   | 44 |
| 10 Literaturverzeichnis.....  | 45 |
| 11 Abbildungsverzeichnis .....  | 53 |
| 12 Tabellenverzeichnis .....  | 55 |

## 1 Einleitung und Fragestellung

Die Haltung von Alpakas und Lamas, im Folgenden häufig als Neuweltkamele zusammengefasst, nahm in den letzten Jahren auch außerhalb ihres natürlichen Habitats in den südamerikanischen Anden stetig zu (Grund et al. 2018). In Österreich kann die vollständige Anzahl der gehaltenen Neuweltkamele nur geschätzt werden, da keine Kennzeichnungs- und Registrierungspflicht für diese Tiere besteht. In den Jahren 2017 und 2018 schätzten das Lama und Alpaka Register Österreich und der Österreichische Alpaka Zuchtverband den Bestand der in Österreich gehaltenen Alpakas auf etwa 3500 bzw. 3000-4000 Tiere („Österreichischer Alpaka Zuchtverband“ 2017, König et al. 2018). Alpakas werden sowohl als Nutztiere in größeren Herden gehalten, als auch als Liebhabertiere oder für tiergestützte Therapien in kleineren Gruppen. Die Zucht und Wollproduktion stehen als Nutzungsarten im Vordergrund, aber auch kommerziell organisierte Wanderungen und Trekkingtouren werden häufig angeboten (Lambacher et al. 2016, Bauerstatter et al. 2018, Grund et al. 2018). Die Fleischproduktion hat aufgrund von weit verbreiteter Liebhaberhaltung und hohen Zucht- und Anschaffungspreisen in Österreich gegenwärtig keine große Bedeutung (Kriegl et al. 2005).

Durch die immer beliebter werdende Haltung von Neuweltkamelen, steigt auch die Notwendigkeit für Tierärztinnen und Tierärzte, sich sowohl mit der Behandlung als auch Bestandsbetreuung dieser Tiere vermehrt auseinander zu setzen (Bauerstatter et al. 2018). Zwar gelten Lamas und Alpakas als prinzipiell widerstandsfähig und wenig anspruchsvoll (Kriegl et al. 2005), allerdings sind sie auch sehr stoische Tiere, deren dichtes Vlies viele Veränderungen verdecken und ihr äußeres Erscheinungsbild daher täuschen kann (Van Saun 2009). Dadurch können sowohl viele Erkrankungen als auch schlechte Umwelt- bzw. Haltungsbedingungen lange unerkant bleiben. Ein häufig auftretendes klinisches Symptom, das aufgrund des ausgeprägten Haarkleides von Neuweltkamelen meist erst spät entdeckt wird, ist beispielsweise der Verlust von Körpergewicht (Wagener und Ganter 2020, Wittek und Franz 2021). Die routinemäßige Bewertung des Ernährungszustandes der Tiere anhand des Körpergewichts oder der Konditionsbewertung ist eine empfohlene Praxis (Van Saun 2006a, 2009), die dabei helfen kann, Veränderungen in diesem Bereich frühzeitig zu erkennen und gegenzusteuern. Die Ermittlung der Körpermasse mittels Waage kann beispielsweise für die Kontrolle der Körperkondition von Alpakas und Lamas verwendet werden. Es liegt jedoch, unter anderem aufgrund verschiedener Körpergrößen, eine weite Variabilität zwischen den

einzelnen Individuen vor (Wittek und Franz 2021), sodass eine generelle Einschätzung der Tiere als „zu leicht“, „zu schwer“ oder „Idealgewicht“ durch die Messung des Körpergewichts alleine nicht aussagekräftig ist. Wittek und Franz (2021) empfehlen die wöchentliche Überprüfung des Body Condition Scores (BCS) als regelmäßige Tätigkeit zur Früherkennung klinischer Symptome; diese Einschätzung kann jedoch subjektiv stark variieren (Schröder und Staufenbiel 2004, Van Saun 2009, Wagener und Ganter 2020). Für andere Nutztiere wurde das Body Condition Scoring durch Ultraschallmessungen der subkutanen Fettdicke bereits weiter verfeinert und validiert (Van Saun 2009). Die somit entstandene Messung der Rückenfettdicke (RFD) als objektivere Methode zur Messung der wahren Körperkondition ist quantitativ differenzierbar und bietet Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen untersuchenden Personen und Herden (Schröder und Staufenbiel 2004, 2006).

Mit dieser vorliegenden Arbeit soll nun die Fragestellung bearbeitet werden, ob die Methoden zur Messung der Rückenfettdicke bei Rind und kleinen Wiederkäuern auch bei Alpakas angewandt werden können. Aufgrund von nur geringer Ausprägung der Unterhautfettschicht bei Neuweltkamelen wird allerdings die Dicke der darunterliegenden Muskulatur mit in die Messungen aufgenommen. Untersucht werden die Assoziationen zwischen Körpergewicht, BCS und zwei verschiedenen Messpunkten der sonographischen Distanzmessung.

Als zu untersuchende Hypothese wird daher angenommen, die sonographische Distanzmessung von Haut, Unterhautfett und Muskulatur ist bei Alpakas an zwei verschiedenen Stellen gut durchführbar und steht in einem positiven Zusammenhang zu anderen Parametern der Körperkondition der Tiere (Body Condition Score und Körpergewicht).

## **2 Literaturübersicht**

### **2.1 Körperkondition**

Die Arbeit mit landwirtschaftlichen Nutztieren erfolgt in geregelten Produktionszyklen, welche meist verschiedene Leistungs- und Ruhephasen beinhalten. Dadurch ergeben sich über die Zeit Schwankungen sowohl im Nährstoff- und Energiebedarf der Tiere als auch in deren Kapazität, ihren Bedarf aus der Umwelt zu decken. Obwohl alle Nährstoffe aus der Nahrungsaufnahme stammen, umfasst der Pool der verfügbaren Nährstoffe eines Tieres auch solche, die in Körpergeweben wie Fettgewebe und intramuskulärem Fett gespeichert sind und bei Bedarf mobilisiert werden können. Bei begrenztem Nährstoffangebot oder hohem Futterbedarf nutzen Tiere ihre Körper- bzw. Energiereserven, um ihren Bedarf zu decken (Kenyon et al. 2014). Die effizienteste Form der Energiegewinnung aus körpereigenen Stoffen ist der Fettabbau. Der Abbau von Protein ist im Vergleich dazu energetisch ineffektiv und zeigt sich in einem massiven Verlust von Körpergewicht (Schröder und Staufenberg 2004). Die Körperkondition bzw. der Ernährungszustand eines Tieres können durch verschiedene Methoden gemessen werden und für viele Nutztierarten ist es gängige Praxis, diese regelmäßig zu untersuchen und die Ergebnisse in den Produktionszyklus zu integrieren (Goddard 2011).

#### **2.1.1 Verlauf der Körperkondition beim Rind und deren Bedeutung**

Bei Kühen stellt das Fettgewebe quantitativ den wichtigsten Energiespeicher dar. Forschungen ergaben, dass Kühe in der Früh-laktation ca. 50 bis 60 kg Fett zur Energiegewinnung mobilisieren (Staufenberg und Schröder 2004, Schröder und Staufenberg 2006, Siachos et al. 2022). Da diese Mengen an mobilisiertem Körperfett in etwa dem Energiebedarf entsprechen, der ansonsten für die Milchproduktion und -erhaltung fehlt, scheint das Fettgewebe dazu geeignet zu sein, die Ernährungszustand der Milchkuh zu beurteilen (Schröder und Staufenberg 2006). Unter dieser Annahme ermittelten Schröder und Staufenberg (2003) eine Regression zwischen der ultrasonographisch gemessenen Rückenfettdicke (RFD) (gemessen in mm) und der Anzahl der Laktationstage von Kühen der Rasse Holstein-Friesian. Abb. 1 zeigt die von ihnen ermittelte Regressionskurve für den Verlauf der Rückenfettdicke innerhalb einer Produktionsperiode (eingezeichnet ist der Verlauf der Mittelwerte  $\pm$  die Hälfte der Standardabweichung).

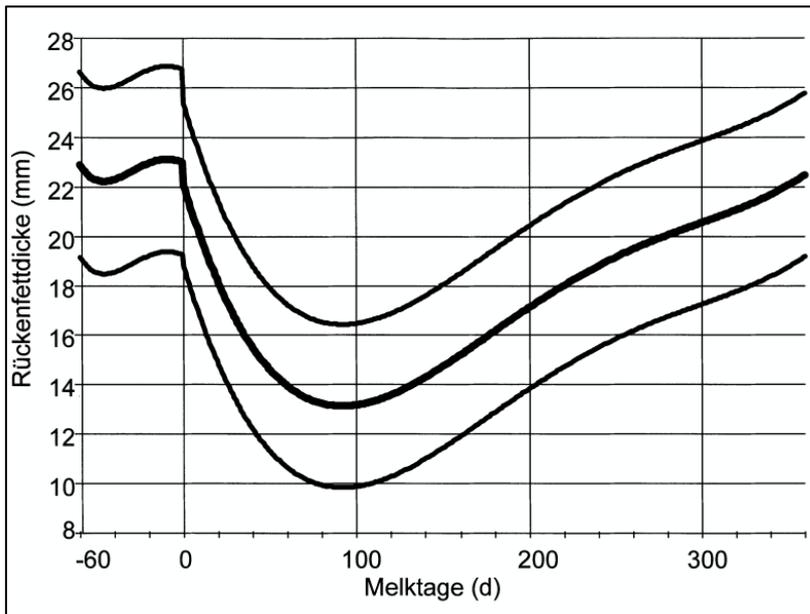


Abb. 1: Regressionskurve für schwarzbunte Kühe (Schröder und Staufenberg 2003)

Die Ergebnisse von Schröder und Staufenberg (2003) stimmen mit der Aussage überein, die Körperkondition einer Kuh ändere sich im Laufe der Zeit, was einer oder mehreren energieaufwendigen physiologischen Aktivitäten einer Kuh entspricht (Banos et al. 2005). Erkennbar ist, dass zu Beginn der Laktation hohe Energiereserven in Form von Körperfett verwendet werden, um das Energiedefizit zwischen aufgenommener Nahrung und Milchproduktion auszugleichen (Block et al. 2001, Banos et al. 2005, Lefebvre et al. 2022). Somit ist die Körperkondition einer Kuh zur Abkalbung wichtig für Gesundheit, Fruchtbarkeit und Milchmenge des Tieres (Wagener und Ganter 2020). Mit Beginn der Laktation erhöht sich der Gesamtenergiebedarf durch die zusätzliche Stoffwechselaktivität der Milchdrüse um etwa das Vierfache, doch die freiwillige Futteraufnahme reicht nicht aus, um diesen erhöhten Energieaufwand zu decken (Block et al. 2001). Ein hoher genetischer Vorzug für Milchleistung verschlimmert die negative Nährstoffbilanz während der Früh-laktation noch weiter, da die Milchleistung stärker ansteigt als die Trockenmasse-Aufnahme (Ledinek et al. 2019, Siachos et al. 2022). Der Umbau von Körperreserven für die Energiegewinnung ist dadurch ein wichtiger Mechanismus in der Früh-laktation, er sollte jedoch in restriktiven Maßen erfolgen. Ein zu hoher Verlust von Körperkondition führt zu Nachteilen in der Fruchtbarkeit wie beispielsweise einem verzögertem Eisprung, späterem Beginn der Lutealaktivität oder schlechterem Erstbesamungsindex (Buckley et al. 2003, Banos et al. 2005, Shrestha et al. 2005, Patton et al. 2007, Roche et al. 2007). Erst später in der Laktation, wenn die

Milchleistung etwas abnimmt, aber die Futterraufnahme hoch bleibt, erholen sich die Kühe und bauen neue Körperreserven auf, die dann wieder für die nächste Kalbung und Früh lactation wichtig sind (Schröder und Staufenberg 2004, Lefebvre et al. 2022).

### **2.1.2 Verlauf der Körperkondition beim kleinen Wiederkäuer und deren Bedeutung**

Der Energiebedarf von kleinen Wiederkäuern wie Schaf und Ziege unterliegt etwas anderen Schwankungen als der von Rindern. Die Mobilisation von Fettgewebe beginnt bei diesen Tieren häufig schon in den letzten Wochen der Trächtigkeit. Verschiedene Studien haben diesen Fettabbau während der Hochträchtigkeit über die Konzentration von nicht veresterten freien Fettsäuren (NEFA) im Blut des Muttertieres gemessen (Raofi et al. 2013, Yenilmez et al. 2021, de Oliveira et al. 2022). Die stattfindende Mobilisierung der gespeicherten Energie in der späten Trächtigkeit ist für das Wachstum der Milchdrüse und die Entwicklung des Fötus von entscheidender Bedeutung (Kandiel et al. 2016). Besonders Mehrlingsträchtigkeiten führen bei Schafen zu signifikant höheren NEFA Konzentrationen im Blut der Mutter in den letzten vier Wochen der Trächtigkeit (Yenilmez et al. 2021). De Oliveira et al. (2022) stellten fest, dass die NEFA-Konzentration im Blut von alpinen Ziegen sieben Tage vor der Geburt am höchsten war. In den ersten acht Wochen nach Geburt werden weitere große Mengen an Körpermasse mobilisiert, wofür die primäre Quelle die Fettreserven sind, obwohl in den ersten sieben Tagen nach Geburt auch Körperprotein mobilisiert wurde. Ziegen erreichen tendenziell ca. 60 Tage nach Geburt den Höhepunkt der Milchproduktion, wobei die Trockenmasseaufnahme jedoch langsamer ansteigt als die Milchproduktion (Eknæs et al. 2006, De Menezes et al. 2019). Wie gut die Tiere fehlende Energie aus Körperreserven mobilisieren können, hängt auch vom anfänglichen Ernährungszustand des Körpers ab (Fernández-Foren et al. 2019). So führen beispielsweise unterschiedliche Körperkonditionen (BCS) zu jeweils anderen Stoffwechselbedingungen im Körper des Muttertiers (Wagener und Ganter 2020).

Fernández-Foren et al. (2019) haben auch gezeigt, dass die anfängliche Körperkondition von Schafen während einer negativen Energiebilanz die Fruchtbarkeit des nächsten Zyklus maßgeblich beeinflusst. Mutterschafe mit hohem initialen BCS ( $> 2.75$ ) kommen häufiger in Brunst als Tiere mit einem niedrigeren BCS und zeigen die höchste Lebensfähigkeit der Embryonen. Zudem kann eine mäßig hohe Körperkondition während des gesamten Jahres die Reaktivierung der Ovulationsaktivität zu Beginn der Brunstzeit stimulieren (Forcada et al.

1992, Fernández-Foren et al. 2019, Debus et al. 2022). Im Laufe der Laktation gleichen sich Energieaufnahme über das Futter und Energiebedarf für Milchproduktion und Trächtigkeit wieder mehr aus. Körperreserven können wieder aufgebaut werden. Schafe und Ziegen verteilen die aufgenommene Energie jedoch nicht gleich auf Milchproduktion und Einlagerung von Körperreserven. So zeigen Ziegen häufig einen Hormonstatus, der die Verteilung der Nahrungsenergie für die Milchproduktion begünstigt. Schafe hingegen begünstigen eher die Anhäufung von Körperreserven (Lunesu et al. 2021).

Auch Umweltbedingungen, wie vor allem die Umgebungstemperaturen haben einen signifikanten Einfluss auf die Verwendung von Energiereserven bei Schaf und Ziege. Bei kalten Temperaturen zeigte sich beispielsweise, dass Ziegen weniger Milch mit höherer Konzentration an Protein und Fett produzieren als unter thermoneutralen Bedingungen, sowie bei gleicher Fütterung an Gewicht verlieren. Dies und auch eine erhöhte Konzentration an NEFAs im Blut von Ziegen in kalten Zonen deutet darauf hin, dass Körperfettreserven zur Energiegewinnung zum Erhalt der Körpertemperatur verwendet wurden (Coloma-García et al. 2020). Bei Hitzestress hingegen konnte gezeigt werden, dass Ziegen Körperprotein statt Körperfett mobilisieren (Salama et al. 2021). Bei Schafen führt Hitzestress zu einem verstärktem Abbau der Körpermuskulatur und geringerer Mobilisierung von Fettgewebe als unter thermoneutralen Bedingungen (Mehaba et al. 2021).

### **2.1.3 Verlauf der Körperkondition beim Alpaka und deren Bedeutung**

Für Alpakastuten ist eine gute Körperkondition besonders im letzten Drittel der Trächtigkeit wichtig. Die letzten drei Monate der Trächtigkeit sind für fast 60 % des fötalen Wachstums verantwortlich und eine gute Körperkondition der Alpakastute in diesem Zeitraum steht in direktem Zusammenhang mit gutem Geburtsgewicht des Crias (San Martín und Van Saun 2014). Neugeborene mit einem höheren Geburtsgewicht zeigen bessere Überlebensraten und geringeres Risiko für perinatale Komplikationen (Bustinza et al. 1988, San Martín und Van Saun 2014, Kapustka und Budzyńska 2022).

Eine leicht über den Durchschnitt erhöhte Körperkondition der Stute in den letzten Trächtigkeitsmonaten bietet zudem wichtige Energiereserven, die zur Milchproduktion in der Früh-laktation mobilisiert werden können. Alpakas zeigen ebenso wie Rinder und kleine Wiederkäuer einen schnellen Anstieg an Milchleistung in den ersten vier bis sechs Wochen

post partum, wohingegen die Trockenmasseaufnahme nur langsam ansteigt, sodass die Energieaufnahme über das Futter in der Früh lactation unzureichend ist (San Martín und Van Saun 2014). Der Verbrauch von Körperreserven in diesem Zeitraum und eine dadurch verminderte Körperkondition sind somit bei laktierenden Stuten zu einem gewissen Maße physiologisch (Wittek und Franz 2021). Die genauen Ausmaße der Energiemobilisierung sollten jedoch regelmäßig kontrolliert werden, da ein zu hoher Verlust an Körpergewicht oder Körperkondition die Milchleistung und Reproduktionsfähigkeit der Stute beeinträchtigen kann (Van Saun 2006a, San Martín und Van Saun 2014, Van Saun und Herdt 2014, Wagener und Ganter 2020).

Auch die Faserqualität des Vlies' von Alpakas nimmt in Zusammenhang mit Gewichtsverlust während der Laktation ab (Cruz et al. 2017). Tiere, die an Gewicht verlieren, zeigen niedrigere Faserwachstumsraten jedoch auch eine Abnahme des Faserdurchmessers (McGregor 2002, Van Saun 2006b). Zucht und Wollproduktion zählen in europäischen Alpakabetrieben zu den wichtigsten Produktionszweigen (Bauerstatter et al. 2018) und sind beide von Schwankungen im Energiehaushalt stark beeinflusst. Auch externe Faktoren wie beispielsweise die Umwelt können den Verlauf des Energiehaushalts eines Tieres beeinflussen; die routinemäßige Überwachung der Körperreserven ist daher empfohlen (Van Saun 2009).

## **2.2 Methoden zur Beurteilung der Körperkondition**

### **2.2.1 Körpergewicht (KGW)**

Das Körpergewicht eines Tieres kann objektiv mittels Waage gemessen werden. Alpakas können gut an eine Waage gewöhnt werden; ein rutschfester, trittsicherer Belag ist empfehlenswert (Wittek und Franz 2021). Zur Messung der Energiereserven eines Tieres ist die Lebendmassewägung jedoch unzureichend (Lefebvre et al. 2022). Wachstumszunahmen von Föten während der Trächtigkeit oder Schwankungen des Verdauungsinhalts zeigen starke Auswirkungen auf das gemessene Körpergewicht, sodass Änderungen nicht eindeutig den Aufbau oder die Mobilisierung von Körpermasse widerspiegeln (Schröder und Staufenbiel 2006, Faverdin et al. 2017, Lefebvre et al. 2022, Madilindi et al. 2022). Auch ohne diese physiologischen Schwankungen zu berücksichtigen, ist an einer Änderung der Lebendmasse ermittelt durch Wägung nicht erkennbar, welche Art von Gewebe auf- oder abgebaut wird. Die Anteile von Protein, Fett und Wasser im Körper und damit der Energiegehalt pro Kilogramm Körpergewicht sind sehr unterschiedlich (Schröder und Staufenbiel 2006). Bei der

Fettmobilisation nimmt der Körperwassergehalt zu, sodass die Lebendmasse nahezu unverändert bleibt. Beim Abbau von Körperprotein hingegen wird auch Wasser ausgeschieden, wodurch der tatsächliche Energiegewinn in einem viel geringeren Verhältnis zum gemessenen Lebendmasseverlust steht (Staufenbiel und Schröder 2004). Somit eignet sich das Wiegen eines Tieres nur bedingt für die Ermittlung der wahren Körperkondition.

