



Phänotypische Beziehungen zwischen Klauenmaßen und Anfälligkeit gegenüber Moderhinke beim Tiroler und Braunem Bergschaf

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieur

im Rahmen des Studiums Nutztierwissenschaften

Eingereicht von: Evelyn **ZARFL**, BSc.

Martikeldnummer: 1140155

Betreuer:

PD Dr. Birgit **Fürst-Waltl**

Institut für Nachhaltige Agrarsysteme
Department für Nutztierwissenschaften

Dr. Ferdinand **Ringdorfer**

LFZ Raumberg-Gumpenstein
Abteilung für Schafe und Ziegen

Wien, März 2017



“Das größte Problem mit der Moderhinke ist, dass der Mensch sie nicht fühlt”

(Martin Winz, Schäfermeister)

Danksagung

Diese Arbeit ist all jenen gewidmet, die mich im Laufe ihrer Entstehung begleitet haben. Bereits ab dem Zeitpunkt der ersten Idee begleiten mich Ferdinand Ringdorfer und Birgit Fürst-Waltl, ohne deren fachkundige Unterstützung die Umsetzung dieser unmöglich gewesen wäre.

Im Laufe der Erhebungen hatte ich das große Glück von sehr gastfreundlichen Schafbauern stets offen und hilfsbereit empfangen zu werden. Eine Erhebung wäre ohne ihre Unterstützung nicht möglich gewesen. Ich durfte von jedem einzelnen Betrieb viel für mein weiteres Leben lernen. Herzlichen Dank - in erster Linie - an Herrn Walter Schmiedhofer für sein stets offenes Ohr und die guten Ratschläge.

Ich möchte auch allen Menschen danken, die mein Studienleben bereichert haben und deren Freundschaft, welche hoffentlich ein Leben lang andauern wird, ich nicht missen möchte. Großer Dank gilt meinem Freund Philipp der mich während dieser Arbeit begleitet und mir während aller Höhen und Tiefen Halt gegeben hat.

Meinen Eltern und Geschwistern gegenüber bin ich zu größtem Dank verpflichtet, denn sie begleiten und formen mich mein gesamtes Leben. Danke, dass ihr mir das Vertrauen und die Unterstützung entgegen gebracht habt, meinen Weg selbst zu finden und ihn trotzdem nicht alleine gehen zu müssen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht.

Wien, am _____
Ort und Datum

Unterschrift

Gleichheitsgrundsatz

Zugunsten der Lesbarkeit des folgenden Textes wird auf eine geschlechterspezifische Formulierung verzichtet. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich sämtliche personenbezogenen Bezeichnungen auf Menschen beider Geschlechter beziehen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
Tabellenverzeichnis	
Abstract	1
Kurzfassung	2
1 Einleitung	3
2 Schafklauen und Klauenerkrankungen	4
3 Moderhinke.....	5
3.1 Definition und Bedeutung	5
3.2 Klinische Anzeichen	6
3.3 Risikofaktoren der Moderhinke-Erkrankung.....	7
3.3.1 Einfluss des Bakteriums.....	8
3.3.2 Einfluss der Umwelt	9
3.3.3 Einfluss des Wirtes	9
3.4 Kontrollstrategien und Praktische Behandlung.....	10
3.5 Resistenz gegenüber Moderhinke	11
3.5.1 Heritabilität der Resistenz.....	13
3.5.2 Resistenz vs. Toleranz.....	14
3.5.3 Molekulargenetische Methoden.....	14
4 Weitere Klauenkrankheiten	15
5 Zusammenhänge Klauenmaße und Klauenerkrankungen.....	16
6 Material und Methode.....	19
6.1 Datenerhebung: Tiere und Zeitablauf	19
6.2 Klauenparameter	21
6.3 Schweregrade von Moderhinke	23
6.4 Statistische Auswertung	24
7 Ergebnisse	29
7.1 Klauenmaße	29
7.2 Prävalenz und Schweregrade der Moderhinke und des Gesundheitsstatus	30
7.3 Phänotypische Beziehungen zwischen Klauenmaßen und Moderhinke bzw. Gesundheitsstatus	33