### **2.2.2 Metabolisches Profil**

Bei Rindern hat sich gezeigt, dass verschiedene Stoffwechselmetabolite und Hormone mit der Energiebilanz zusammenhängen. Die Konzentrationen von Glukose, Cholesterin, Harnstoff, Insulin, insulinähnlichem Wachstumsfaktor-1, Trijodthyronin und Thyroxin im Blutplasma sind positiv mit der Energiebilanz assoziiert. Im Gegensatz dazu sind die Konzentrationen von NEFA, Kreatinin, Albumin, BHB, Wachstumshormonen und Enzymaktivitäten im Blut negativ mit der Energiebilanz korreliert (Schröder und Staufenbiel 2006). Ein Vorteil des metabolischen Profils ist die Bereitstellung eines aktuellen Herdenstatus, es lässt aber eine unmittelbare Verfügbarkeit missen (Schröder und Staufenbiel 2006).

Vor allem der Zusammenhang zwischen beta-Hydroxybuttersäure (BHB) sowie nicht veresterten freien Fettsäuren (NEFA) im Blut von Wiederkäuern und deren Energiestatus wurde mehrfach untersucht. Die NEFA-Konzentration spiegelt dabei das Ausmaß der Fettmobilisierung wider und die BHB-Konzentration gibt Auskunft über die verminderte Fettoxidation in der Leber (Karagiannis et al. 2014, Kaçar et al. 2021, Akhlaghi et al. 2022). In Zeiten begrenzter Energiezufuhr wie beispielsweise der späten Trächtigkeit oder frühen Laktation steigen die Konzentrationen an NEFA und BHB im Blut (de Oliveira et al. 2022). Bei Milchkühen werden erhöhte Werte in der Früh-laktation mit verminderter Reproduktionsleistung und Milchproduktion, sowie peripartalen Gesundheitsstörungen in Verbindung gebracht (Oetzel 2004, Ospina et al. 2010). Bei trächtigen Schafen ist die Kontrolle der BHB-Konzentrationen im Blut nützlich für die Überwachung des Energiestatus (Kaçar et al. 2021). Karagiannis et al. (2014) haben festgestellt, dass eine erhöhte BHB-Konzentration bei Mutterschafen 30 Tage vor Geburt die Wahrscheinlichkeit für peripartale Erkrankungen steigert. Bei Milchkühen hingegen spielt der BHB-Wert vor allem in den ersten 14 Tagen post partum eine wichtige Rolle. Erhöhte Werte konnten in Verbindung gebracht werden mit größerem Risiko für Metritis (Duffield et al. 2009), sowie der Steigerung von Dauer und Schwere von Mastitiden (Suriyasathaporn et al. 2000). Die BHB-Konzentration im Blut von

Wiederkäuern kann mit einem tragbaren Hand-Ketometer einfach und zuverlässig gemessen werden (Panousis et al. 2012), macht jedoch nur einen kleinen Teil des metabolischen Profils aus. Van Saun (2009) gibt an, die Konzentrationen von nicht veresterten Fettsäuren und beta-Hydroxybuttersäure im Blut spiegeln auch bei Alpakas akute Veränderungen des Energiehaushalts wider. Eine Blutanalyse alleine, ohne angemessene Bewertung der Körperkondition, klinischer Untersuchung des Tieres und Futterbewertung ist jedoch unzureichend zur Beurteilung des Ernährungsstatus von Neuweltkamelen (Van Saun und Herdt 2014).

### **2.2.3 Body Condition Scoring (BCS)**

Die Erfassung des Body Condition Scores erfolgt durch Adspektion und Palpation von verschiedenen Körperregionen eines Tieres, um die Abdeckung von Knochenvorsprüngen mit Muskelgewebe sowie subkutanem Fett zu beurteilen (Kleiböhmer et al. 1998). Das äußere Erscheinungsbild der Tiere interagiert mit deren Körperfettreserven und wird daher direkt von der Energiebilanz beeinflusst (Kleiböhmer et al. 1998, Schröder und Staufenberg 2006, González-García et al. 2015, Abdel-Lattif 2022). Da Änderungen der Körperkondition jedoch langsam stattfinden und für das menschliche Auge kleine Änderungen in kurzer Zeit schwierig zu erkennen sind, spiegelt sie in erster Linie vergangene Stoffwechselforgänge wider (Schröder und Staufenberg 2006).

Die erste Beurteilung der Körperkondition wurde für Schafe in den 1960er Jahren entwickelt und seither mehrfach angepasst und modifiziert (Kleiböhmer et al. 1998, Kenyon et al. 2014, Wagener und Ganter 2020). Welche Knochenvorsprünge dabei betrachtet werden, hängt von der Tierart ab und die Einteilung der Score-Punkte unterliegt oft auch rassespezifischen Schwankungen.

### 2.2.3.1 Body Condition Scoring beim Rind

Beim Rind hat sich zur Beurteilung des Body Condition Scores vor allem der Beurteilungsschlüssel von Edmonson et al. (1989) für Tiere der Rasse Holstein-Friesian durchgesetzt mit Konditionsnoten von eins (sehr mager) bis fünf (stark verfettet). Die Scoring-Punkte können in halbe und viertel Noten unterteilt werden (Staufenbiel und Schröder 2004). Metzner et al. (1993) haben den Beurteilungsschlüssel von Edmonson et al. (1989) ins Deutsche übersetzt und modifiziert. Das verwendete Piktogramm ist in Abb. 2 dargestellt. Insgesamt werden acht verschiedene Körperregionen betrachtet und falls notwendig palpirt. Jedem Messpunkt wird eine Note der Skala zugeschrieben und der gesamt BCS errechnet sich aus dem Mittelwert der festgestellten Punkte (Metzner et al. 1993). Für Milchviehherden liegt der Vorteil des Body Condition Scorings in der einfachen und praktikablen Anwendung, besonders unter Laufstallbedingungen (Schröder und Staufenbiel 2006). Routinemäßige Kontrollen werden vor allem zum Trockenstellen, zum Partus und in der Früh-laktation empfohlen (Schröder und Staufenbiel 2004).

|                                     | NOTE | Dornfortsätze                                    | Verbindungsline Dorn- zu Querfortsätzen | Querfortsätze                                       | Übergang zur Hungergrube    | Hüfthöcker & Sitzbeinhöcker  | Bereich zwisch. Hüft- & Sitzbeinhöcker | Bereich zwisch. Hüfthöckern | Beckenausgangsgrube                                     |
|-------------------------------------|------|--|---|---|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------------------|---|
| HOCHGRADIG ABGEMAGERT (kachektisch) | 1.00 | treten stark hervor, 'sägezahnähnlich'           | tief eingesenkt                         | > 1/2 sichtbar                                      | deutlicher Sims eingesunken | extrem hart, kein Fettgewebe | völliger Fleischverlust                | extrem eingesunken          | scharf, V-förmig, Knochen stark hervortretend           |
|                                     | 1.25 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
|                                     | 1.50 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
| KNOCHEN-VORSPRÜNGE GUT SICHTBAR     | 2.00 | einzelnen erkennbar                              | deutlich eingesenkt                     | 1/2 Länge sichtbar                                  | vorstehender Sims           | vorstehend                   | sehr eingesunken                       | deutlich eingesunken        | rund, U-förmig, Knochen hervortretend                   |
|                                     | 2.25 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
|                                     | 2.50 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
| KNOCHEN-VORSPRÜNGE GUT ABGEDECKT    | 2.75 | deutlich hervorstehende Rückenlinie              |   | 1/3 - 1/4 sichtbar                                  | mäßig vorstehend            |                              | dünne Fleischauflage                   | deutlich eingesunken        | erste Anzeichen von Fett                                |
|                                     | 3.00 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
|                                     | 3.25 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
| KNOCHEN-VORSPRÜNGE ANGEDEUTET       | 3.50 | Dornfortsätze undeutlich, weiche Rückenlinie     | leicht konkave Linie                    | < 1/4 sichtbar                                      | kaum vorstehend             | glatt                        | eingesunken                            | mäßig eingesunken           | angedeutet, Knochen weich                               |
|                                     | 3.75 |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |
|                                     | 4.00 | Dornfortsätze nicht erkennbar, Rückenlinie flach | fast waagrecht                          | deutliche Leiste, Querforts. nicht einzeln sichtbar | nicht vorstehend            | gut bedeckt                  | leicht eingesunken                     | leicht eingesunken          | ausgefüllt, Knochen abgerundet                          |
| HOCHGRADIG VERFETTET                | 4.25 |  |   | glatte, runde Kante                                 |                             | abgerundet                   | flach                                  | flach                       |   |
|                                     | 4.50 |  |   | Kante kaum erkennbar                                |                             |                              |  |                             |   |
|                                     | 4.75 | Dornfortsätze von Fettschicht verdeckt           | abgerundet (konvex)                     | in Fettschicht verschwunden                         | vorgewölbt                  | in Fettschicht versunken     | abgerundet                             | abgerundet                  | ausgefüllt mit Fettschicht, Knochen im Fett eingesunken |
| 5.00                                |      |  |   |   |                             |                              |  |                             |   |

Abb. 2: Body Condition Scoring per Adspektion und Palpation von Milchkühen der Rasse Holstein Friesian (Metzner et al. 1993)

### 2.2.3.2 Body Condition Scoring beim kleinen Wiederkäuer

Zur Beurteilung der Körperkondition von kleinen Wiederkäuern kann auf die Palpation nicht verzichtet werden. Vor allem Wollschafe und -ziegen können durch reine Adspektion falsch eingeschätzt werden. Für Tiere mit besonders dichtem Vlies ist es notwendig, dieses zu scheiteln, um die Haut und darunter liegendes Gewebe ertasten zu können (McGregor 2005). Daher erfordert die BCS-Messung von kleinen Wiederkäuern, dass die Tiere zusammengetrieben und manipuliert werden. Die Methodik ist allerdings schnell und einfach, sodass die Akzeptanz dieser Maßnahme in Betrieben gut ist (Richmond et al. 2017).

Für Schafe hat sich die Beurteilung der Körperkondition nach Russel et al. (1969) durchgesetzt, welche auf der Grundlage des Body Condition Scorings von Jefferies (1961) aufbaut (Keinprecht et al. 2016). Der BCS wird ermittelt durch Abtasten des Tiers im Lendenbereich unmittelbar hinter der letzten Rippe und oberhalb der Nieren; miteinbezogen werden die hier tastbaren Knochenpunkte der Wirbelsäule (Yilmaz et al. 2011) sowie das um- und aufliegende Gewebe (Abb. 3) (Russel 1984, McGregor 2005, Vatankhah et al. 2012). Aus der Betrachtung aller Kriterien ergibt sich dann ein Score zwischen eins (stark abgemagert) und fünf (stark verfettet) (Russel et al. 1969, Russel 1984, Vatankhah et al. 2012).

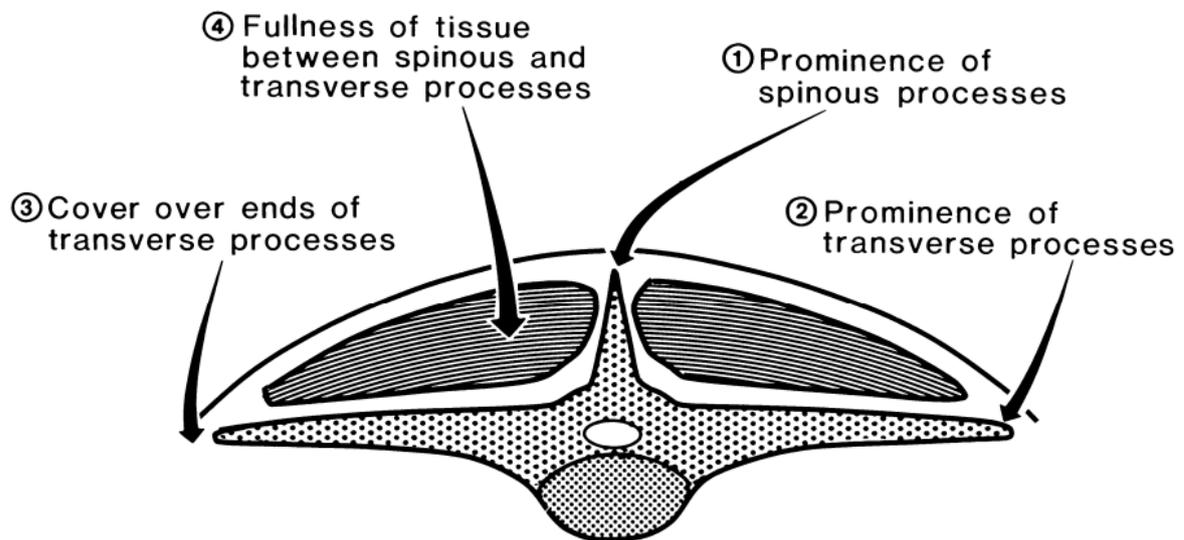


Abb. 3: Kriterien bei der Bewertung des Body Condition Scores in der Lendengegend von Schafen (Russel 1984)

- 1: Ausprägung der Dornfortsätze (Grad der Schärfe oder Rundung)
- 2: Ausprägung der Querfortsätze (Grad der Schärfe oder Rundung)
- 3: Ausdehnung des Muskel- und Fettgewebes an der Spitze der Querfortsätze
- 4: Fülle des Muskelbereichs und dessen Fettabdeckung zwischen Dorn- und Querfortsätzen

Keinprecht et al. (2016) zeigten bei Schafen eine gute Wiederholbarkeit von BCS-Messungen in der Lendengegend, die von verschiedenen untersuchenden Personen durchgeführt wurden. Die für Ziegen angewandte zweite Messung in der Sternumregion ist bei Schafen weniger zuverlässig (Keinprecht et al. 2016), da bei Ziegen in der Regel eine andere Verteilung der Fettreserven vorliegt (Wagener und Ganter 2020).

Für das Body Condition Scoring bei Ziegen wird das Volumen des Sternumfetts (Dicke, Breite, Länge) und die Dicke der umgebenden Gewebeschichten, die die Chondrosternalgelenke bedecken, durch Palpation beurteilt. Das Sternumfett ist als „Fettpolster“ auf einer Länge von etwa zehn Zentimetern gut zu erkennen; ein Score von null bis fünf kann schnell angegeben werden, da sich diese subkutane Fettschicht leicht abgrenzen und untersuchen lässt (Santucci et al. 1991, Aumont et al. 1994). Der Gesamt-BCS für Ziegen ergibt sich aus dem Mittelwert von Sternum- und Lendenpalpation (Santucci et al. 1991, Vieira et al. 2015).

### **2.2.3.3 Body Condition Scoring beim Alpaka**

Aufgrund des dichten Vlieses sollte bei Neuweltkamelen und besonders beim Alpaka auf die Palpation zur Beurteilung der Körperkondition nicht verzichtet werden (Van Saun 2009, Wagener und Ganter 2020, Wittek und Franz 2021). Adspektion alleine ist hierfür nicht geeignet, da sie zu starken Fehleinschätzungen führen kann (Fowler 2010, Franz 2017).

Aktuell finden sich in der Literatur mehrere Ansätze zum Body Condition Scoring bei Neuweltkamelen mit verschiedenen Skalen und unterschiedlichen zu untersuchenden Lokalisationen. Eines der ersten Systeme wurde von Johnson (1994) für Lamas beschrieben, welches eine Skala von eins bis zehn verwendet und auf Untersuchungen von vier verschiedenen Stellen beruht: palpatorisch werden Lendengegend und Rippen beurteilt; adspektorisch bzw. falls nötig palpatorisch werden die Fettanteile der Brust- und Leistengegend miteinbezogen (Johnson 1994). Spätere Beschreibungen verwenden oft eine Skala von eins bis fünf mit halben Punkten (Fowler 2010, Baumgartner und Wittek 2018), wodurch eine bessere Vergleichbarkeit zu anderen Tierarten und deren bereits besser untersuchten Konditionsverläufen entsteht (Van Saun und Herdt 2014). Einige Literaturquellen beziehen noch die Palpation des Beckens wie beim Rind mit in die Bewertung ein (Van Saun 2006b, 2009, Van Saun und Herdt 2014) (Abb. 4). Davon rät Johnson (1994) jedoch ausdrücklich ab, da selbst dicke Tiere eine dünne Haut, wenig Muskulatur und wenig Fett über dem Beckenknochen haben, sodass die knöchernen Strukturen hier noch gut fühlbar sind.

Soll nur eine abgekürzte Version des Body Condition Scoring durchgeführt werden, ist auf jeden Fall die Palpation der Lendenwirbelsäule und ihres umgebenden Gewebes angezeigt. Besitzerinnen und Besitzer sollten dazu angehalten werden, die Körperkondition ihrer Tiere regelmäßig durch Abtasten der Lumbosakralregion zu beurteilen (D'Alterio 2006, Wittek und Franz 2021).

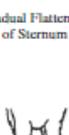
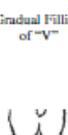
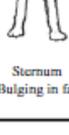
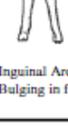
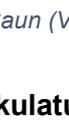
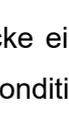
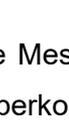
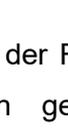
|               |       |   | 1  | 2   | 3   | 4  |
|---------------|-------|---|--|---|---|--|
|               | Score | Animal Description  | Frontal Profile  | Rear Profile  | Spinous to Transverse Process   | Paralumber Fossa   |
| Emaciated     | 1.0   | No visible or palpable fat or muscle between skin and bones. Ribs, dorsal spinous and transverse processes, and pelvic bones are individually prominent. Extreme loss of muscle mass. | Prominent "V" Keel<br>            | Acutely Inverted "V"<br>   | Deep depression<br>        | Gaunt, tucked-in fossa<br>    |
| Poor          | 1.5   |   |                                   |                            | Obvious depression<br>     |                               |
| Thin          | 2.0   | Slight cover over bony structure. Ribs, spinous processes still visible and easily palpated as sharp. Less muscle mass loss.  | Gradual Flattening of Sternum<br> | Gradual Filling of "V"<br> |                            | Prominent shelf<br>           |
| Borderline    | 2.5   |   |                                  |                           | Smooth concave curve<br> | Slight shelf<br>            |
| Moderate      | 3.0   | Overall smooth appearance. Slight fat cover over ribs and other bony processes. Ribs and spinous processes can be palpated with slight pressure. No muscle mass loss present          | Moderate fat<br>                | Moderate fat<br>         | Smooth slope<br>         | No shelf<br>                |
| High Moderate | 3.5   |   |                                 |                          | Nearly flat<br>          | Edge barely discernible<br> |
| Excess        | 4.0   | Fleshy appearance with visible coverage of fat. Moderate to firm pressure necessary to palpate bony structures under skin   |                                 |                          | Rounded<br>              | Buried in fat<br>           |
| Fat           | 4.5   |   |                                 |                          |                          |                             |
| Grossly Obese | 5.0   | Excessive fat cover over entire body with smooth, rounded appearance. Bony prominences cannot be palpated, even with firm pressure. Bulging fat pads visible around tailhead          |                                 |                          |                          |                             |

Abb. 4: Beurteilung des BCS bei Neuweltkamelen nach Van Saun (Van Saun 2009)

## 2.2.4 Ultrasonographische Messung von Muskulatur/Fettdicke

Die Vermessung von Muskulatur und/oder Fettdicke eines Tieres mittels Ultraschalls bietet eine objektive Methodik zur Erfassung der Körperkondition.