8	Diskussion	39
	Appendix.....	44
9	Literaturverzeichnis	45

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AIC	Akaike's Information Criteria
BB	Braunes Bergschaf
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
kg	Kilogramm
LS-Means	Least Square Means
MHC II Region	Major Histocompatibility Complex
%	Prozent
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SNP	Single Nuclear Polymorphism
Tab.	Tabelle
TB	Tiroler Bergschaf
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Schwachstellen der Schafklaue	4
Abb. 2 Stufenweiser Krankheitsverlauf der Moderhinke.....	6
Abb. 3 Risikofaktoren für die Entstehung von Moderhinke	8
Abb. 4 Vier Prozesse des Zusammenwirkens von Genetik und Infektionskrankheiten. Genetik, Umwelt und Phänotyp	12
Abb. 5 Zusammenhang zwischen Moderhinke und Klauenform	16
Abb. 6 Zeitablauf Erhebungsschritte	20
Abb. 7 Klauenparameter	21
Abb. 8 Fang- und Behandlungsstand.....	22
Abb. 9 Messinstrumente zur Erhebung der Klauenmaße (von re. nach li.: Schublehre, Winkelmesser, Härtemessgerät)	23
Abb. 10 Verteilung gesunder und kranker Schafe nach Betrieb, Rasse, Gewicht und Alter ...	33
Abb. 11 Einfluss der Klauenmaße auf den Gesundheitsstatus der Tiere	38

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Praktisch angewandte Methoden zur Behandlung von Moderhinke	10
Tab. 2 Zeitpunkte der Klauenmaße-Erhebungen und Anzahl der untersuchten Bergschafe ..	20
Tab. 3 Differenzierung der Moderhinke in vier Schweregrade.....	24
Tab. 4 Datenstruktur Betriebe und Rassen	25
Tab. 5 Beschreibung verwendeter Prozeduren	26
Tab. 6 Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung (SD), Minimum und Maximum der Klauenmaße (n=180)	29
Tab. 7 Phänotypische Korrelationen zwischen den Klauenmaßen	30
Tab. 8 Häufigkeit (%) von Moderhinke nach Gliedmaße, Betrieb und Rasse (1= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 1 oder höher, 2= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 2 oder höher, 3= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 3 oder höher, 4= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 4).....	31
Tab. 9 Verteilung gesunder und kranker Tiere nach Einflussfaktoren Betrieb, Rasse, Alter und Gewicht.....	32
Tab. 10 p-Werte und Signifikanz der fixen Effekte (Betrieb, Rasse, Alter, Gewicht) und der Klauenmaße nach Modell 1 (proc mixed) Regressionskoeffizient (x_1) der Klauenmaße.....	33
Tab. 11 LS Means, Standardfehler (SE) und p-Werte von fixen Effekten	36
Tab. 12 p-Werte und Signifikanz der fixen Effekte (Betrieb, Rasse, Alter, Gewicht) und der Klauenmaße nach Modell 2 (proc genmod).....	37

Abstract

Foot rot is one of the major challenges sheep farmers are confronted with. On one hand there is a need to keep pathogens down and on the other hand actions need to be taken to prevent the spread of the disease extensively. Since current control strategies often do not lead to satisfying results, there is a need for introduction of new ways to receive long term achievements of foot rot containment.

This effect cannot be achieved by fighting the symptoms, but by implementation of preventative actions. By additional implementation of genetic methods for foot rot eradication the objective of almost foot rot free farms can be achieved.

The use of phenotypic traits is cost efficient and applicable in practical adoption. Foot measures like hardness, diagonal length, length of dorsal border and dorsal angle were evaluated and compared with data of foot rot incidence as well as two more claw disorders, which were observed during examination. 180 ewes of the breeds tyrol and brown mountain sheep from five farms were examined. All of them were kept on mountain pasture on Hauser Kaibling throughout summer.

The first step of data collection took place when sheep were kept indoors in sheep sheds. The four hoof traits were recorded in this first phase. From June until September foot rot incidence observation while herding on mountain pasture on Hauser Kaibling took place as a second step of data collection. Relations between hoof traits and foot rot incidence were calculated via statistical approaches.

Due to statistical analysis of the recorded data barely any significant results were shown, though tendencies can be derived from data. It is shown that short and hard feet tend to result in less foot rot incidence in sheep. This result is also confirmed by comparative studies. These tendencies need to be verified in future researches and compared with molecular-genetic methods.

Kurzfassung

Moderhinke stellt schafhaltende Betriebe vor große Herausforderungen. Einerseits gilt es Krankheitserreger so gut wie möglich fern zu halten, andererseits müssen Maßnahmen getroffen werden, welche eine Verbreitung der Krankheit weitgehend verhindern. Da in der Praxis angewandte Kontrollstrategien häufig keinen zufriedenstellenden Effekt zeigen, gilt es neue Strategien zu entwickeln, welche zur langfristigen Eindämmung von Moderhinke führen.

Dieser Effekt ist nicht durch Bekämpfung der Symptome, sondern durch präventive Maßnahmen erzielbar. Die Implementierung genetischer Methoden zur Bekämpfung von Moderhinke stellt eine ergänzende Möglichkeit dar, um das Ziel weitgehend Moderhinkefreier Schafbetriebe zu realisieren.

Der Einsatz phänotypischer Merkmale stellt eine kostengünstige und praxistaugliche Lösung dar. Im Zuge dieser Arbeit wurden die Klauenmaße Härte, Diagonalenlänge, Dorsalwandlänge und Dorsalwandwinkel mit Daten über das Auftreten von Moderhinke und zwei weiteren Klauenkrankheiten von 180 Mutterschafen der Rassen Tiroler und Braunes Bergschaf verglichen. Die Schafe stammten aus fünf Betrieben im steirischen Ennstal, welche im Sommer im Zuge des Almlammprojektes am Hauser Kaibling weideten.

Der erste Schritt der Datenerhebung erfolgte während der Stallhaltungsperiode am Heimbetrieb, wobei die Klauen vermessen wurden. Von Juni bis September wurde das Auftreten der Moderhinke im Zuge der Behirtung am Hauser Kaibling, als zweiter Teil der Datensammlung erhoben. Klauenmaße und Moderhinke-Auftreten wurden anschließend auf statistische Zusammenhänge überprüft.

Durch die statistische Auswertung der erhobenen Daten konnten kaum signifikante Zusammenhänge festgestellt werden, jedoch zeigen sich Tendenzen in der Datenstruktur. So bestätigt diese Arbeit vorangegangene Studien, welche kurze, harte Klauen als weniger krankheitsanfällig beschreiben. Diese Tendenzen gilt es in Zukunft zu verifizieren und mit molekulargenetischen Methoden abzugleichen.

1 Einleitung

Lahmheit hat nicht nur wirtschaftliche Auswirkungen auf die globale Schafhaltung, sondern spielt auch im Bereich des Tierwohles eine wichtige Rolle (WINTER 2008). Moderhinke ist eine Hauptursache für Lahmheit im Bereich der kleinen Wiederkäuer (RAADSMA und EGERTON 2013). Die wirtschaftlichen Folgen einer Moderhinke-Erkrankung sind nur schwer zu beziffern. Jedoch können die jährlichen Kosten für die österreichische Schafhaltung auf mehrere Millionen Euro geschätzt werden (FRIEDRICH et al. 2012). Oberstes Ziel einer wirtschaftlich effizienten und artgerechten Tierhaltung muss daher die Gesunderhaltung der Tiere darstellen.

Bisher konnte keine Patentlösung für das Problem der Moderhinke gefunden werden. Auch bisherige Kontrollstrategien stellen keine langfristige Lösung dar. Daher stellt sich die Frage, ob züchterische Maßnahmen zur Lösung der Moderhinke-Problematik beitragen können.

Die Zucht auf Krankheitsresistenz, basierend auf phänotypischen Parametern, ist laut BISHOP et al. (2011) durchführbar, sofern es sich um eine im Auftreten und Krankheitsverlauf gut abschätzbare Krankheit handelt. Die Moderhinke stellt eine derartige Krankheit dar.

Eine Möglichkeit Moderhinke in Schafbeständen langfristig zu reduzieren, bietet daher die Zucht auf Klauengesundheit, welche Resistenz bzw. Toleranz der Tiere gegenüber Moderhinke fördert. Das bedeutet, dass Tiere im Durchschnitt seltener an Moderhinke erkranken, es im Falle einer Infektion zu keiner schwerwiegenden Ausprägung der Krankheit kommt und die Leistungsbereitschaft der Tiere erhalten bleibt (BENNETT und HICKFORD 2011; LOTTNER 2006). Die Einbeziehung von Klauenparametern als Hilfsmerkmal in Selektionsentscheidungen, stellt nach LAMBERTZ et al. (2014) eine praktisch umsetzbare Möglichkeit dar. Arbeiten von ERLEWEIN (2003), THOMS (2006) sowie LOTTNER (2006) beschreiben Zusammenhänge zwischen Klauenparametern und der Anfälligkeit gegenüber Moderhinke. Daraus kann die Annahme gezogen werden, dass auch bei Tiroler und Braunem Bergschaf derartige Beobachtungen möglich sind.