Beim Rind wird vor allem die ultrasonographische Messung der Rückenfettdicke (RFD) als wichtige Methodik zur Beurteilung der Körperkondition genannt. Dazu wird die Ultraschallsonde am Übergang zwischen kaudalem Viertel und kaudalem Fünftel einer gedachten Linie vom *Tuber coxae* zum *Tuber ischiadicum* angelegt (Abb. 5, Abb. 6) und die Fettdicke bis hin zur gut erkennbaren *Fascia trunci profunda* vermessen (Abb. 7) (Staufenbiel 1992, Schröder und Staufenbiel 2006, Boge et al. 2020). Eine Änderung der so gemessenen

Rückenfettdicke um 1 mm entspricht einer Änderung des Gesamtkörperfettanteils von 5 kg (Schröder und Staufenbiel 2003, Staufenbiel und Schröder 2004, Boge et al. 2020).

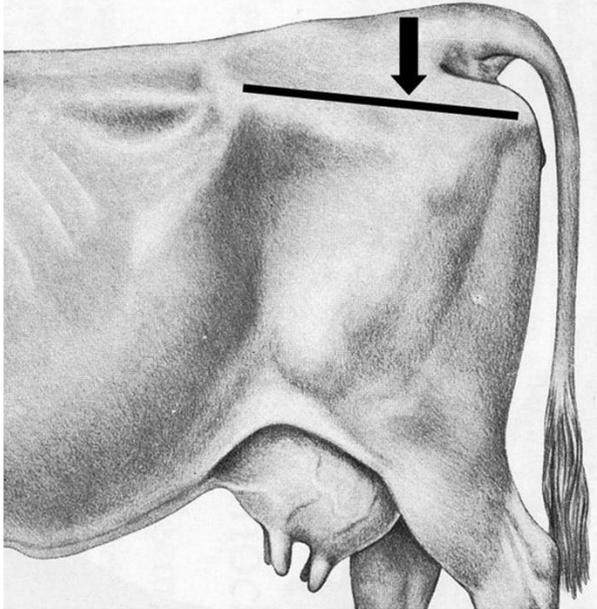


Abb. 5: Messpunkt der RFD (laterale Ansicht)  
(Schröder und Staufenbiel 2006)

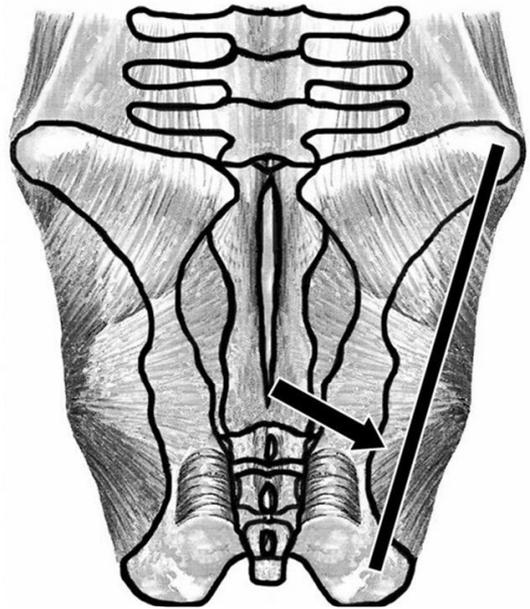


Abb. 6: Messpunkt der RFD (dorsale Ansicht)  
(Schröder und Staufenbiel 2006)

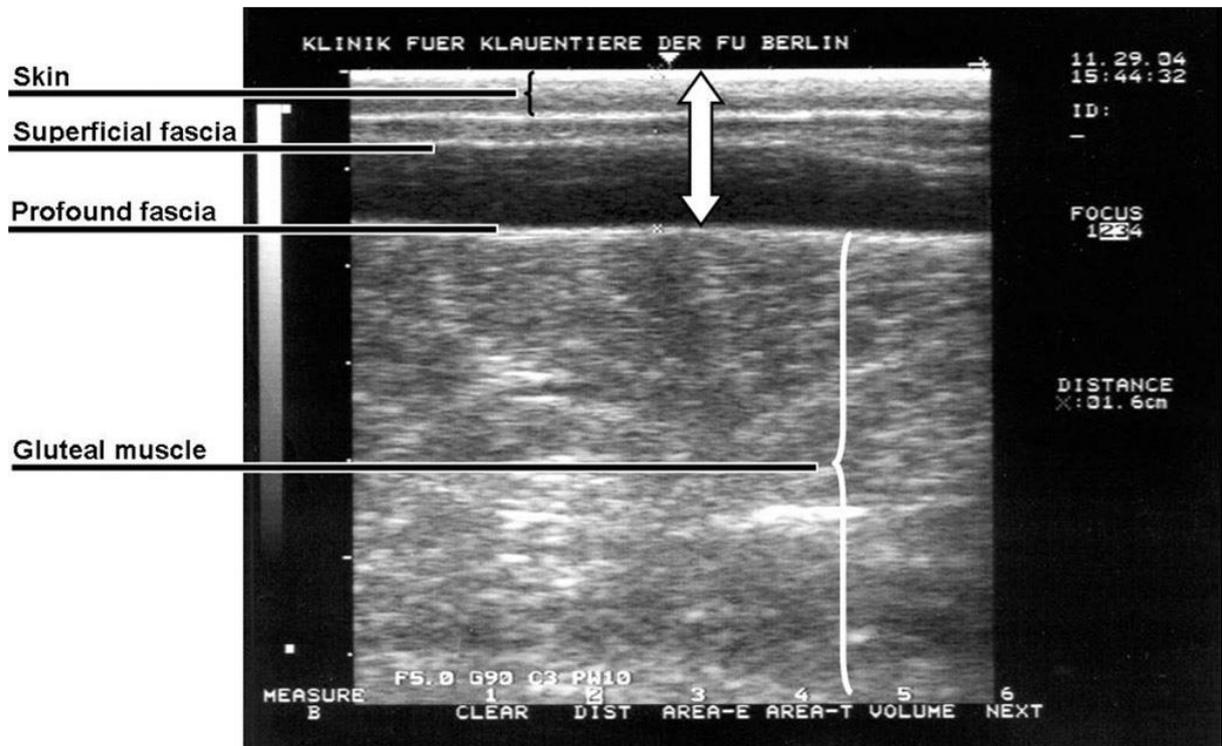


Abb. 7: Messung der RFD einer Holstein-Friesian Kuh mit moderater Körperkondition (16mm RFD)  
(Schröder und Staufenbiel 2006)

Für die Vorhersage der Schlachtkörperzusammensetzung von kleinen Wiederkäuern wird häufig die ultrasonographische Messung von Muskel- und Fettdicken verwendet. Bei Schafen eignen sich die Messungen von *M. longissimus thoracis et lumborum* und die subkutane Fettschicht dorsal davon am besten, um die Muskel- und Fettanteile des Schlachtkörpers vorherzusagen (Silva et al. 2006, Emenheiser et al. 2010, Keinprecht et al. 2016). Die Gewebedicke von Fett und Muskel kann zur Schätzung der Körperfettreserven verwendet werden (Shands et al. 2009, Van Burgel et al. 2011, Keinprecht et al. 2016), wodurch auch der Energiestatus von Milchschaafen im letzten Trächtigkeitsmonat ermittelt werden kann (Termatzidou et al. 2023). Für Ziegen zeigen sich die besten Beziehungen zwischen Ultraschall- und Schlachtkörpermessungen der Fettdicke, wenn die Ultraschallsonde in der Brustregion auf Höhe des Sternums angelegt wird (Teixeira et al. 2008).

Für Neuweltkamele sind nach bestem Wissen bisher noch keine Untersuchungen zu diesem Thema veröffentlicht worden. Daraus ergeben sich die in der Einleitung dargestellten Ziele und Hypothesen der Untersuchung.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Tiere

Für diese Arbeit wurden im Zeitraum von April 2021 bis März 2022 insgesamt 160 Alpakas untersucht. In die Studie aufgenommen wurden Tiere ab einem Mindestalter von zehn Monaten. Vermessen wurden sowohl Alpakas von acht verschiedenen Betrieben in Niederösterreich, Burgenland und Wien als auch Patienten- und Begleittiere an der Klinik für Wiederkäuer der Veterinärmedizinischen Universität Wien (VMU). Die Aufteilung der Tierzahlen unter den Betrieben ist in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Anzahl der vermessenen Tiere pro Betrieb

| Betriebe         | 1  | 2  | 3  | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | VMU |
|------------------|----|----|----|---|----|----|----|----|-----|
| Anzahl der Tiere | 14 | 15 | 27 | 3 | 15 | 12 | 12 | 15 | 47  |

#### 3.2 Untersuchungsmethoden

Zur Datenerhebung wurde eine transversale Methode angewandt, sodass alle Alpakas nur einmalig untersucht wurden. Für die ersten 50 Tiere wurden die Messungen von zwei verschiedenen untersuchenden Personen durchgeführt, größtenteils gemeinsam, um sich gegenseitig auf reproduzierbare Messmethoden und Skalen zu eichen. Vor allem für den BCS werden solche Justierunden empfohlen (Kleiböhmer et al. 1998). Die restlichen 110 Messungen wurden immer von der gleichen Person, der Autorin, durchgeführt. Die Fixation der Tiere erfolgte auf den Betrieben durch die jeweiligen Besitzerinnen oder Besitzer und an der Klinik für Wiederkäuer durch Pflegepersonal bzw. andere Studierende mittels Halfter und Strick. Vermessen wurden der BCS nach Baumgartner und Wittek (2018), das KGW mithilfe einer Waage und die Gesamtdicke von Haut, Unterhaut und Muskulatur an zwei verschiedenen Stellen mittels Ultraschalls. Alle Untersuchungsmaterialien wurden regelmäßig gesäubert und desinfiziert. Zudem wurden Geschlecht, Kastrationsstatus, Trächtigkeitsstatus und Alter nach Angaben der Tierbesitzerinnen und Tierbesitzer festgehalten.

##### 3.2.1 Körpergewicht (KGW)

Zur Ermittlung des Körpergewichts wurde an der Veterinärmedizinischen Universität Wien die dauerhaft installierte Großtierwaage (Waage Bizerba MCI<sup>®</sup>, BEMACON, Deutschland) verwendet. Auf den privaten Betrieben wurde eine transportable Waage (PS1000<sup>®</sup>, Brecknell, West Virginia, USA) mit einer Gummimatte darauf für mehr Rutschfestigkeit eingesetzt.

### 3.2.2 Body Condition Score (BCS)

Der Body Condition Score wurde nach Baumgartner und Wittek (2018) über vier verschiedene Stellen bestimmt. Adspektorisch wurden die Fettanteile der Brust- und Leistengegend bewertet. Palpatorisch wurden die Muskulatur und etwaige Fetteinlagerungen dorsal der Lendenwirbelsäule mit Daumen und Zeigefinger untersucht (*Musculus longissimus dorsi*), sowie die Bemuskelung der Rippenbögen. Für jeden dieser vier Untersuchungspunkte wurde ein Wert auf einer Skala von eins bis fünf mit Unterteilungen in halbe Punkte vergeben. Eine Bewertung von eins bedeutet, kaum adspektorisch oder palpatorisch erkennbare Muskelmasse oder Fetteinlagerungen zwischen Haut und Knochen sind feststellbar. Fünf steht für übermäßigen Fettansatz am gesamten Körper mit glattem, abgerundetem Aussehen. Knochenvorsprünge können auch mit festem Druck nur schwer ertastet werden (Van Saun 2009). Der Mittelwert dieser vier Body Condition Scores gerundet auf einen Viertelpunkt ergibt den Gesamt-BCS.

### 3.2.3 Sonographische Distanzmessungen ( $SDM_{LM}$ , $SDM_{GM}$ )

Die Ultraschallmessungen wurden mit einem transportablen Ultraschallgerät (DP-50 Expert®, Mindray Medical Germany GmbH, Deutschland) mit Linearschallkopf an zwei verschiedenen Stellen durchgeführt. Das Vlies wurde für die Messungen lediglich gescheitelt und Alkohol als Kontaktmittel eingesetzt (Abb. 8).

Der erste Messpunkt wurde in Anlehnung an die Palpation des BCS entlang der Lendenwirbelsäule gewählt und dient somit der sonographischen Distanzmessung der Lendenmuskulatur ( $SDM_{LM}$ ). Der Schallkopf wird hierfür dorsolateral der Wirbelkörper auf halber Strecke zwischen letzter Rippe und *Tuber coxae* mit leichtem Druck aufgesetzt (Abb. 9). Ein Standbild wird erstellt, sobald die „L“-förmige knochendichte Darstellung von *Proc. spinosus* und *Proc. transversus* erkennbar ist. Dann wird die Dicke von Haut, Fettgewebe und Muskulatur bis zum *Proc. transversus* vermessen (Abb. 10).



Abb. 8: Scheiteln des Vlieses



Abb. 9: Anlegen des Schallkopfes für die Messung der Dicke der Lendenmuskulatur

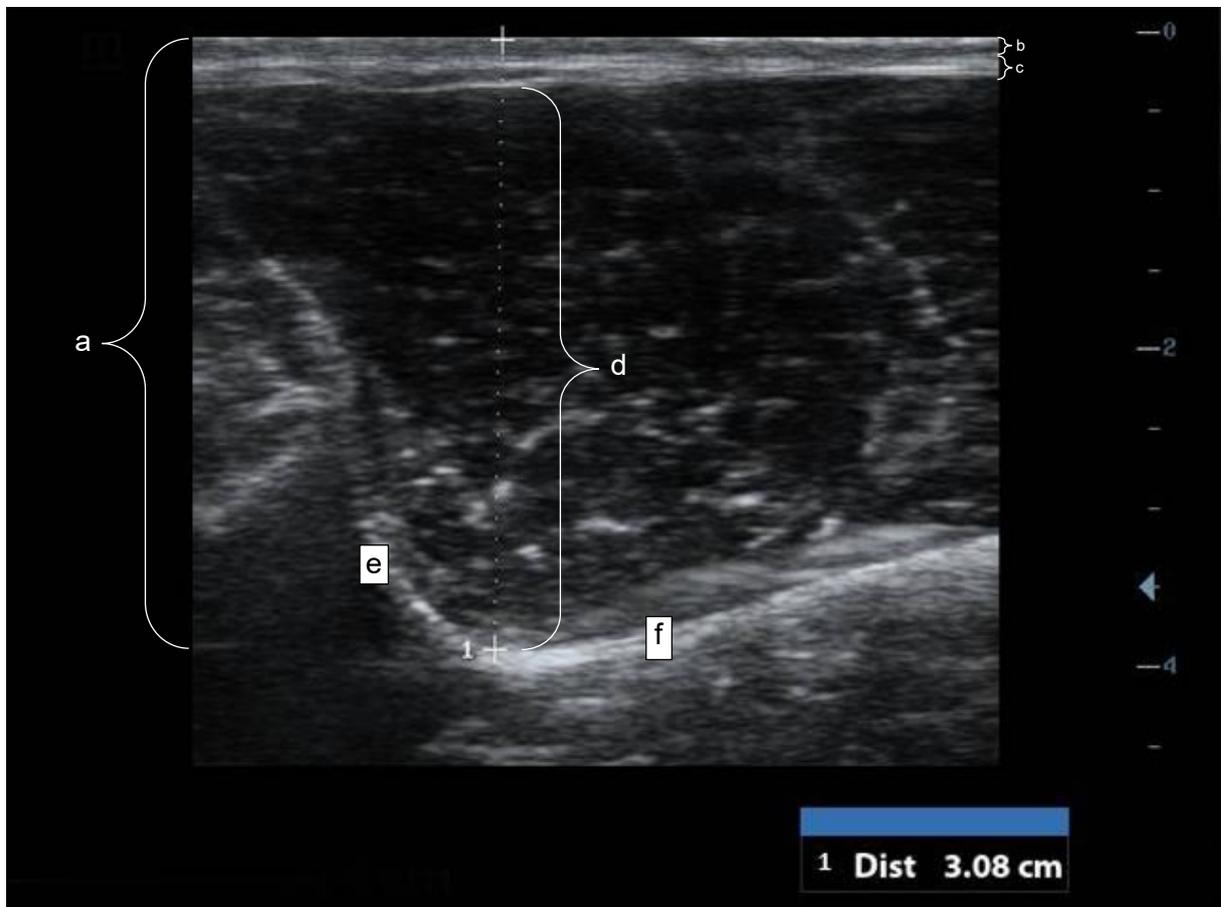


Abb. 10: Ultraschallmessung Lendenmuskulatur

- 1: gesetzter Messpunkt, entspricht Strecke a  
 a: Dicke von Haut, Unterhaut und Muskulatur  
 b: Haut  
 c: Unterhautfett  
 d: Musculus longissimus dorsi  
 e: Processus spinosus  
 f: Processus transversus

Der zweite Messpunkt wurde in Anlehnung an die Rückenfettdickemessung mittels Ultraschalls beim Rind gewählt und dient der sonographischen Distanzmessung der Glutealmuskulatur ( $SDM_{GM}$ ). Der Schallkopf wird dazu am Übergang zwischen kaudalem Viertel und kaudalem Fünftel entlang einer gedachten Verbindungslinie zwischen *Tuber coxae* und *Tuber ischiadicum* angelegt, wie von Schröder & Staufenbiel (2006) beschrieben. Auch hier wurden anhand eines Standbildes Haut, Fettgewebe und Muskulatur zusammen bis zur Darstellung einer knochendichten Struktur (*Os coxae*) vermessen (Abb. 11).

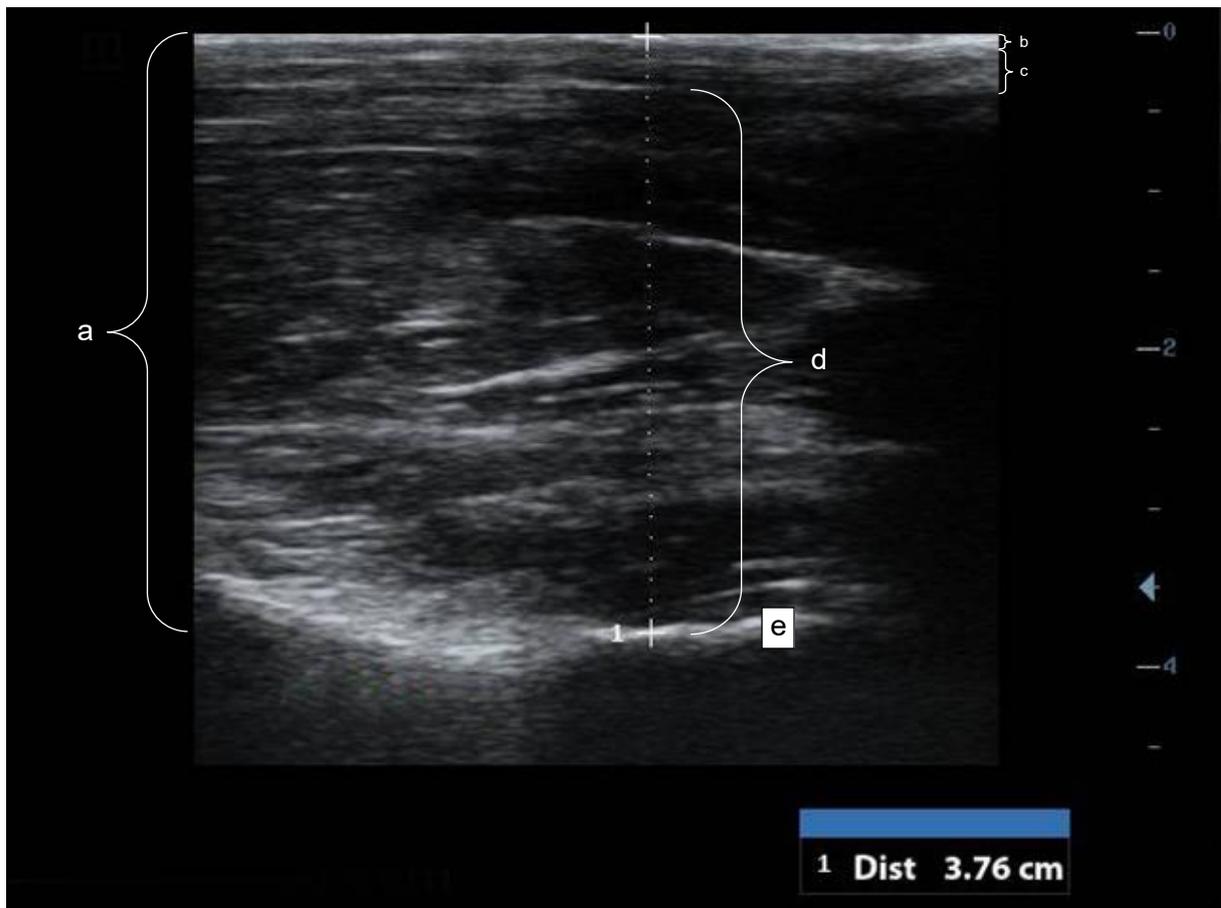


Abb. 11: Ultraschallmessung Glutealmuskulatur

- 1: gesetzter Messpunkt, entspricht Strecke a
- a: Dicke von Haut, Unterhaut und Muskulatur
- b: Haut
- c: Unterhautfett
- d: Glutealmuskulatur
- e: *Os coxae*

Beide Ultraschallmessungen wurden stets an der linken Körperseite des Tieres durchgeführt.