Bisher ist nicht restlos geklärt, ob und inwieweit die Klauenform Einfluss auf Moderhinke ausübt. Diese Arbeit soll daher dazu beitragen, diese Wissenslücke zu füllen und den Einfluss von Klauenparametern auf die Anfälligkeit gegenüber Moderhinke beim Tiroler und Braunem Bergschaf klären.

Die Zucht auf Krankheitsresistenz kann eine von BENNETT und HICKFORD (2011) genannte langfristige Moderhinke-Kontroll-Strategie darstellen, welche Auswirkungen auf Populations-Ebene hat (BISHOP et al. 2011). Auch RUSSELL et al. (2013) erwähnen die Möglichkeit, Zuchtprogramme dahingehend zu nutzen. Die Verwendung phänotypischer Hilfsmerkmale führt dazu, dass Tiere, ohne jemals mit dem Krankheitserreger in Kontakt gekommen zu sein, beurteilt werden können (BISHOP et al. 2011; RAADSMA und CONINGTON 2011). Diese Arbeit stellt einen ersten Versuch in Österreich dar, den Zusammenhang zwischen Klauenparametern und dem Auftreten von Moderhinke zu erfassen.

2 Schafklauen und Klauenerkrankungen

Klauen stellen das Fundament für leistungsbereite Nutztiere dar. Da sich der Fokus der Schafzucht oftmals auf höhere Produktionsleistungen bezieht, wird den funktionalen Merkmalen, wozu auch Klauengesundheit zählt, wenig Beachtung geschenkt (WINTER 2004; KNAP und BISHOP 2000).

Das Schaf besitzt als Paarhufer zwei Zehen pro Gliedmaße. Diese sind durch Zwischenzehenbänder verbunden, welche bei Belastung der Klauen zur Ausdehnung und bei Entlastung zur Verengung des Klauenspaltes führen. Der Zwischenklauenspalt wird durch Bewegung stark beansprucht, da es zu einer ständigen Be- und Entlastung kommt. Dieser Bereich der Klaue wird nicht durch eine Hornschicht geschützt, sondern nur durch eine Haarschicht bedeckt und ist daher eine Schwachstelle der Klaue (STROBEL 2014). Die Zwischenklauenhaut hat die Funktion einer Barriere gegenüber Krankheitserregern, diese kann sie jedoch nur erfüllen, solange sie unbeschädigt ist (ABBOTT und LEWIS 2005). Der Ursprung einiger Klauenerkrankungen liegt im Zwischenklauenspalt (STROBEL 2014).

Der Kronsaum ist die Übergangsstelle zwischen behaarter Haut und Klauenlederhaut und stellt ebenso eine Schwachstelle für Krankheitsentstehung dar. Für die Hornbildung ist die Klauenlederhaut von zentraler Bedeutung. Die Klauenlederhaut ist sehr gut durchblutet und ist daher in der Lage, Infektionen zu verhindern (STROBEL 2014). Die Grenzzone zwischen Klauenwand und Klauensohle wird als „Weiße Linie“ bezeichnet. Diese ist durch ihre weichere Struktur ebenfalls als potenzieller Ort entstehender Klauenkrankheiten anzusehen (WINTER 2004). Die potenziellen Schwachstellen der Schafklaue werden in Abbildung 1 zum einfacheren Verständnis illustriert.

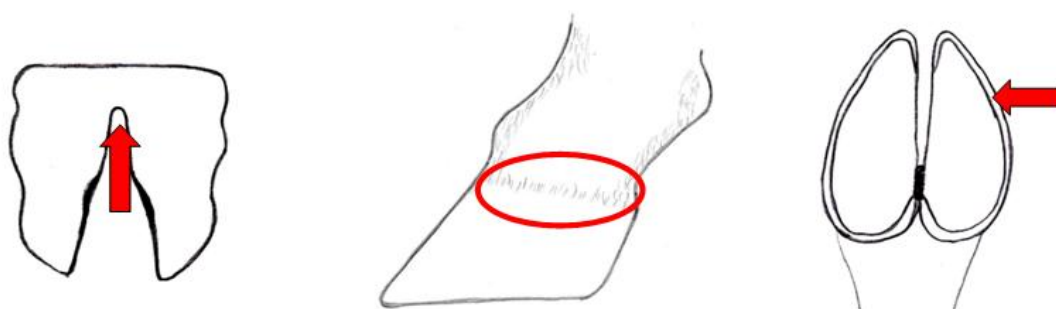


Abb. 1 Schwachstellen der Schafklaue

Quelle: eigene Darstellung nach (DISTL 1995; CONINGTON et al. 2008)

Für die nachfolgenden Ausführungen sind besonders die Schnittstelle zwischen Klauenlederhaut und dem Klauenhorn von Bedeutung. Der empfindliche Bereich des Zwischenklauenspaltes hat eine tragende Rolle bei der Entstehung von Moderhinke.

3 Moderhinke

3.1 Definition und Bedeutung

Moderhinke ist eine multifaktorielle, infektiöse Erkrankung der Schafklauen. Sie ist die häufigste Lahmheitsursache bei kleinen Wiederkäuern (RAADSMA und EGERTON 2013; SARGISON 2008). RAADSMA und EGERTON (2013) weisen jedoch gleichzeitig darauf hin, dass Lahmheit nicht als alleiniges Diagnosekriterium herangezogen werden kann, da eine Vielzahl von Krankheiten beim Schaf in Lahmheit resultieren. Aus diesem Grund ist Lahmheit per se kein ausreichendes Kriterium zur Feststellung von Moderhinke innerhalb einer Schafherde (EGERTON 2007). SARGISON (2008) und (WINTER 2004) betonen in ihren Ausführungen, dass keine Herde vollständig frei von Lahmheit sein kann. Um eine Klauenkrankheit korrekt zu diagnostizieren und in weiterer Folge richtig behandeln zu können, ist eine genaue Erhebung aller vier Gliedmaßen essentiell (HODGKINSON 2010). Eine genaue Diagnose zu stellen ist schwierig, da häufig mehrere Ursachen für Lahmheit vorliegen (WINTER 2008). Lahmheit gilt als Indikator für Tierleid und Schmerzen (BOELLING und POLLOTT 1998) und darf daher keinesfalls unberücksichtigt bleiben.

Eine Umfrage von FRIEDRICH et al. (2012) zur Bedeutung der Moderhinke in Deutschland, Österreich und der Schweiz demonstriert, dass die Prävalenz der Moderhinke in diesen Ländern von den Schafhaltern sehr hoch eingeschätzt wird. Die Diagnosen beziehen sich jedoch größtenteils (89 %) auf Beobachtungen der Betriebsleiter. Diese gaben als Symptome zur Erkennung der Krankheit das Lahmen (41 %) der Tiere an. Da lediglich 19 % der Moderhinke von einem Tierarzt diagnostiziert wurden und zusätzlich bei mehr als der Hälfte der Betriebe, laut eigenen Angaben, keine weiteren Klauenkrankheiten auftreten, besteht die Möglichkeit einer Fehldiagnose (FRIEDRICH et al. 2012). Dem gegenüber berichten KALER et al. (2010) in einer anderen Studie, dass Moderhinke mit 90 % die Hauptursache von Lahmheit darstellt. Die Autoren verweisen jedoch darauf, dass dieses Ergebnis keine allgemeine Aussage zum Moderhinke-Auftreten zulässt.

Moderhinke ist nicht nur im Auftreten, sondern auch was ihre Auswirkungen betrifft, multifaktoriell. Neben der, durch die Behandlung der Tiere begründeten, höheren Arbeitszeit sowie Medikamenten- und Tierarztkosten hat auch der Leistungsrückgang enorme wirtschaftliche Einbußen zur Folge (HODGKINSON 2010; BENNETT und HICKFORD 2011; BEHRENS et al. 2001; SARGISON 2008; STEWART 1989). Tiere, die schwerwiegend an Moderhinke erkrankt sind, verlieren zwischen 0,5 und 2,5 kg an Körpergewicht während einer zwischen sechs und neun-wöchigen Erkrankung (RAADSMA und DHUNGYEL 2013). FRIEDRICH et al. (2012) beziffern die durchschnittlichen Behandlungskosten pro Jahr und Schaf mit 9,25 Euro. Bei einem Schafbestand von 353.710 Schafen (STATISTIK AUSTRIA 2016) kann ein Schaden von über drei Millionen Euro angenommen werden. Die Moderhinke hat in allen Ländern, in denen Schafhaltung betrieben wird, enormen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der betroffenen Betriebe (WINTER 2008).