### 3.3 Statistische Methoden

Die erhobenen Daten wurden mithilfe einer Tabellenkalkulationssoftware (Microsoft Excel<sup>®</sup>, Microsoft Corporation, Washington, USA) erfasst und ausgewertet. Für die deskriptive Statistik wurden Minimum (Min), Maximum (Max), Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s) und der Variationskoeffizient (V) von BCS, KGW,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  erhoben. Mittels Levene-Tests auf Varianzgleichheit und t-Tests auf Mittelwertgleichheit wurde auf Unterschiede in den Varianzen bzw. Mittelwerten aufgrund von Schurstatus, Geschlecht, Kastrations- und Trächtigkeitsstatus untersucht. Dazu wurden jeweils folgende Untergruppen miteinander verglichen: geschoren/nicht geschoren, männlich/weiblich, Hengst/Wallach und tragend/nicht tragend (Stuten). Die Signifikanz p der Unterschiede wurde mithilfe der t-Teststatistik bemessen.

Die lineare Korrelation r zwischen den Datenreihen BCS, KGW,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  wurde mithilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson ermittelt für die bereits genannten Untergruppen. Die Stärke der errechneten Korrelationen wurde eingeteilt nach Fahrmeir et al. (2016):

$|r| < 0,5 \rightarrow$  schwache Korrelation

$0,5 \leq |r| < 0,8 \rightarrow$  mittlere Korrelation

$0,8 \leq |r| \rightarrow$  starke Korrelation.

Die 4 gemessenen Parameter wurden jeweils zu zweit untereinander auf einfache Regression überprüft unter Verwendung des Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  und die Ergebnisse sowohl tabellarisch als auch grafisch dargestellt.

Zur Beurteilung der Wiederholbarkeit wurden die sonographischen Distanzmessungen ( $SDM_{LM}$  &  $SDM_{GM}$ ) an zwei Tieren zehnmal durchgeführt und aus den Ergebnissen der Variationskoeffizient über Mittelwert und Standardabweichung errechnet.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Statistik

Von den 160 Tieren sind die meisten der Rasse Huacaya zuzuordnen ( $n = 154$ ) und nur wenige der Rasse Suri ( $n = 6$ ). Es wurden zu ungefähr gleichen Teilen männliche ( $n = 79$ ) und weibliche ( $n = 81$ ) Tiere vermessen. Die Unterteilung nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus ist der Tab. 2 zu entnehmen. Aufgrund der jahreszeitlichen Unterschiede zu den Messzeitpunkten wurden sowohl geschorene Tiere ( $n = 39$ ) als auch ungeschorene Tiere ( $n = 121$ ) untersucht. Als geschoren galt in dieser Studie Vlies mit einer Länge von weniger als 2 cm wie bei Navarre et al. (2001) und Heath et al. (2001).

Tab. 2: Anzahl der Tiere, aufgeteilt nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus

| Geschlecht              | männlich |         | weiblich |               |
|-------------------------|----------|---------|----------|---------------|
|                         | Hengst   | Wallach | tragend  | nicht tragend |
| absolute Häufigkeit     | 56       | 23      | 44       | 37            |
| relative Häufigkeit (%) | 35,00    | 14,375  | 27,5     | 23,125        |

Es konnten aufgrund mangelnder Kooperation der Tiere nicht alle Messungen bei allen Tieren durchgeführt werden. Dadurch ergeben sich 145 Datensätze mit allen vier gemessenen Werten (BCS, KGW,  $SDM_{LM}$ ,  $SDM_{GM}$ ), sechs Datensätze mit nur den Messungen von BCS, KGW und  $SDM_{LM}$ , zwei Datensätze mit nur den Messungen von BCS, KGW und  $SDM_{GM}$ , drei Datensätze mit nur den Messungen von BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$ , sowie vier Datensätze mit nur den Messungen von BCS und KGW.

Insgesamt wurde somit das KGW von 157 Tieren gemessen. Dabei ergibt sich ein Mittelwert von 65,6 kg und die erhobenen Daten liegen zwischen 24,5 kg und 106,6 kg. Der BCS wurde von allen 160 Tieren festgehalten. Der Mittelwert liegt bei 2,84, das Minimum bei 1,25 und das Maximum bei 4,5. Zu der  $SDM_{LM}$  liegen 154 Messungen vor. Der Mittelwert dieser Messungen liegt bei 3,90 cm, das Minimum bei 2,1 cm und das Maximum bei 5,75 cm. Zu der  $SDM_{GM}$  liegen 150 Messwerte vor mit einem Mittelwert von 4,09 cm. Der niedrigste Messwert liegt bei 2,04 cm, der höchste Messwert bei 5,86 cm. Alle Messwerte sind normalverteilt und die genauen Werte sind der Tab. 3 zu entnehmen.

Tab. 3: deskriptive Statistik aller Messungen

|                          | KGW (kg) | BCS  | SDM <sub>LM</sub> (cm) | SDM <sub>GM</sub> (cm) |
|--------------------------|----------|------|------------------------|------------------------|
| Mittelwert ( $\bar{x}$ ) | 65,60    | 2,84 | 3,90                   | 4,09                   |
| Standardabweichung (SD)  | 14,26    | 0,70 | 0,66                   | 0,65                   |
| Minimum (Min)            | 24,50    | 1,25 | 2,10                   | 2,04                   |
| Maximum (Max)            | 106,60   | 4,50 | 5,75                   | 5,86                   |
| Anzahl (n)               | 157      | 160  | 154                    | 150                    |

#### 4.1.1 Wiederholbarkeit der sonographischen Distanzmessungen

An zwei Tieren wurden die sonographische Distanzmessungen der Lendenmuskulatur (SDM<sub>LM</sub>) und der Glutealmuskulatur (SDM<sub>GM</sub>) jeweils zehnmal durchgeführt, um die Wiederholbarkeit der Methodik zu testen. Für beide Messungen zeigt sich stets ein Variationskoeffizient von  $\leq 5\%$ , die genauen Daten sind der Tab. 4 zu entnehmen.

Tab. 4: Mehrfachmessungen von SDM<sub>LM</sub> und SDM<sub>GM</sub>: Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient

|                   |        | Mittelwert ( $\bar{x}$ ) | Standardabw. (SD) | Variationsk. (CV) |
|-------------------|--------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| SDM <sub>LM</sub> | Tier 1 | 4,04                     | 0,19              | 0,05              |
|                   | Tier 2 | 3,95                     | 0,12              | 0,03              |
| SDM <sub>GM</sub> | Tier 1 | 3,74                     | 0,12              | 0,03              |
|                   | Tier 2 | 4,72                     | 0,20              | 0,04              |

## 4.2 Einfluss verschiedener Merkmalsausprägungen auf die Messungen

Jeweils zwei Gruppen, die sich aufgrund einer Merkmalsausprägung unterscheiden, wurden mithilfe des Levene-Tests auf Varianzgleichheit und des t-Tests auf Mittelwertgleichheit untereinander verglichen. Die Unterteilungen lauten wie folgt: geschoren/nicht geschoren, männlich/weiblich, Hengst/Wallach, tragend/nicht tragend (Stuten).

### 4.2.1 Schurstatus

Von den 160 Alpakas waren 121 ungeschoren und 39 geschoren zum Zeitpunkt der Messungen. Die Werte beider Gruppen zu KGW, BCS, SDM<sub>LM</sub> und SDM<sub>GM</sub> zeigen gleiche Varianzen, weshalb für den Mittelwertvergleich ein Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen durchgeführt werden konnte. Es wurde vorweg die Annahme getroffen, dass die ungeschorenen Tiere durchschnittlich schwerer sind und einen höheren BCS

zugeordnet bekommen als die geschorenen Tiere, deshalb wurde hier zur Auswertung der einseitige t-Test für die Berechnung der Signifikanz verwendet. Für die sonographischen Distanzmessungen wurde eine solche Annahme nicht vorweg getroffen, sodass der zweiseitige t-Test zum Einsatz kam.

Für alle vier untersuchten Parameter (KGW, BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$ ) zeigen sich signifikant höhere Mittelwerte in der Gruppe der ungeschorenen Tiere. Das KGW der ungeschorenen Alpakas ist durchschnittlich um ca. 7,4 kg schwerer als das der geschorenen Alpakas ( $t(155) = 2,793$ ;  $p = 0,003$ ). Der BCS zeigt im Mittel einen um 0,395 höheren Wert, wenn die Tiere ungeschoren sind ( $t(158) = 3,144$ ;  $p < 0,001$ ). Die  $SDM_{LM}$  der ungeschorenen Tiere ist im Durchschnitt um 0,43 cm länger als bei den geschorenen Tieren ( $t(152) = 3,652$ ;  $p < 0,001$ ) und die  $SDM_{GM}$  ist durchschnittlich um 0,61 cm länger ( $t(148) = 5,151$ ;  $p < 0,001$ ). Die genauen Werte sind der Tab. 5 zu entnehmen.

Tab. 5: Nach Schurstatus getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$ . Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben als Indizes unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ).

|                 | Schurstatus | Anzahl (n) | Mittelwert ( $\bar{x}$ ) | Standardabw. (SD) |
|-----------------|-------------|------------|--------------------------|-------------------|
| KGW (kg)        | geschoren   | 36         | 59,88 <sup>a</sup>       | 13,71             |
|                 | ungeschoren | 121        | 67,28 <sup>b</sup>       | 14,03             |
| BCS             | geschoren   | 39         | 2,55 <sup>a</sup>        | 0,67              |
|                 | ungeschoren | 121        | 2,94 <sup>b</sup>        | 0,69              |
| $SDM_{LM}$ (cm) | geschoren   | 39         | 3,57 <sup>a</sup>        | 0,63              |
|                 | ungeschoren | 115        | 4,01 <sup>b</sup>        | 0,64              |
| $SDM_{GM}$ (cm) | geschoren   | 33         | 3,62 <sup>a</sup>        | 0,57              |
|                 | ungeschoren | 117        | 4,23 <sup>b</sup>        | 0,61              |

#### 4.2.2 Geschlecht

Insgesamt wurden 79 männliche Tiere und 81 weibliche Tiere untersucht. Bezüglich KGW, BCS und  $SDM_{GM}$  zeigen beide Gruppen gleiche Varianzen, weshalb weiterführend ein Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen durchgeführt wurde. Bei der  $SDM_{LM}$  zeigt der Levene-Test eine Varianzungleichheit auf, sodass weiterführend ein Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen angewandt wurde. Für die Bestimmung der Signifikanz ( $p$ ) der errechneten Mittelwertunterschiede wurde beim KGW ein einseitiger t-Test angewandt, unter der Annahme, dass männliche Tiere schwerer sind als weibliche. Bei den restlichen drei Parametern wurde ein zweiseitiger t-Test verwendet.

In dieser Studie zeigt sich bei den männlichen Tieren ein durchschnittlich höheres KGW als bei den weiblichen Tieren, dieser Unterschied ist signifikant ( $t(155) = 1,794$ ;  $p = 0,037$ ). Der BCS der männlichen Alpakas liegt im Mittel ebenfalls über dem der weiblichen, auch hier ist der Unterschied signifikant ( $t(158) = 3,088$ ;  $p = 0,002$ ). Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Varianzen zeigt sich bei der  $SDM_{LM}$  ein signifikant höherer Mittelwert bei den männlichen Tieren im Vergleich zu den weiblichen Tieren ( $t(144) = 2,748$ ;  $p = 0,007$ ). Die  $SDM_{GM}$  der männlichen Tiere ist im Durchschnitt länger als die der weiblichen Tiere, der Unterschied ist signifikant ( $t(148) = 2,607$ ;  $p = 0,01$ ). Die genauen Werte sind der Tab. 6 zu entnehmen.

Tab. 6: Nach Geschlecht getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$ . Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben als Indizes unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ).

|                 | Geschlecht | Anzahl (n) | Mittelwert ( $\bar{x}$ ) | Standardabw. (SD) |
|-----------------|------------|------------|--------------------------|-------------------|
| KGW (kg)        | männlich   | 78         | 67,63 <sup>a</sup>       | 14,98             |
|                 | weiblich   | 79         | 63,57 <sup>b</sup>       | 13,30             |
| BCS             | männlich   | 79         | 3,01 <sup>a</sup>        | 0,69              |
|                 | weiblich   | 81         | 2,68 <sup>b</sup>        | 0,68              |
| $SDM_{LM}$ (cm) | männlich   | 76         | 4,04 <sup>a</sup>        | 0,72              |
|                 | weiblich   | 78         | 3,75 <sup>b</sup>        | 0,58              |
| $SDM_{GM}$ (cm) | männlich   | 75         | 4,23 <sup>a</sup>        | 0,68              |
|                 | weiblich   | 75         | 3,96 <sup>b</sup>        | 0,60              |

#### 4.2.2.1 Kastrationsstatus

Bei den 79 untersuchten männlichen Tieren handelt es sich um 23 Wallache und 56 Hengste. Bezüglich KGW, BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  zeigen beide Gruppen gleiche Varianzen, weshalb für den Mittelwertvergleich jeweils ein Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen durchgeführt wurde. Vorweg wurden keinerlei Annahmen getroffen, ob Hengste oder Wallache höhere Werte bei bestimmten Parametern haben sollten, weshalb für die Bestimmung der Signifikanz ( $p$ ) jeweils der zweiseitige t-Test zur Anwendung kam.

Wallache zeigten in dieser Studie im Mittel ein höheres KGW als Hengste, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant ( $t(76) = 0,315$ ;  $p = 0,754$ ). Auch beim BCS ist ein höherer Mittelwert bei den Wallachen feststellbar, was ebenfalls nicht signifikant ist ( $t(77) = 0,979$ ;  $p = 0,331$ ). Die  $SDM_{LM}$  zeigt einen höheren Durchschnitt in der Gruppe der Hengste, allerdings keine Signifikanz ( $t(74) = 0,524$ ;  $p = 0,602$ ). Genauso ist bei der  $SDM_{GM}$  ein höherer Mittelwert in der Gruppe der Hengste ersichtlich, was ebenso nicht signifikant ist ( $t(73) = 0,835$ ;  $p = 0,406$ ). Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tab. 7 ersichtlich.

Tab. 7: Nach Kastrationsstatus getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$ . Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben als Indizes unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ).

|                 | Kastrationsstatus | Anzahl (n) | Mittelwert ( $\bar{x}$ ) | Standardabw. (SD) |
|-----------------|-------------------|------------|--------------------------|-------------------|
| KGW (kg)        | Hengst            | 56         | 67,29 <sup>a</sup>       | 14,94             |
|                 | Wallach           | 22         | 68,48 <sup>a</sup>       | 15,39             |
| BCS             | Hengst            | 56         | 2,96 <sup>b</sup>        | 0,68              |
|                 | Wallach           | 23         | 3,13 <sup>b</sup>        | 0,70              |
| $SDM_{LM}$ (cm) | Hengst            | 54         | 4,07 <sup>c</sup>        | 0,75              |
|                 | Wallach           | 22         | 3,98 <sup>c</sup>        | 0,64              |
| $SDM_{GM}$ (cm) | Hengst            | 55         | 4,27 <sup>d</sup>        | 0,70              |
|                 | Wallach           | 20         | 4,12 <sup>d</sup>        | 0,62              |

#### 4.2.2.2 Trächtigkeitsstatus

Von den 81 weiblichen vermessenen Alpakas waren 44 trächtig zum Zeitpunkt der Messungen und 37 nicht, wobei keine genauen Angaben zur bisherigen Trächtigkeitsdauer bekannt sind. Beide Gruppen zeigen gleiche Varianzen in Bezug auf KGW, BCS und  $SDM_{GM}$ , sodass für diese drei Parameter für den Mittelwertvergleich ein Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen durchgeführt wurde. Bei der  $SDM_{LM}$  wurden ungleiche Varianzen festgestellt und ein Zweistichproben t-Test unter der Annahme unterschiedlicher Varianzen angewandt. Für das KGW wurde vorweg die Annahme getroffen, dass die trächtigen Tiere mehr wiegen als die nicht trächtigen Alpakas, sodass für die Berechnung der Signifikanz ( $p$ ) ein einseitiger t-Test herangezogen wurde. Die Signifikanzen von BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  wurden mittels zweiseitigem t-Test errechnet.

Der Mittelwert des KGW der tragenden Stuten ist in dieser Studie höher als der der nicht tragenden Stuten, der Unterschied ist jedoch nicht signifikant ( $t(77) = 1,476$ ;  $p = 0,072$ ). Auch der BCS der tragenden Stuten zeigt sich durchschnittlich höher als der der nicht tragenden Stuten und auch dieser Unterschied ist nicht signifikant ( $t(79) = 1,273$ ;  $p = 0,207$ ). Die Mittelwerte von sowohl  $SDM_{LM}$  als auch  $SDM_{GM}$  der tragenden Stuten sind höher als die der nicht tragenden Stuten, die Differenz ist allerdings bei beiden Parametern nicht signifikant ( $t(55) = 0,917$ ;  $p = 0,363$  /  $t(73) = 1,483$ ;  $p = 0,142$ ). Die genauen Werte sind in Tab. 8 aufgelistet.

Tab. 8: Nach Trächtigkeitsstatus getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS,  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$ . Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben als Indizes unterscheiden sich signifikant ( $p < 0,05$ ).

|                 | Trächtigkeitsstatus | Anzahl (n) | Mittelwert ( $\bar{x}$ ) | Standardabw. (SD) |
|-----------------|---------------------|------------|--------------------------|-------------------|
| KGW (kg)        | tragend             | 44         | 65,53 <sup>a</sup>       | 12,49             |
|                 | nicht tragend       | 35         | 61,11 <sup>a</sup>       | 14,05             |
| BCS             | tragend             | 44         | 2,77 <sup>b</sup>        | 0,62              |
|                 | nicht tragend       | 37         | 2,57 <sup>b</sup>        | 0,74              |
| $SDM_{LM}$ (cm) | tragend             | 43         | 3,81 <sup>c</sup>        | 0,44              |
|                 | nicht tragend       | 35         | 3,69 <sup>c</sup>        | 0,71              |
| $SDM_{GM}$ (cm) | tragend             | 42         | 4,05 <sup>d</sup>        | 0,52              |
|                 | nicht tragend       | 33         | 3,84 <sup>d</sup>        | 0,68              |

### 4.3 Zusammenhänge zwischen den gemessenen Parametern

Die folgenden Kapitel beschreiben jeweils die Zusammenhänge zwischen zwei der gemessenen Parameter aufgeteilt in Untergruppen nach Geschlecht, Kastrations- und Trächtigkeitsstatus.