Auch im Bereich der Moderhinke gilt Prävention als Mittel für langfristigen Erfolg (SARGISON 2008). Neben wirtschaftlichen Verlusten spielt auch der ethologische sowie tierschutzrechtliche Aspekt eine bedeutende Rolle (STROBEL 2014). An Moderhinke erkrankte Tiere leiden unter großen Schmerzen und sind in ihrem Normalverhalten gravierend eingeschränkt.

3.2 Klinische Anzeichen

Auf Einzeltierbasis zeigt sich ein stufenweiser Krankheitsverlauf, welcher in Abbildung 2 dargestellt wird. Als erstes Anzeichen einer Erkrankung lässt sich eine Entzündung des Zwischenklauenspaltes feststellen, welche durch Schwellung und Flüssigkeitsabsonderung charakterisiert ist. Ausgehend vom Klauenspalt breitet sich die Entzündung schließlich zwischen Klauenhorn und Lederhaut aus. Dieses sogenannte Unterlaufen des Horns reicht schließlich bis an die Klauenspitze und greift auf die Klauenwand über (STROBEL 2014; SARGISON 2008; RAADSMA und EGERTON 2013). Zwischen Entzündung des Klauenzwischenspaltes und großflächigem Ablösen des Klauenhorns liegt nach Angaben von WINKELMANN und GANTER (2008) eine Zeitspanne von einer bis zu zwei Wochen.

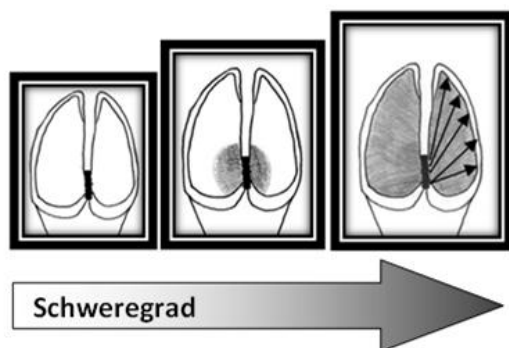


Abb. 2 Stufenweiser Krankheitsverlauf der Moderhinke
Quelle: eigene Darstellung nach (CONINGTON et al. 2008))

Moderhinke zeigt sich, wie von RAADSMA und EGERTON (2013), BENNETT und HICKFORD (2011), WINTER (2008) und STROBEL (2014) beschrieben, in unterschiedlichen Erscheinungsformen. Hierbei wird zwischen gutartiger, intermediärer sowie bösartiger Moderhinke unterschieden. Die gutartige Erscheinungsform führt in den meisten Fällen lediglich zur Zwischenklauenentzündung (RAADSMA und EGERTON 2013; STEWART 1989). Die intermediäre Form kann in manchen Fällen zum Unterlaufen des Klauenhorns führen, jedoch ist die Übertragung und Ansteckung innerhalb einer Herde wesentlich geringer im Vergleich zur bösartigen Form (BENNETT und HICKFORD 2011). Bösartige oder virulente Moderhinke führt durch Unterlaufen des Klauenhorns zu schwerwiegender Lahmheit der Tiere. Diese Form der Moderhinke zeichnet sich durch faulige, grau-weiße, übel riechende Absonderung unter dem losen Klauenhorn ab (STEWART 1989). Es kann hierbei zu irreversiblen Klauendeformationen kommen. Im Frühstadium der Erkrankung ist eine Unterscheidung zwischen diesen drei Ausprägungen der Moderhinke unmöglich (SARGISON 2008).

Die gutartige Form der Moderhinke ist auf Herdenbasis nicht feststellbar, bzw. zeigt sich als geringe Lahmheit (STEWART 1989), d.h. auch die Ausprägung der äußerlichen Erscheinung ist weniger deutlich. Auf Herdenbasis zeigt sich eine bösartige Infektion an den Vordergliedmaßen durch Abstützen der Tiere auf den Carpalgelenken beim Grasens (STEWART 1989). Sind die Hintergliedmaßen betroffen, entlasten die Tiere entweder abwechselnd die betroffenen Klauen und die Schafe sind durch höhere Liegefrequenzen auffällig (BEHRENS 2001). Diese Arbeit legt ihren Fokus auf die bösartige, virulente Form der Moderhinke, da sie sowohl Produktion als auch Tierwohl schwerwiegender beeinflusst als die gutartige Form. Zudem lassen sich genetische Unterschiede nur im Auftreten der virulenten Form feststellen (STEWART 1989).