#### 4.3.1 Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und BCS

Für die Gruppen der Hengste, Wallache und nicht tragenden Stuten zeigt sich jeweils eine signifikante ( $p < 0,05$ ), mittlere positive Korrelation zwischen KGW und BCS, wobei sich die Werte dieser Gruppen untereinander sehr ähneln. Bei den tragenden Stuten ist kein signifikanter Zusammenhang feststellbar ( $p = 0,43$ ). Regressionsgeraden wurden für alle Gruppen errechnet, das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  ist jedoch für Hengste, Wallache und nicht tragende Stuten niedrig ( $R^2 < 0,5$ ) bzw. für die tragenden Stuten sogar sehr niedrig ( $R^2 < 0,1$ ). Die genauen Werte sind der Tab. 9 zu entnehmen. Die Zusammenhänge und Regressionsgeraden sind in Abb. 12 und Abb. 13 grafisch dargestellt.

Tab. 9: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen KGW und BCS

|                       | Korrelation | Signifikanz | Regressionsgleichungen      | $R^2$ |
|-----------------------|-------------|-------------|-----------------------------|-------|
| Hengste               | 0,61        | <0,001      | KGW = 13,34 * BCS + 27,745  | 0,37  |
| Wallache              | 0,52        | 0,01        | KGW = 11,03 * BCS + 33,886  | 0,27  |
| Stuten, tragend       | 0,12        | 0,43        | KGW = 2,452 * BCS + 58,743  | 0,01  |
| Stuten, nicht tragend | 0,43        | <0,001      | KGW = 12,025 * BCS + 29,592 | 0,39  |

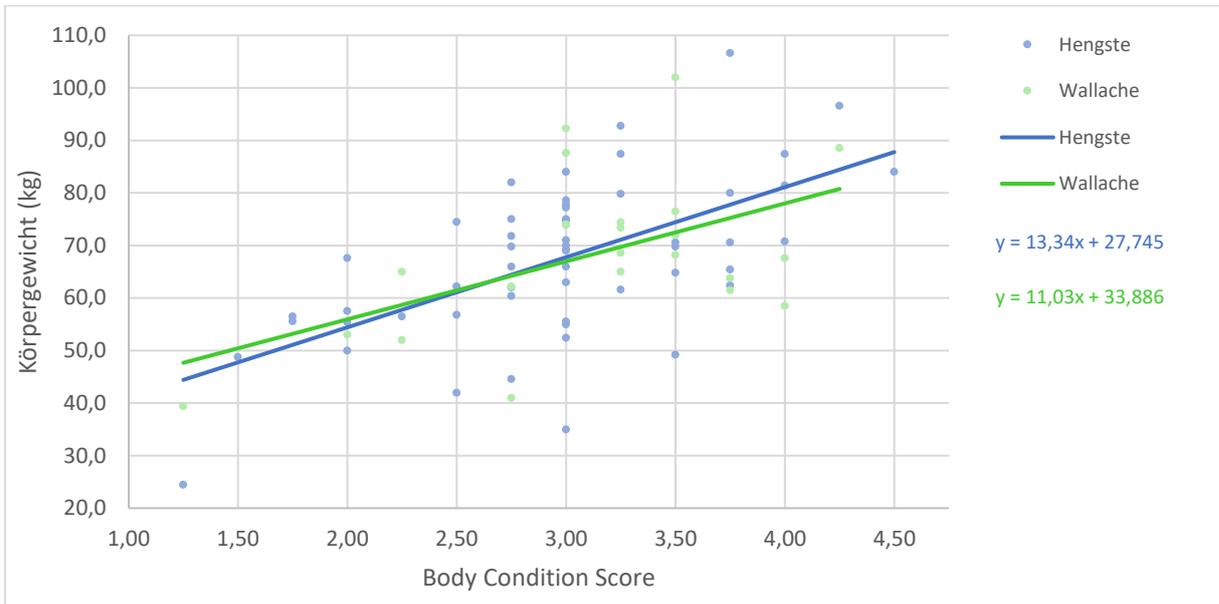


Abb. 12: Korrelation zwischen KGW und BCS der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

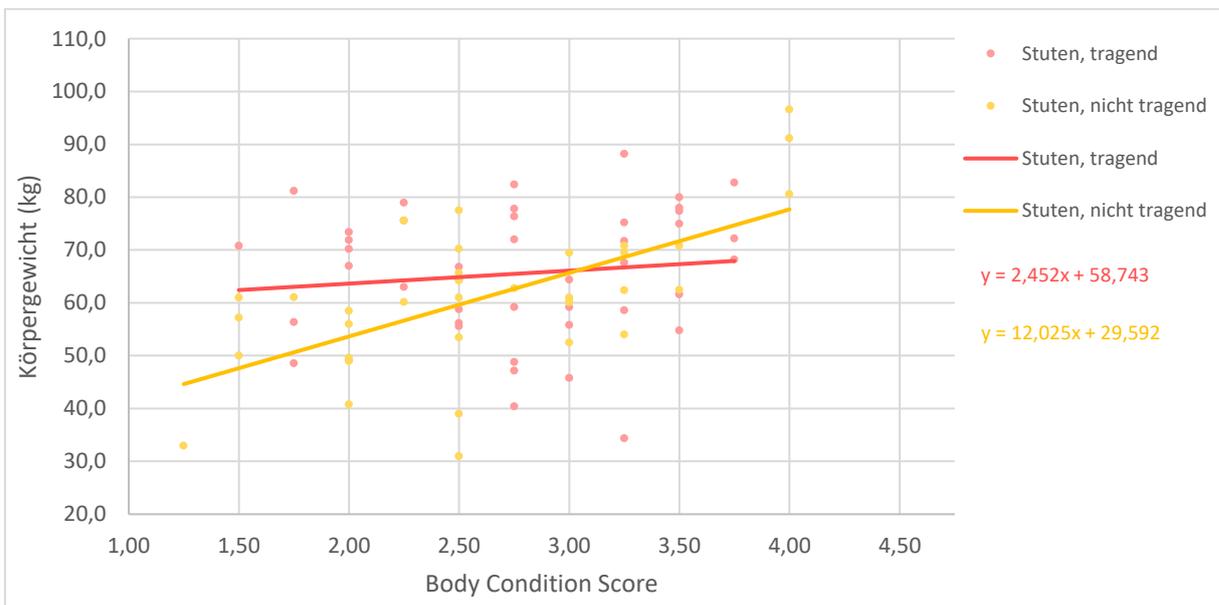


Abb. 13: Korrelation zwischen KGW und BCS der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

#### 4.3.2 Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und $SDM_{LM}$

Zwischen dem Körpergewicht und der sonographischen Distanzmessung der Lendenmuskulatur zeigt sich in der Gruppe der Hengste eine signifikante, stark positive Korrelation ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,001$ ). Bei den Wallachen und nicht tragenden Stuten ist hier nur eine mittlere positive Korrelation erkennbar, bei den tragenden Stuten nur eine niedrige. Alle Korrelationen sind signifikant ( $p < 0,05$ ). Auch das Bestimmtheitsmaß ist für diese beiden Messungen bei den Hengsten am höchsten mit 0,70, was bedeutet, ca. 70 % der Varianz des Körpergewichts von Hengsten kann mithilfe der  $SDM_{LM}$  erklärt werden. Die tragenden Stuten zeigen mit einem  $R^2$  von 0,15 die geringste Anpassungsgüte der linearen Regression. Die genauen Werte und Regressionsgleichungen sind in Tab. 10 vermerkt, die Regressionsgeraden in Abb. 14 und Abb. 15 grafisch dargestellt.

Tab. 10: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen KGW und  $SDM_{LM}$

|                       | Korrelation | Signifikanz | Regressionsgleichungen             | $R^2$ |
|-----------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------|
| Hengste               | 0,84        | <0,001      | $KGW = 16,718 * SDM_{LM} - 0,3755$ | 0,70  |
| Wallache              | 0,69        | <0,001      | $KGW = 16,281 * SDM_{LM} + 4,1975$ | 0,47  |
| Stuten, tragend       | 0,39        | 0,01        | $KGW = 10,973 * SDM_{LM} + 23,676$ | 0,15  |
| Stuten, nicht tragend | 0,75        | <0,001      | $KGW = 15,269 * SDM_{LM} + 3,4146$ | 0,56  |

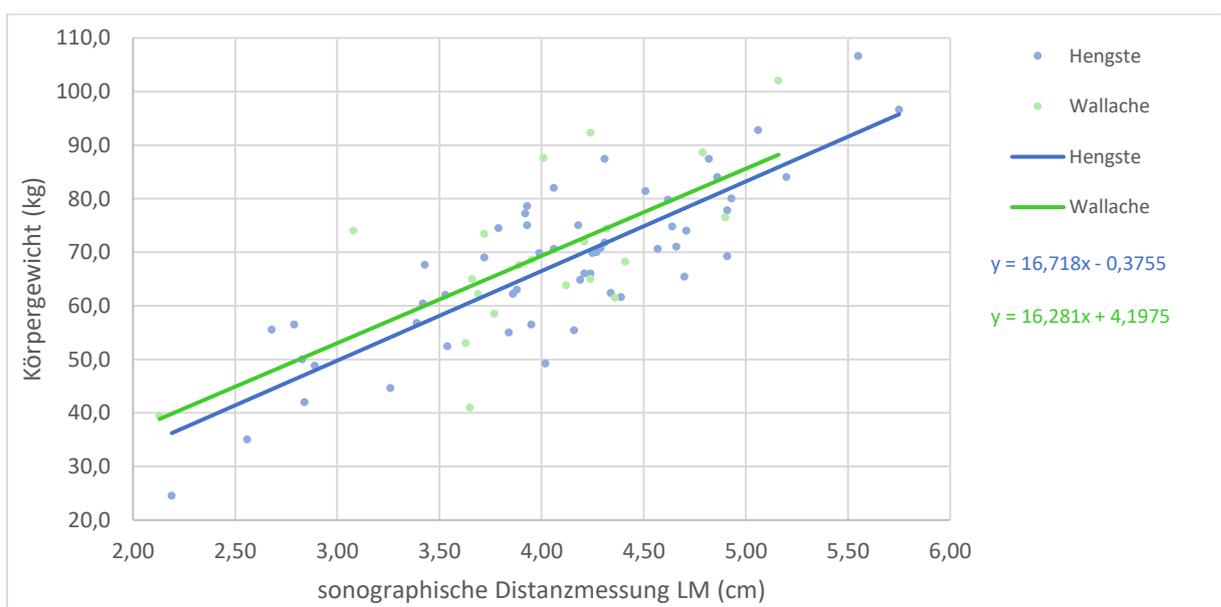


Abb. 14: Korrelation zwischen KGW und  $SDM_{LM}$  der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

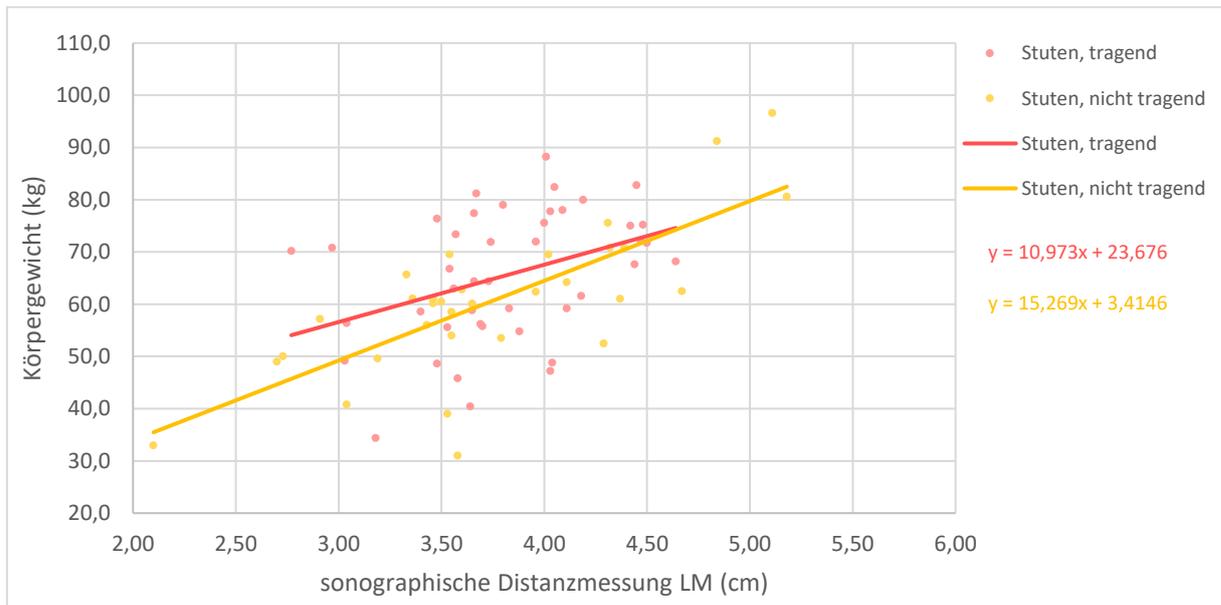


Abb. 15: Korrelation zwischen KGW und  $SDM_{LM}$  der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

#### 4.3.3 Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und $SDM_{GM}$

Die Korrelation und Regressionsanalyse von KGW und  $SDM_{GM}$  zeigt sehr ähnliche Werte in allen Gruppen wie zwischen KGW und  $SDM_{LM}$ . Wieder findet sich in der Gruppe der Hengste als einziges eine stark positive Korrelation ( $r = 0,84$ ). Bei den Wallachen und nicht tragenden Stuten ist eine mittlere positive Korrelation nachgewiesen, bei den tragenden Stuten nur eine schwach positive Korrelation ( $r = 0,40$ ). Alle Korrelationen sind erneut signifikant. Das Bestimmtheitsmaß zeigt ebenfalls wieder nur schwache Regression bei Wallachen und nicht tragenden Stuten, sehr schwache Regression bei den tragenden Stuten ( $R^2 = 0,16$ ) und zumindest etwas höhere Regression bei den Hengsten ( $R^2 = 0,70$ ). Die Werte und Regressionsgleichungen sind in Tab. 11 aufgelistet und die Regressionsgeraden in Abb. 16 und Abb. 17 grafisch dargestellt.

Tab. 11: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen KGW und  $SDM_{GM}$

|                       | Korrelation | Signifikanz | Regressionsgleichungen             | $R^2$ |
|-----------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------|
| Hengste               | 0,84        | <0,001      | $KGW = 18,016 * SDM_{GM} - 9,356$  | 0,70  |
| Wallache              | 0,66        | 0,002       | $KGW = 16,859 * SDM_{GM} - 0,8437$ | 0,43  |
| Stuten, tragend       | 0,40        | 0,01        | $KGW = 9,9076 * SDM_{GM} + 25,44$  | 0,16  |
| Stuten, nicht tragend | 0,73        | <0,001      | $KGW = 16,041 * SDM_{GM} - 1,7411$ | 0,53  |

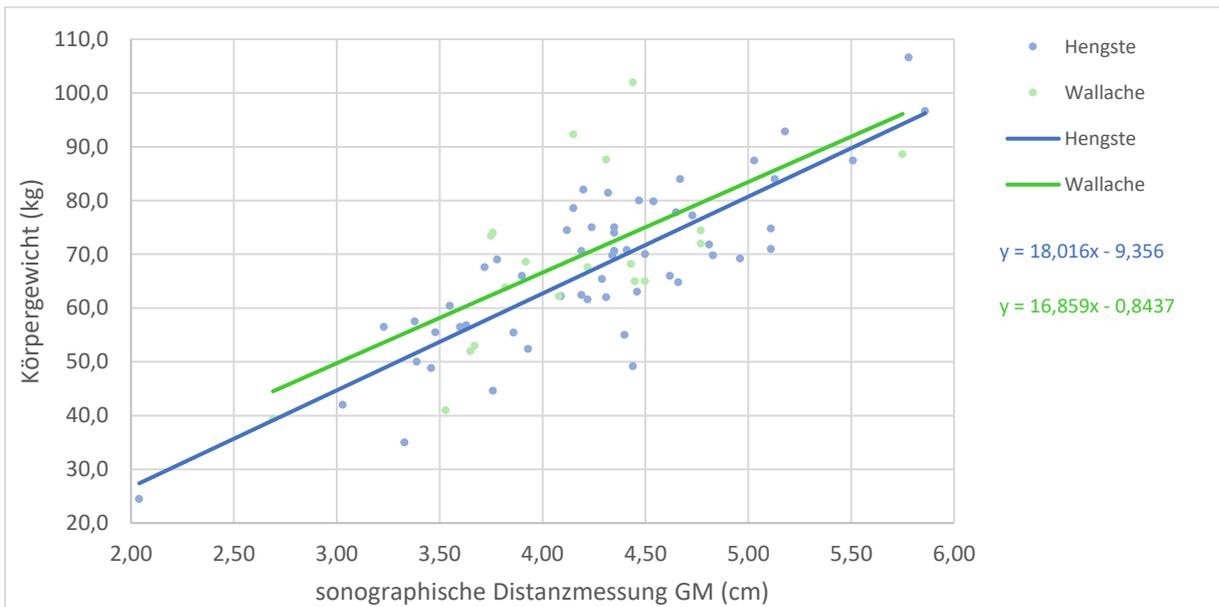


Abb. 16: Korrelation zwischen KGW und  $SDM_{GM}$  der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

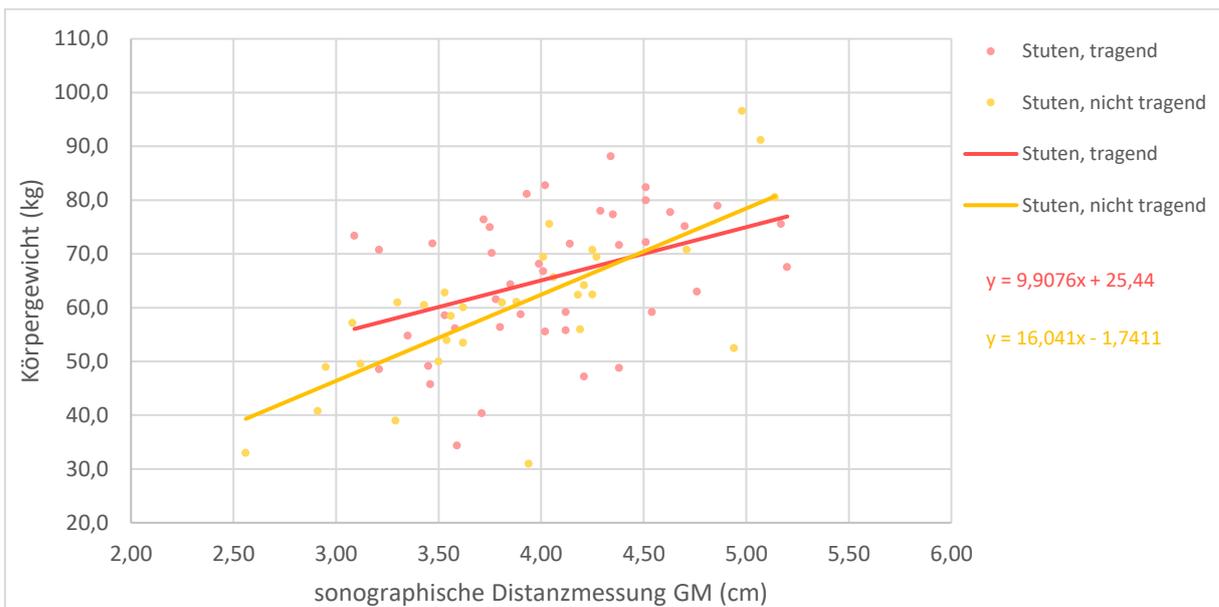


Abb. 17: Korrelation zwischen KGW und  $SDM_{GM}$  der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

#### 4.3.4 Korrelation und Regressionsanalyse von BCS und $SDM_{LM}$

Zwischen Body Condition Score und sonographischer Distanzmessung der Lendenmuskulatur zeigt sich für Hengste, Wallache und tragende Stuten eine signifikante, mittlere positive Korrelation. Der höchste Zusammenhang ist bei den nicht tragenden Stuten feststellbar mit einer signifikanten, stark positiven Korrelation von 0,85 ( $p < 0,001$ ). Auch das Bestimmtheitsmaß ist bei den nicht tragenden Stuten für diese beiden Parameter am höchsten ( $R^2 = 0,72$ ), sodass mithilfe der  $SDM_{LM}$  72 % der Varianz von BCS bei nicht tragenden Stuten erklärt werden kann. Alle genauen Werte und die Regressionsgleichungen sind der Tab. 12 zu entnehmen. Die Daten und Regressionsgeraden sind in Abb. 18 und Abb. 19 grafisch dargestellt.

Tab. 12: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen BCS und  $SDM_{LM}$

|                       | Korrelation | Signifikanz | Regressionsgleichungen             | $R^2$ |
|-----------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------|
| Hengste               | 0,69        | <0,001      | $BCS = 0,601 * SDM_{LM} + 0,5577$  | 0,48  |
| Wallache              | 0,71        | <0,001      | $BCS = 0,7698 * SDM_{LM} + 0,1103$ | 0,50  |
| Stuten, tragend       | 0,70        | <0,001      | $BCS = 0,972 * SDM_{LM} - 0,9195$  | 0,49  |
| Stuten, nicht tragend | 0,85        | <0,001      | $BCS = 0,9174 * SDM_{LM} - 0,802$  | 0,72  |

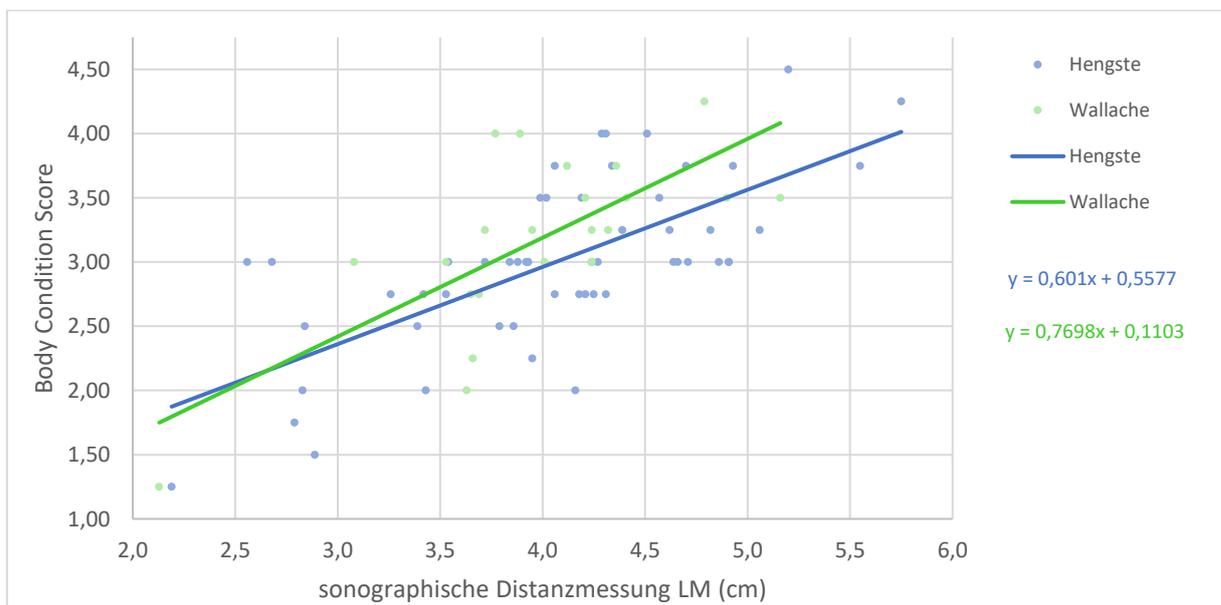


Abb. 18: Korrelation zwischen BCS und  $SDM_{LM}$  der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

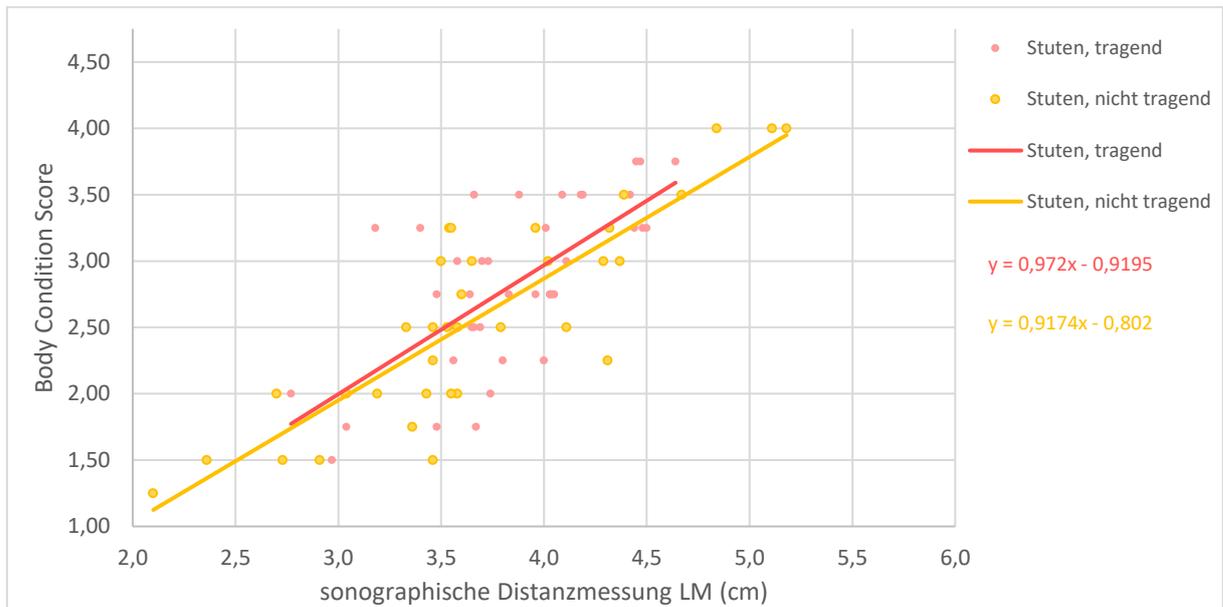


Abb. 19: Korrelation zwischen BCS und  $SDM_{LM}$  der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

#### 4.3.5 Korrelation und Regressionsanalyse von BCS und $SDM_{GM}$

Für die Hengste und Wallache zeigen sich bezüglich Korrelation und Regression von BCS und  $SDM_{GM}$  wieder ähnliche Werte wie zwischen BCS und  $SDM_{LM}$ . Es ist in beiden Fällen eine signifikante, mittlere positive Korrelation erkennbar, aber nur ein niedriges Bestimmtheitsmaß. Bei den nicht tragenden Stuten ist ebenfalls eine signifikante, mittlere positive Korrelation feststellbar ( $r = 0,78$ ;  $p < 0,001$ ). Das  $R^2$  ist für diese Gruppe zwar höher als für die männlichen Tiere, aber dennoch nicht besonders hoch ( $R^2 = 0,60$ ). Die tragenden Stuten fallen hier wieder mit den niedrigsten Werten auf, wobei die sehr niedrige positive Korrelation von 0,25 auch nicht signifikant ist ( $p = 0,12$ ). Das Bestimmtheitsmaß ist ebenfalls sehr niedrig ( $R^2 < 0,1$ ). In Tab. 13 sind alle Werte und Regressionsgleichungen genau aufgelistet, Abb. 20 und Abb. 21 zeigen eine grafische Darstellung der Zusammenhänge.

Tab. 13: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen BCS und  $SDM_{GM}$

|                       | Korrelation | Signifikanz | Regressionsgleichungen             | $R^2$ |
|-----------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------|
| Hengste               | 0,71        | <0,001      | $BCS = 0,6742 * SDM_{GM} + 0,1101$ | 0,50  |
| Wallache              | 0,71        | <0,001      | $BCS = 0,7969 * SDM_{GM} - 0,2445$ | 0,50  |
| Stuten, tragend       | 0,25        | 0,12        | $BCS = 0,296 * SDM_{GM} + 1,5944$  | 0,06  |
| Stuten, nicht tragend | 0,78        | <0,001      | $BCS = 0,896 * SDM_{GM} - 0,8655$  | 0,60  |

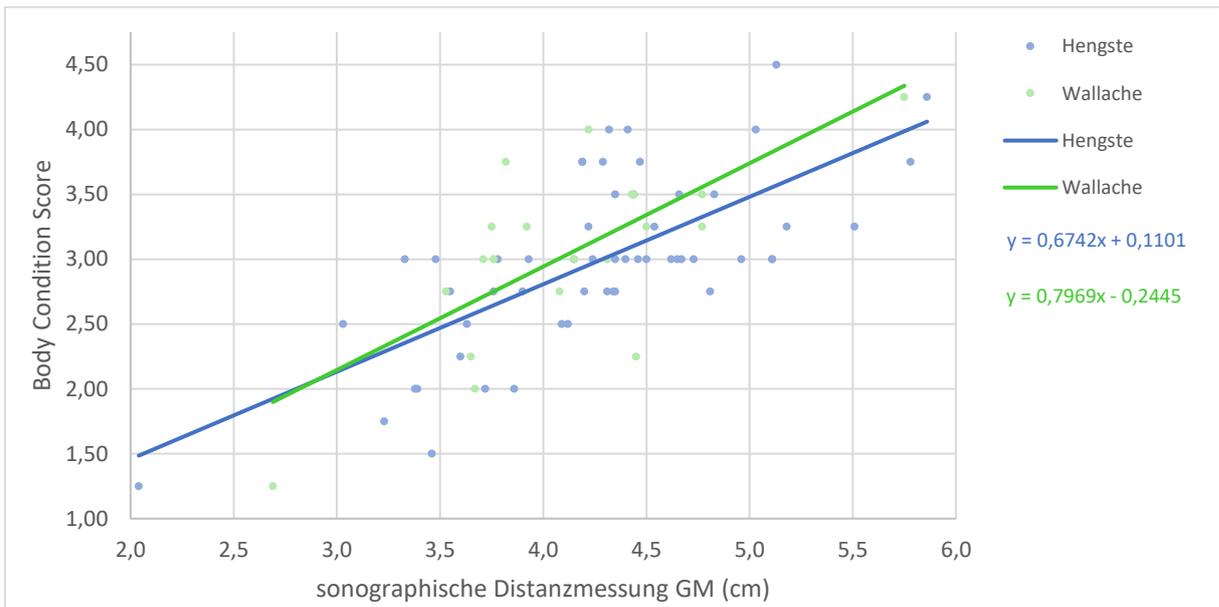


Abb. 20: Korrelation zwischen BCS und SDM<sub>GM</sub> der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

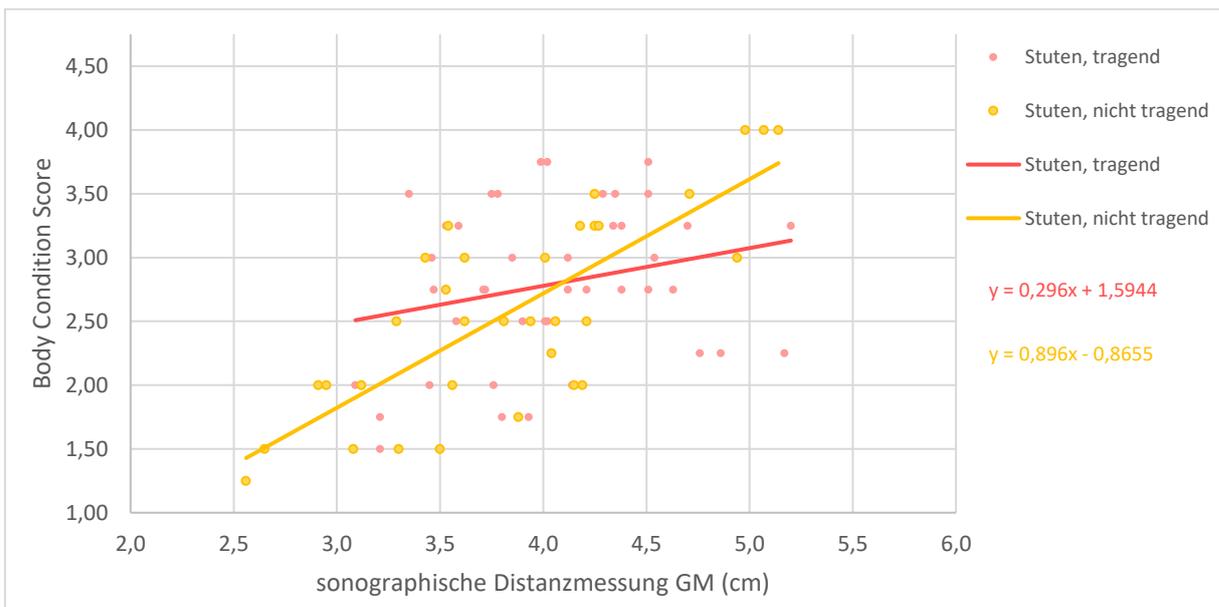


Abb. 21: Korrelation zwischen BCS und SDM<sub>GM</sub> der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

#### 4.3.6 Korrelation und Regressionsanalyse von $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$

Bei den Hengsten, Wallachen und nicht tragenden Stuten ist eine signifikante, stark positive Korrelation zwischen  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  feststellbar. Die tragenden Stuten weisen eine signifikante, mittlere positive Korrelation auf ( $r = 0,53$ ;  $p < 0,001$ ). Die nicht tragenden Stuten und die Hengste zeigen die höchsten Bestimmtheitsmaße ( $R^2 = 0,79$  /  $R^2 = 0,78$ ). Bei den tragenden Stuten liegt nur ein sehr niedriges  $R^2$  von 0,28 vor. Die genauen Werte sowie Regressionsgleichungen sind der Tab. 14 zu entnehmen. Abb. 22 und Abb. 23 zeigen die Messwerte und Regressionsgeraden grafisch.

Tab. 14: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$

|                       | Korrelation | Signifikanz | Regressionsgleichungen                  | $R^2$ |
|-----------------------|-------------|-------------|---|-------|
| Hengste               | 0,88        | <0,001      | $SDM_{LM} = 0,8087 * SDM_{GM} + 0,9903$ | 0,78  |
| Wallache              | 0,80        | <0,001      | $SDM_{LM} = 0,7831 * SDM_{GM} + 1,0754$ | 0,64  |
| Stuten, tragend       | 0,53        | <0,001      | $SDM_{LM} = 0,6185 * SDM_{GM} + 1,6859$ | 0,28  |
| Stuten, nicht tragend | 0,89        | <0,001      | $SDM_{LM} = 0,8341 * SDM_{GM} + 0,7786$ | 0,79  |

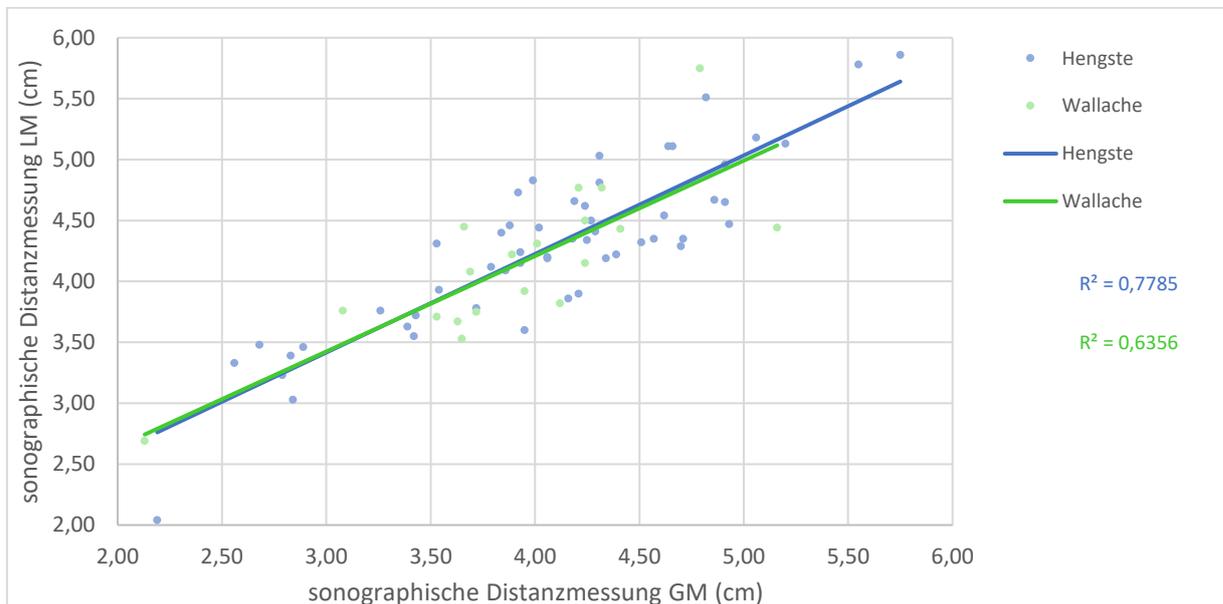


Abb. 22: Korrelation zwischen  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

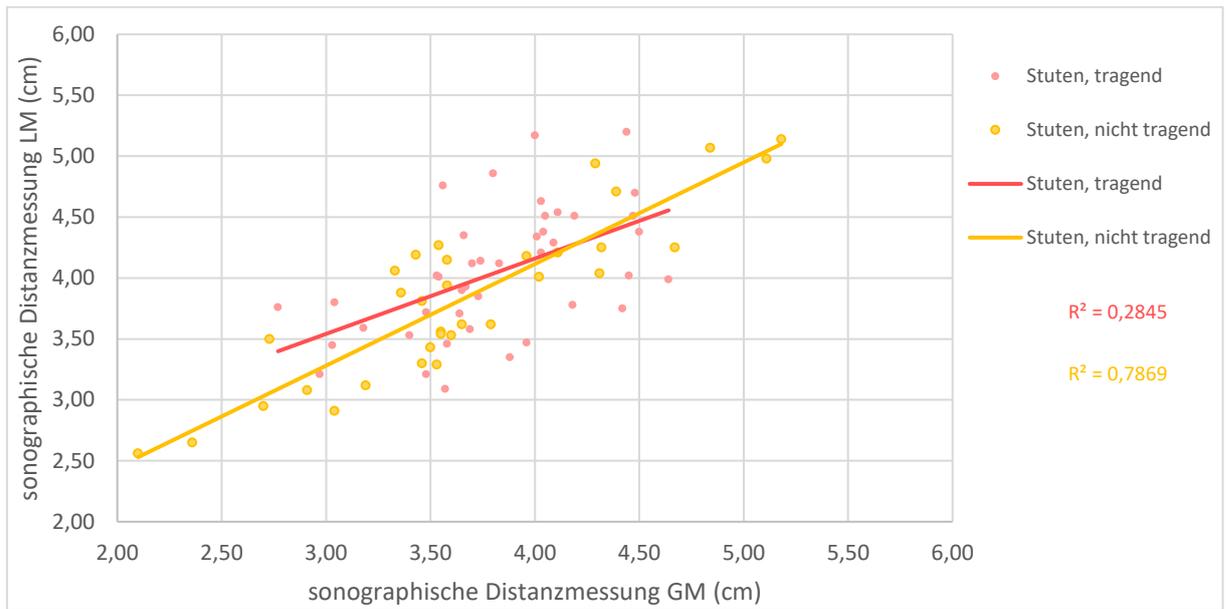


Abb. 23: Korrelation zwischen  $SDM_{LM}$  und  $SDM_{GM}$  der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen

## **5 Diskussion**

Für kleine Wiederkäuer und Rinder findet die sonographische Messung von Rückenfett- und/oder Muskulaturdicke bereits vermehrt Anwendung in der Praxis zur Beurteilung der Körperkondition der Tiere. In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob eine solche Methodik auch beim Alpaka durchführbar ist und Rückschlüsse auf die Körperkondition der Tiere ermöglicht.

### **5.1 Untersuchungsmethoden**

Die derzeit am häufigsten verwendeten Methoden zur Überprüfung der Körperkondition sind die Ermittlung der Körpermasse mittels Waage und die Beurteilung des Body Condition Scores. Für die Untersuchungen, ob sonographische Distanzmessungen beim Alpaka zur Beurteilung der Körperkondition dieser Tiere geeignet sein könnte, wurden die Ergebnisse deshalb mit dem erhobenen KGW und BCS verglichen. Beides sind etablierte Methoden, die jedoch auch Einschränkungen in der praktischen Anwendung mit sich bringen.

#### **5.1.1 Körpergewicht (KGW)**

Für die Wiegung der Tiere steht bisher in den seltensten Fällen eine Tierwaage am Betrieb zur Verfügung (Grund et al. 2018) und selbst wenn doch, kann das gemessene Körpergewicht stark durch Schwankungen in Trockenmasseaufnahme, Vliesproduktion und Trächtigkeit beeinflusst sein, sodass nicht das wahre Gewicht des Tieres gemessen wird. In dieser Studie wurde nicht unterschieden, wie weit vorhandene Trächtigkeiten zum Zeitpunkt der Messungen fortgeschritten waren. Gewicht und Wachstum von Föten sind nicht in den Ergebnissen berücksichtigt, sodass die durchgeführten Vergleiche zwischen den sonographischen Distanzmessungen und dem Körpergewicht vor allem bei tragenden Stuten nur bedingt aussagekräftig sind. Es wird jedoch vermutet, dass genauere Angaben zum Trächtigkeitsstatus mit mathematischer Inklusion in ein Modell zu stärkeren Assoziationen führen könnten als vorliegend und weitere Studien dazu sind zukünftig wünschenswert.

### 5.1.2 Body Condition Score (BCS)

Der Body Condition Score ist nicht durch Schwankungen im Verdauungsinhalt oder vom Gewicht eines Fötus beeinträchtigt. Er basiert jedoch auf der subjektiven Einschätzung der untersuchenden Person, welches Scoring dem Tier zugeordnet werden soll. Aufgrund der Subjektivität dieser Messung zeigt sich häufig die Tendenz, Tiere in Richtung einer mittleren Kondition einzustufen und das Urteil wird meist beeinflusst durch den Gesamteindruck in einer Herde (Staufenbiel und Schröder 2004). Verschiedene untersuchende Personen können in ihren Beurteilungen des BCS unterschiedliche Ergebnisse erhalten, wodurch Verlaufskontrollen erschwert werden (Wagener und Ganter 2020). In dieser Studie wurde der BCS stets von der gleichen Person gemessen, um eine möglichst einheitliche Vergleichbarkeit zu erhalten. Somit wird in der vorliegenden Arbeit die Methodik der SDM in Beziehung zu einem subjektiv gemessenen BCS gesetzt und nicht zu einer objektiven Messmethode für die Ermittlung der Körperkondition. Für den Zweck dieser Studie wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse dennoch ausreichend aussagekräftig sind. Für weiterführende Studien wird empfohlen, mit dem Mittelwert der BCS-Messungen von mehreren untersuchenden Personen zu arbeiten oder andere, objektivere Methoden miteinzubeziehen. Bei kleinen Wiederkäuern werden beispielsweise sonographische Messungen von RFD und/oder Muskeldicke mit der Schlachtkörperzusammensetzung verglichen. Beim Rind wird häufig der errechnete Gesamtkörperfettgehalt als Vergleichswert zur RFD-Messung genannt.

### 5.1.3 Sonographische Distanzmessungen (SDM)

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die ultrasonographische Distanzmessung im Bereich der Lendenwirbelsäule bei Alpakas analog zu der Vorgangsweise bei Schafen (Junkuszew und Ringdorfer 2005, Maximini et al. 2012) gut durchführbar ist und großteils in einem mittleren bis stark positiven Zusammenhang zu BCS und KGW der Tiere steht. Für die Untersuchungen wurde die Gesamtheit von Haut, Unterhautfett und Muskeldicke von *M. longissimus dorsi* vermessen, da vorweg die Annahme getroffen wurde, die Rückenfettdicke allein sei nicht gut darstellbar. Bei der Auswertung der Ultraschallbilder konnte jedoch der Übergang zwischen Unterhautfett und Muskulatur im Bereich der Lendenwirbelsäule durchaus gut dargestellt werden (siehe Abb. 10). Für weiterführende Studien empfiehlt es sich daher, die Messung der Rückenfettdicke allein an dieser Messstelle auch noch genauer zu untersuchen.

An der für Rinder typischen Messstelle für die Rückenfettdicke ist die *Fascia trunci profunda* bei Alpakas nicht gleichermaßen darstellbar wie beim Rind. Der Übergang zwischen Unterhautfett und Muskulatur war an der untersuchten Messstelle mit dem verwendeten Ultraschallgerät dadurch nicht einheitlich scharf begrenzt darstellbar. Eine direkte Vergleichbarkeit zur Rückenfettdickemessung beim Rind ist somit in dieser Studie nicht gegeben. Zudem muss festgestellt werden, dass die Dicke des Unterhautfettgewebes in dieser Region generell gering ist. Es sind jedoch die Muskelschichten zu erkennen und die knochendichte Darstellung des *Os coxae* kann als Grenzstruktur für die Gesamtmessung von Haut, Unterhautfett und Muskeldicke herangezogen werden (siehe Abb. 11). Die Ergebnisse dieser Messungen stehen ähnlich wie die der Messungen im Bereich der Lendenwirbelsäule in großteils mittleren bis stark positiven Zusammenhang zu KGW und BCS der Tiere.

Für beide sonographischen Distanzmessungen konnte an zwei verschiedenen Tieren durch jeweils zehn Messungen hintereinander ein Variationskoeffizient von  $\leq 5\%$  ermittelt werden. Daraus lässt sich schließen, dass eine ausreichende Intraobserver-Wiederholbarkeit für die Anwendbarkeit in der Praxis gegeben ist. Auf Interobserver-Wiederholbarkeit wurde in dieser Arbeit nicht getestet, es wird jedoch empfohlen, weitere Forschung dazu mit mehreren untersuchenden Personen durchzuführen.

In der vorliegenden Studie wurde ein Ultraschallgerät verwendet, das für die Verwendung in Innenräumen ausgelegt ist und eine externe Stromversorgung benötigt. Für eine routinemäßige Anwendung in der tierärztlichen Fahrpraxis ist ein solches Gerät wenig geeignet, bzw. stehen dort meist nur kleinere, portable Handgeräte mit Rektalsonde zur Verfügung. Es wurde nicht untersucht, ob die Darstellung der vermessenen Strukturen mit einem anderen Gerät oder anderen Schallköpfen ebenso gut durchführbar ist. Zur RFD-Messung beim Rind werden jedoch regelmäßig portable Geräte eingesetzt. Besonders wenn zukünftig mehr Augenmerk auf die Vermessung von Rückenfettdicke alleine gelegt wird, gibt es derzeit keine Hinweise darauf, dass der Einsatz von portablen Geräten wie beim Rind nicht auch zur SDM-Messung beim Alpaka anwendbar ist.

## **5.2 Einfluss verschiedener Merkmalsausprägungen auf die Messungen**

### **5.2.1 Schurstatus**

Der Schurstatus der Tiere beeinflusste in dieser Studie nicht die Durchführbarkeit der sonographischen Distanzmessungen. Durch Scheiteln des Vlieses und mithilfe von Alkohol als Kontaktmittel können die Bilder von ungeschorenen Alpakas ebenso ausgewertet werden wie die Bilder von geschorenen Alpakas.

Es zeigen sich höhere Werte für Körpergewicht, Body Condition Score und sonographische Distanzmessungen in der Gruppe der ungeschorenen Tiere, allerdings ist in Frage zu stellen, ob diese Ergebnisse tatsächlich auf das Vlies rückzuführen sind. Die Messungen für diese Studie wurden über einen Zeitraum von einem Jahr durchgeführt. Jahreszeitliche und somit auch umweltbedingte Schwankungen in der Körperkondition von Alpakas wurden nicht in die Auswertung der Ergebnisse miteinbezogen, der Schurstatus der Tiere hängt jedoch stark von der Jahreszeit und den Umweltbedingungen zum Zeitpunkt der Messungen ab. Weitere Untersuchungen zum Einfluss des Verlaufs der Körperkondition bzw. des Vlieses werden empfohlen.

### **5.2.2 Geschlecht**

In dieser Arbeit konnte ein sexueller Dimorphismus bezüglich der Körperkondition von Alpakas festgestellt werden. Männliche Tiere sind signifikant schwerer, zeigen einen höheren BCS und haben größere Werte bei der sonographischen Distanzmessung von Haut, Unterhautfett und Muskeldicke an den beiden verwendeten Messstellen. Grund et al. (2018) spekulieren, dass zur Zucht eingesetzte Hengste nach einem Alter von drei Jahren muskulöser werden und an Gewicht zunehmen. Ein Bezug zum Einsatz für die Zucht konnte in der vorliegenden Studie nicht festgestellt werden, Unterschiede zwischen Hengsten und Wallachen in Körpergewicht, Body Condition Score und sonographischer Distanzmessung sind nicht signifikant. Bei den weiblichen Tieren lässt sich ein Trend vermuten, dass tragende Alpakas nicht nur schwerer sind, was auf das Gewicht des Fötus rückgeführt werden kann, sondern auch höhere Werte für BCS und SDM aufzeigen. Die Unterschiede sind jedoch nicht signifikant. Auch wurde nicht unterschieden, wie weit die Trächtigkeit bereits fortgeschritten ist. Weitere Untersuchungen mit genaueren Angaben zur Dauer der Trächtigkeit und größeren Stichproben der jeweiligen Untergruppen der Geschlechter könnten dabei helfen, die Einflüsse von Trächtigkeit und Kastrationsstatus genauer zu beschreiben.

### 5.3 Zusammenhänge zwischen den gemessenen Parametern

Grundsätzlich zeigen sich großteils mittlere bis stark positive Zusammenhänge zwischen den sonographischen Distanzmessungen und den bereits etablierten Methoden der Konditionsbeurteilung (BCS und KGW). Besonders die sonographische Distanzmessung im Bereich der Lendenmuskulatur könnte dafür geeignet sein, auf die Körperkondition von Alpakas rückzuschließen. Die Korrelationen zwischen  $SDM_{LM}$  und BCS sind die einzigen, bei denen auch für die Gruppe der tragenden Stuten akzeptable Ergebnisse vorzufinden sind, die darauf schließen lassen, dass eine Anwendbarkeit der  $SDM_{LM}$  in der Praxis gegeben sein könnte. Zu Bedenken ist jedoch, dass für diese beiden Beurteilungen eine gemeinsame Messstelle verwendet wurde und die Messungen gleich hintereinander von derselben Person durchgeführt wurden. Somit ist ein subjektiver Einfluss in dieser Studie nicht auszuschließen. Es empfiehlt sich daher, die sonographische Distanzmessung noch mit objektiven Messmethoden zur Bestimmung der Körperkondition zu vergleichen. Beim Rind wird beispielsweise die sonographische Messung der Rückenfettdicke in Zusammenhang zum Gesamtkörperfettanteil der Tiere betrachtet und daraus auf die vorhandenen Energiereserven geschlossen. Wie bereits erwähnt, wurde in der vorliegenden Studie nicht versucht, die subkutane Fettdicke von Alpakas allein zu messen. Es wird jedoch vermutet, dass dies doch möglich ist und potenziell zu genaueren Ergebnissen führt als die Gesamtmessung von Haut, Unterhautfett und Muskeldicke.

Zusätzlich sollten vor einer Anwendbarkeit in der Praxis noch genauere Untersuchungen zum Verlauf von Änderungen in der Muskel- und/oder Fettdicke von Alpakas im Laufe eines Produktionszyklus durchgeführt werden. Es empfiehlt sich, Referenzkurven zu erstellen.

## 6 Zusammenfassung

Aufgrund der immer beliebter werdenden Haltung und wirtschaftlichen Nutzung von Alpakas in Europa steigt auch die Notwendigkeit, sich vermehrt mit routinemäßigen Kontrollen und Früherkennung von negativen Einflüssen auf die Wirtschaftlichkeit der Tiere auseinander zu setzen. Da Neuweltkamele als stoische Tiere bekannt sind, die Probleme in der Haltung oder Krankheitssymptome erst spät zeigen, kommt vor allem der regelmäßigen Beurteilung der Körperkondition eine große Bedeutung zu. Etablierte Methoden zur Ermittlung des Ernährungszustands von Alpakas sind beispielsweise das Wiegen der Tiere oder die Beurteilung des Body Condition Scores. Die Körpermassewägung ist selten am Betrieb möglich aufgrund von fehlenden Waagen und die Bestimmung des Body Condition Scores ist eine subjektive Beurteilung abhängig von der untersuchenden Person, was zu einer hohen Fehleranfälligkeit in der Wiederholbarkeit der Ergebnisse führt.

Als Ziel dieser Studie wurde daher untersucht, ob die sonographische Distanzmessung (SDM) von Haut, Unterhautfett und Muskulaturdicke beim Alpaka das Potenzial hat, eine praxistaugliche und objektive Methode zur Beurteilung der Körperkondition darzustellen.

Für diese Arbeit wurden Körpergewicht (KGW) mittels transportabler Tierwaage, Body Condition Score (BCS) nach Baumgartner und Wittek (2018) und die sonographische Distanzmessung im Lenden- sowie im Glutealbereich ( $SDM_{LM}$ ,  $SDM_{GM}$ ) bei 160 Alpakas untersucht. Zusätzlich wurden nach Angaben der Tierbesitzerinnen und Tierbesitzer Geschlecht, Kastrationsstatus und Trächtigkeitsstatus erhoben sowie der Schurstatus festgehalten. Die Untersuchungen haben bestätigt, dass beide SDM sowohl bei geschorenem als auch bei ungeschorenem Vlies durchführbar sind und großteils signifikant mit BCS und KGW der Tiere mittel bis stark positiv korrelieren ( $0,66 \leq r \leq 0,85$ ,  $p < 0,05$ ). Ausnahme bilden tragende Stuten, die nur zwischen KGW und  $SDM_{LM}$  starken Zusammenhang zeigen ( $r = 0,70$ ). Weitere Untersuchungen mit genaueren Angaben zum Trächtigkeitsstatus der Stuten sind empfohlen, dennoch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die sonographischen Distanzmessungen durchaus Anwendung in der Praxis finden könnten. Es sollten jedoch weitere Studien durchgeführt werden, die sowohl die ausschließliche Messung der Unterhautfettdicke untersuchen als auch den Verlauf der Körperkondition während einer Produktionsperiode mit einbeziehen.

## 7 Summary

Due to rising popularity of alpaca husbandry in Europe, there is also an increasing need to deal with routine checks and early detection of negative influences on the animals' economic viability. As New World camels are known to be stoic animals that show problems in management or symptoms of disease only at a late stage, special importance must be attributed to regular assessment of body condition. Established methods for determining the nutritional condition of alpacas include weighing the animals or assessing body condition score. However, body mass weighing is rarely possible on farm due to lack of a scale and the assessment of body condition score is subjectively influenced depending on the examiner, which leads to a great error rate in the repeatability of the results.

The aim of this study was to investigate whether sonographic distance measurement (SDM) of skin, subcutaneous fat and muscle thickness in alpacas could potentially be a practical and objective method for assessing body condition.

For this work, body weight (KGW) using transportable animal scales, body condition score (BCS) according to Baumgartner und Wittek (2018) and sonographic distance measurement in the lumbar as well as gluteal region ( $SDM_{LM}$ ,  $SDM_{GM}$ ) were investigated in 160 alpacas. In addition, sex, castration status and pregnancy status were collected according to information provided by the animal owners, and the shearing status was recorded. The investigations confirmed that both SDM are applicable to animals with sheared as well as unsheared fleece and largely correlate significantly with BCS and KGW of the animals in a medium to strong positive way ( $0.66 \leq r \leq 0.85$ ,  $p < 0.05$ ). Pregnant mares are an exception, showing only strong correlation between KGW and  $SDM_{LM}$  ( $r = 0.70$ ). Further studies with more precise information on the gestation status of the mares are recommended, nevertheless the results indicate that sonographic distance measurements could well be applied in practice. However, further studies should follow investigating solely the measurement of subcutaneous fat thickness as well as including the progression of body condition during a production period.

## 8 Abkürzungsverzeichnis

|                   |   |
|-------------------|---|
| BCS               | Body Condition Score                                |
| KGW               | Körpergewicht                                       |
| M.                | Musculus  |
| Proc.             | Processus   |
| RFD               | Rückenfettdicke                                     |
| SDM               | sonographische Distanzmessung                       |
| SDM <sub>LM</sub> | sonographische Distanzmessung der Lendenmuskulatur  |
| SDM <sub>GM</sub> | sonographische Distanzmessung der Glutealmuskulatur |
| VMU               | Veterinärmedizinische Universität Wien              |

## 10 Literaturverzeichnis

- Abdel-Lattif FH. 2022. Body Condition Score and Its Association with Productive and Reproductive Performance and Health Status in Dairy Cattle: Review Article. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1060(1):012069.
- Akhlaghi B, Ghasemi E, Alikhani M, Ghaedi A, Nasrollahi SM, Ghaffari MH. 2022. Influence of reducing starch in the diets with similar protein and energy contents on lactation performance, ruminal fermentation, digestibility, behaviour and blood metabolites in primiparous and multiparous dairy cows. *Veterinary Medicine and Science*, 8(2):808–821.
- Aumont G, Poisot F, Saminadin G, Borel H, Alexandre G. 1994. Body condition score and adipose cell size determination for in vivo assessment of body composition and post-mortem predictors of carcass components of Creole goats. *Small Ruminant Research*, 15(1):77–85.
- Banos G, Brotherstone S, Coffey MP. 2005. Genetic Profile of Total Body Energy Content of Holstein Cows in the First Three Lactations. *J. Dairy Sci*, 88:2616–2623.
- Bauerstatter S, Lambacher B, Stanitznig A, Franz S, Wittek T. 2018. South American camelids in Austria – Survey on population, husbandry, herd management and preventive measures. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 105(7–8):191–199.
- Baumgartner W, Wittek T. 2018. *Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere*. 9. Auflage. Stuttgart: Enke Verlag.
- Block SS, Butler WR, Ehrhardt RA, Bell AW, Van Amburgh ME, Boisclair YR. 2001. Decreased concentration of plasma leptin in periparturient dairy cows is caused by negative energy balance. *Journal of Endocrinology*, 171(2):339–348.
- Boge S, Tichy A, Michael S, Drillich M, Pothmann H. 2020. Der Konditionsverlauf von Milchkühen der Rasse Fleckvieh - ein Update der Referenzkurve der Rückenfettdicke mit Berücksichtigung der Wachstumsphase von jüngeren Kühen. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 108 (2021):96–103.
- Buckley F, O'Sullivan K, Mee JF, Evans RD, Dillon P. 2003. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*, 86(7):2308–2319.
- Van Burgel AJ, Oldham CM, Behrendt R, Curnow M, Gordon DJ, Thompson AN. 2011. The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. *Animal Production Science*, 51(9):834–841.
- Bustinza A V., Burfening PJ, Blackwell RL. 1988. Factors affecting survival in young alpacas

- (Lama pacos). *Journal of animal science*, 66(5):1139–1143.
- Coloma-García W, Mehaba N, Such X, Caja G, Salama AAK. 2020. Effects of cold exposure on some physiological, productive, and metabolic variables in lactating dairy goats. *Animals*, 10(12):1–13.
- Cruz A, Morante R, Cervantes I, Burgos A, Gutiérrez JP. 2017. Effect of the gestation and lactation on fiber diameter and its variability in Peruvian alpacas. *Livestock Science*, 198:31–36.
- D'Alterio GL. 2006. Introduction to the alpaca and its veterinary care in the UK. In *Practice*, 28(7):404–411.
- Debus N, Laclef E, Lurette A, Alhamada M, Tesniere A, González-García E, Menassol JB, Bocquier F. 2022. High body condition score combined with a reduced lambing to ram introduction interval improves the short-term ovarian response of milking Lacaune ewes to the male effect. *animal*, 16(5):100519.
- Duffield TF, Lissemore KD, McBride BW, Leslie KE. 2009. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. *Journal of Dairy Science*, 92(2):571–580.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. 1989. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1):68–78.
- Eknæs M, Kolstad K, Volden H, Hove K. 2006. Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 63(1–2):1–11.
- Emenheiser JC, Greiner SP, Lewis RM, Notter DR. 2010. Validation of live animal ultrasonic measurements of body composition in market lambs. *Journal of Animal Science*, 88(9):2932–2939.
- Fahrmeir L, Heumann C, Künstler R, Pigeot I, Tutz G. 2016. *Statistik. Der Weg zur Datenanalyse*. 8. überarbeitete Auflage. Berlin: Springer Spektrum.
- Faverdin P, Charrier A, Fischer A. 2017. Prediction of dry matter intake of lactating dairy cows with daily live weight and milk production measurements. *Precision Livestock Farming 2017 - Papers Presented at the 8th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2017*, 35–44.
- Fernández-Foren A, Sosa C, Abecia JA, Vázquez MI, Forcada F, Meikle A. 2019. Dietary restriction in sheep: Uterine functionality in ewes with different body reserves during early gestation. *Theriogenology*, 135:189–197.
- Forcada F, Abecia JA, Sierra I. 1992. Seasonal changes in oestrus activity and ovulation rate in Rasa Aragonesa ewes maintained at two different body condition levels. *Small Ruminant Research*, 8(4):313–324.

- Fowler M, Hrsg. 2010. Feeding and Nutrition. Medicine and Surgery of South American Camelids. 3. Auflage. 17–58, Ames, Iowa: Blackwell Publishing.
- Franz S. 2017. Lama und Alpaka. Teil 1 - Besonderheiten, Anatomie und Haltung. *veterinär spiegel*, 27:157–162.
- Goddard P. 2011. Farm animal practice: Welfare assessment in sheep. In *Practice*, 33(10):508–516.
- González-García E, Tesniere A, Camous S, Bocquier F, Barillet F, Hassoun P. 2015. The effects of parity, litter size, physiological state, and milking frequency on the metabolic profile of Lacaune dairy ewes. *Domestic Animal Endocrinology*, 50:32–44.
- Grund S, Vogel M, Mülling CKW. 2018. Morphometric evaluation of the growth of Alpacas (*Vicugna pacos*) from birth to 36 months of age. *Small Ruminant Research*, 166:61–65.
- Heath AM, Navarre CB, Simpkins A, Purohit RC, Pugh DG. 2001. A comparison of surface and rectal temperatures between sheared and non-sheared alpacas (*Lama pacos*). *Small Ruminant Research*, 39(1):19–23.
- Jefferies BC. 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*, 32:19–21.
- Johnson LW. 1994. Llama Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 10(2):187–201.
- Junkuszew A, Ringdorfer F. 2005. Computer tomography and ultrasound measurement as methods for the prediction of the body composition of lambs. *Small Ruminant Research*, 56(1–3):121–125.
- Kaçar C, Kaya S, Kuru M, Erkiçi EE, Öğün M, Oral H, Demir MC. 2021. Determination of natural antibodies, beta-hydroxybutyric acid, and non-esterified fatty acid levels in the serum of peripartum Tuj and Hemşin sheep. *Veterinary World*, 14(4):1002–1006.
- Kandiel MMM, El-Khaiat HM, Mahmoud KGM. 2016. Changes in some hematobiochemical and hormonal profile in Barki sheep with various reproductive statuses. *Small Ruminant Research*, 136:87–95.
- Kapustka J, Budzyńska M. 2022. Reproductive Losses and Their Causes in Alpacas—A Survey-Based Study. *Animals*, 12(21).
- Karagiannis I, Panousis N, Kiossis E, Tsakmakidis I, Lafi S, Arsenos G, Boscoc C, Brozos C. 2014. Associations of pre-lambing body condition score and serum  $\beta$ -hydroxybutyric acid and non-esterified fatty acids concentrations with periparturient health of Chios dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 120(1):164–173.
- Keinprecht H, Pichler M, Pothmann H, Huber J, Iwersen M, Drillich M. 2016. Short term

- repeatability of body fat thickness measurement and body condition scoring in sheep as assessed by a relatively small number of assessors. *Small Ruminant Research*, 139:30–38.
- Kenyon PR, Maloney SK, Blache D. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57(1):38–64.
- Kleiböhmer C, Heuwieser W, Bergmann J, Ochsmann A. 1998. Untersuchungen zur Erlernbarkeit und Genauigkeit der Körperkonditions-beurteilung (BCS) beim Rind. *Praktische Tierarzt*, 79(1):50–61.
- König HE, Paulsen P, Navarrete Zamora MB, González Schnake F, Perez W. 2018. Nur Exoten - oder wichtig für Tierärzte in Österreich? *vetjournal*, 71(10):34–36.
- Kriegl C, Klein D, Kofler J, Fuchs K, Baumgartner W. 2005. South American Camelid husbandry in Austria. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 92(5–6):119–125.
- Lambacher B, Wittek T, Joachim A, Dadak A, Stanitznig A, Hinney B, Tichy A, Duscher G, Franz S. 2016. From the New World to the Old World: Endoparasites of South American Camelids in Austria. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 103(1–2):33–42.
- Ledinek M, Gruber L, Steininger F, Fuerst-Waltl B, Zottl K, Royer M, Krimberger K, Mayerhofer M, Egger-Danner C. 2019. Analysis of lactating cows in commercial Austrian dairy farms: interrelationships between different efficiency and production traits, body condition score and energy balance. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1):723–733.
- Lefebvre R, Faverdin P, Barbey S, Jurquet J, Tribout T, Boichard D, Martin P. 2022. Association between body condition genomic values and feed intake, milk production, and body weight in French Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 106(1):381-391
- Lunesu MF, Bomboi GC, Marzano A, Comin A, Prandi A, Sechi P, Nicolussi PS, Decandia M, Manca C, Atzori AS, et al. 2021. Metabolic and hormonal control of energy utilization and partitioning from early to mid lactation in Sarda ewes and Saanen goats. *Journal of Dairy Science*, 104(3):3617–3631.
- Madilindi MA, Banga CB, Zishiri OT. 2022. Prediction of dry matter intake and gross feed efficiency using milk production and live weight in first-parity Holstein cows. *Tropical animal health and production*, 54(5).
- Maximini L, Brown DJ, Baumung R, Fuerst-Waltl B. 2012. Genetic parameters of ultrasound and computer tomography scan traits in Austrian meat sheep. *Livestock Science*, 146(2–3):168–174.
- McGregor BA. 2002. Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya alpacas and Peppin Merino sheep grazed on annual pastures. *Small Ruminant Research*, 44(3):219–

232.

- McGregor BA. 2005. Nutrition and management of goats in drought A report for the Rural Industries Research and Development Corporation.
- Mehaba N, Coloma-Garcia W, Such X, Caja G, Salama AAK. 2021. Heat stress affects some physiological and productive variables and alters metabolism in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 104(1):1099–1110.
- De Menezes EB, Salles MGF, Da Silva CMG, Fernandes CCL, Galeati G, De Araújo AA, Rondina D. 2019. Milk production in Saanen goats treated with repeated low doses of intermediate-release insulin during early lactation. *Ciência Rural*, 49(3).
- Metzner M, Heuwieser W, Klee W. 1993. Die Beurteilung der Körperkondition (Body condition scoring) im Herdenmanagement. *Praktischer Tierarzt*, 74(11):991-998.
- Navarre CB, Heath AM, Wenzel J, Simpkins A, Blair E, Belknap E, Pugh DG. 2001. A comparison of physical examination and clinicopathologic parameters between sheared and nonsheared alpacas (*Lama pacos*). *Small Ruminant Research*, 39(1):11–17.
- Oetzel GR. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20(3):651–674.
- de Oliveira TS, Rodrigues MT, Glória LS. 2022. Mobilization of body energy reserves of alpine goats during early lactation in tropical conditions. *Small Ruminant Research*, 216:106789.
- Ospina PA, Nydam D V., Stokol T, Overton TR. 2010. Associations of elevated nonesterified fatty acids and  $\beta$ -hydroxybutyrate concentrations with early lactation reproductive performance and milk production in transition dairy cattle in the northeastern United States. *Journal of Dairy Science*, 93(4):1596–1603.
- Panousis N, Brozos C, Karagiannis I, Giadinis ND, Lafi S, Kritsepi-Konstantinou M. 2012. Evaluation of Precision Xceed® meter for on-site monitoring of blood  $\beta$ -hydroxybutyric acid and glucose concentrations in dairy sheep. *Research in Veterinary Science*, 93(1):435–439.
- Patton J, Kenny DA, McNamara S, Mee JF, O'Mara FP, Diskin MG, Murphy JJ. 2007. Relationships among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in holstein-friesian cows. *Journal of Dairy Science*, 90(2):649–658.
- Raooofi A, Jafarian M, Safi S, Vatankhah M. 2013. Fluctuations in energy-related metabolites during the peri-parturition period in Lori-Bakhtiari ewes. *Small Ruminant Research*, 109(1):64–68.
- Richmond SE, Wemelsfelder F, de Heredia IB, Ruiz R, Canali E, Dwyer CM. 2017. Evaluation of animal-based indicators to be used in a welfare assessment protocol for sheep.

- Frontiers in Veterinary Science, 4(DEC).
- Roche JR, Macdonald KA, Burke CR, Lee JM, Berry DP. 2007. Associations among body condition score, body weight, and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(1):376–391.
- Russel A. 1984. Body condition scoring of sheep. *In practice*, 6(3):91–93.
- Russel AJF, Doney JM, Gunn RG. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 72(3):451–454.
- Salama AAK, Hamzaoui S, Albanell E, Such X, Caja G. 2021. Metabolic and behavior responses of lactating goats under heat stress. *Small Ruminant Research*, 203:106496.
- San Martín F, Van Saun RJ. 2014. Feeding Management Systems. *Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health*, 91–100.
- Santucci PM, Branca A, Napoleone M, Bouche R, Aumont G, Poisot F, Alexandre G. 1991. Body condition scoring of goats in extensive conditions. In: Morand-Fehr P, Hrsg. *Goat Nutrition*. 238–255, Netherlands: Pudoc;
- Van Saun RJ. 2006a. Nutritional diseases of South American camelids. *Small Ruminant Research*, 61(2-3 SPEC. ISS.):153–164.
- Van Saun RJ. 2006b. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Ruminant Research*, 61(2-3 SPEC. ISS.):165–186.
- Van Saun RJ. 2009. Nutritional Requirements and Assessing Nutritional Status in Camelids. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 25(2):265–279.
- Van Saun RJ, Herdt T. 2014. Nutritional Assessment. *Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health*, 100–123.
- Schröder U, Staufenbiel R. 2003. Konditionsbeurteilung per Ultraschall in der Herdenbetreuung Teil 3: Berechnung von Referenzwerten. *Tierärztl Prax*, 31:300–305.
- Schröder U, Staufenbiel R. 2004. Ultrasonographic assessment of body condition in dairy herd management. Part 4: Practical application. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere - Nutztiere*, 32(1):1–6.
- Schröder UJ, Staufenbiel R. 2006. Invited Review: Methods to Determine Body Fat Reserves in the Dairy Cow with Special Regard to Ultrasonographic Measurement of Backfat Thickness. *Journal of Dairy Science*, 89(1):1–14.
- Shands CG, Mcleod B, Lollback ML, Duddy G, Hatcher S, O'Halloran WJ. 2009. Comparison of manual assessments of ewe fat reserves for on-farm use. *Animal Production Science*, 49(7):630–636.
- Shrestha HK, Nakao T, Suzuki T, Akita M, Higaki T. 2005. Relationships between body

- condition score, body weight, and some nutritional parameters in plasma and resumption of ovarian cyclicity postpartum during pre-service period in high-producing dairy cows in a subtropical region in Japan. *Theriogenology*, 64(4):855–866.
- Siachos N, Oikonomou G, Panousis N, Tsiamadis V, Banos G, Arsenos G, Valergakis GE. 2022. Skeletal muscle and adipose tissue reserves and mobilisation in transition Holstein cows: Part 1 Biological variation and affecting factors. *Animals*, 16(9).
- Silva SR, Afonso JJ, Santos VA, Monteiro A, Guedes CM, Azevedo JMT, Dias-da-Silva A. 2006. In vivo estimation of sheep carcass composition using real-time ultrasound with two probes of 5 and 7.5 MHz and image analysis. *Journal of Animal Science*, 84(12):3433–3439.
- Staufenbiel R. 1992. Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes - Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. *Monatshefte für Veterinärmedizin*, 47:467–474.
- Staufenbiel R, Schröder U. 2004. Körperkonditionsbeurteilung durch Ultraschallmessung der Rückenfettdicke. *veterinär spiegel*, 14(02):149–155.
- Suriyasathaporn W, Heuer C, Noordhuizen-Stassen EN, Schukken YH. 2000. Hyperketonemia and the impairment of udder defense: A review. *Veterinary Research*, 31(4):397–412.
- Teixeira A, Joy M, Delfa R. 2008. In vivo estimation of goat carcass composition and body fat partition by real-time ultrasonography. *Journal of Animal Science*, 86(9):2369–2376.
- Termatzidou S-A, Siachos N, Kazana P, Polizopoulou Z, Valergakis GE, Patsikas M, Arsenos G. 2023. Evaluation of backfat and longissimus dorsi thickness ultrasound measurements as predictors of negative energy balance in pre-partum dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 220:106927.
- Vatankhah M, Talebi MA, Zamani F. 2012. Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive and productive traits in Lori-Bakhtiari sheep. *Small Ruminant Research*, 106(2–3):105–109.
- Vieira A, Brandão S, Monteiro A, Ajuda I, Stilwell G. 2015. Development and validation of a visual body condition scoring system for dairy goats with picture-based training. *Journal of Dairy Science*, 98(9):6597–6608.
- Wagener MG, Ganter M. 2020. Body condition scoring in South American camelids. *Der Praktische Tierarzt*, 101(7):684–696.
- Wittek T, Franz S. 2021. *Praxishandbuch Neuweltkamele*. 1. Auflage. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH&Co KG
- Österreichischer Alpaka Zuchtverband. <https://www.alpaka-zv.at/das-alpaka/> (zugegriffen 15.12.2022). 2017.

- Yenilmez K, Arslan S, Kiliç S, Atalay H. 2021. The effect of twinship on selected hematological and biochemical parameters in late pregnant ewes. *Medycyna Weterynaryjna*, 77(10).
- Yilmaz M, Altin T, Karaca O, Cemal I, Bardakcioglu HE, Yilmaz O, Taskin T. 2011. Effect of body condition score at mating on the reproductive performance of Kivircik sheep under an extensive production system. *Tropical Animal Health and Production*, 43(8):1555–1560.

## 11 Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1: Regressionskurve für schwarzbunte Kühe (Schröder und Staufenbiel 2003).....  | 4  |
| Abb. 2: Body Condition Scoring per Adspektion und Palpation von Milchkühen der Rasse Holstein Friesian (Metzner et al. 1993) ..... | 10 |
| Abb. 3: Kriterien bei der Bewertung des Body Condition Scores in der Lendengegend von Schafen (Russel 1984) .....                  | 11 |
| Abb. 4: Beurteilung des BCS bei Neuweltkamelen nach Van Saun (Van Saun 2009).....  | 13 |
| Abb. 5: Messpunkt der RFD (laterale Ansicht) (Schröder und Staufenbiel 2006) .....   | 14 |
| Abb. 6: Messpunkt der RFD (dorsale Ansicht) (Schröder und Staufenbiel 2006) .....  | 14 |
| Abb. 7: Messung der RFD einer Holstein-Friesian Kuh mit moderater Körperkondition (16mm RFD) (Schröder und Staufenbiel 2006).....  | 14 |
| Abb. 8: Scheiteln des Vlieses.....   | 18 |
| Abb. 9: Anlegen des Schallkopfes für die Messung der Dicke der Lendenmuskulatur.....   | 18 |
| Abb. 10: Ultraschallmessung Lendenmuskulatur .....   | 18 |
| Abb. 11: Ultraschallmessung Glutealmuskulatur .....  | 19 |
| Abb. 12: Korrelation zwischen KGW und BCS der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                           | 28 |
| Abb. 13: Korrelation zwischen KGW und BCS der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                           | 28 |
| Abb. 14: Korrelation zwischen KGW und $SDM_{LM}$ der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 29 |
| Abb. 15: Korrelation zwischen KGW und $SDM_{LM}$ der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 30 |
| Abb. 16: Korrelation zwischen KGW und $SDM_{GM}$ der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 31 |
| Abb. 17: Korrelation zwischen KGW und $SDM_{GM}$ der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 31 |
| Abb. 18: Korrelation zwischen BCS und $SDM_{LM}$ der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 32 |
| Abb. 19: Korrelation zwischen BCS und $SDM_{LM}$ der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 33 |
| Abb. 20: Korrelation zwischen BCS und $SDM_{GM}$ der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....                    | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Abb. 21: Korrelation zwischen BCS und $SDM_{GM}$ der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen.....        | 34 |
| Abb. 22: Korrelation zwischen $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ der männlichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen..... | 35 |
| Abb. 23: Korrelation zwischen $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ der weiblichen Tiere; Regressionsgeraden der Untergruppen..... | 36 |

## 12 Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tab. 1: Anzahl der vermessenen Tiere pro Betrieb .....   | 16 |
| Tab. 2: Anzahl der Tiere, aufgeteilt nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus .....   | 21 |
| Tab. 3: deskriptive Statistik aller Messungen .....  | 22 |
| Tab. 4: Mehrfachmessungen von $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ : Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffizient.....              | 22 |
| Tab. 5: Nach Schurstatus getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS, $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ . .....         | 23 |
| Tab. 6: Nach Geschlecht getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS, $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ . .....          | 24 |
| Tab. 7: Nach Kastrationsstatus getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS, $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ . .....   | 25 |
| Tab. 8: Nach Trächtigkeitsstatus getrennt: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung von KGW, BCS, $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ . ..... | 26 |
| Tab. 9: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen KGW und BCS .....                    | 27 |
| Tab. 10: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen KGW und $SDM_{LM}$ .....            | 29 |
| Tab. 11: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen KGW und $SDM_{GM}$ .....            | 30 |
| Tab. 12: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen BCS und $SDM_{LM}$ .....            | 32 |
| Tab. 13: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen BCS und $SDM_{GM}$ .....            | 33 |
| Tab. 14: nach Kastrations- und Trächtigkeitsstatus getrennt: Korrelation und Regression zwischen $SDM_{LM}$ und $SDM_{GM}$ .....     | 35 |