3.3 Risikofaktoren der Moderhinke-Erkrankung

Krankheit wird von WINKELMANN (1995) als Störung der normalen Körperfunktionen beschrieben. Zur Entstehung von Krankheit werden drei Faktoren genannt: Konstitution des Tieres, die Disposition in der Umwelt sowie das Vorhandensein von Krankheitsursachen.

RAADSMA und CONINGTON (2011), STEWART (1989) sowie EGERTON (2007) beschreiben, bezugnehmend auf das Auftreten von Moderhinke, ebenfalls drei Faktoren. Die angeborene Prädisposition des Wirtes, welche mit der genannten Konstitution gleichgesetzt werden kann, der Einfluss der Umwelt auf die Krankheitsanfälligkeit des Wirtes und Übertragung des Krankheitserregers beschreibt die Disposition und schlussendlich die Virulenz des Krankheitserregers als eine Krankheitsursache.

Das Wirtstier, das Bakterium und die Umwelt können demnach als die drei wesentlichen Risikofaktoren für die Entstehung von Moderhinke genannt werden. Damit es zum Ausbruch der Krankheit kommt, müssen alle drei Faktoren erfüllt sein. Um den Mechanismus, welcher zum Krankheitsausbruch führt, besser verstehen zu können kann man sich diese Faktoren als Zahnräder, wie in Abbildung 3 dargestellt, vorstellen. Sobald ein Zahnrad gestoppt wird, blockiert der gesamte Folgeablauf und somit die Krankheit.

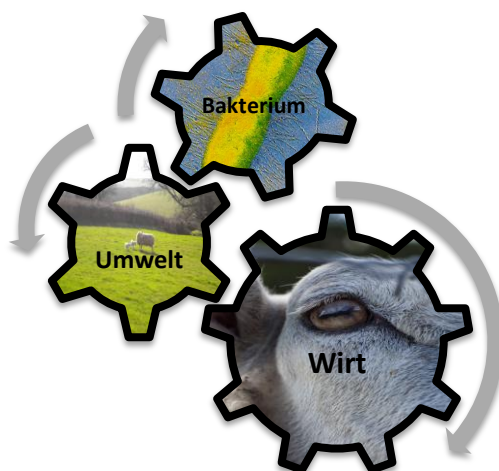


Abb. 3 Risikofaktoren für die Entstehung von Moderhinke
Quelle: eigene Darstellung nach RAADSMA und CONINGTON (2010)

In folgenden Ausführungen werden die Faktoren Umwelt und Krankheitserreger nur kurz erklärt. Das Hauptaugenmerk liegt auf dem Faktor Wirt und hier auf der angeborenen Prädisposition, d.h. der genetischen Veranlagung, des Tieres.

3.3.1 Einfluss des Bakteriums

Dichelobacter nodosus ist ein gram-negatives, anaerobisch lebendes Stäbchenbakterium, welches soweit bekannt ist, in der Natur ausschließlich in Klauen von Wiederkäuern vorkommt (RAADSMA und EGERTON 2013; BEHRENS 2001; EGERTON et al. 1989). Zur Überlebensfähigkeit dieses Bakteriums finden sich unterschiedliche Angaben. SARGISON (2008) als auch WINKELMANN und GANTER (2008) geben vier Tage als Richtwert an, während WINTER (2008) von sieben Tagen, BENNETT und HICKFORD (2011) von zehn Tagen, HINDSON und WINTER (2008) von 16 Tagen und BEHRENS (2001) von bis zu 30 Tagen berichten. Diese großen Unterschiede können durch die Wirkungsstätten der Autoren beschrieben werden. Denn das Überleben von *D. nodosus* divergiert zwischen verschiedenen Klimazonen. So ist der Erreger in nass-feuchter Umwelt länger überlebensfähig als in trockener. Die Schafklaue bietet ein optimales Milieu für das Überleben des Krankheitserregers. BEVERIDGE (1941) beschreibt in diesem Zusammenhang eine Zeitspanne von über drei Jahren, in der *D. nodosus* in einer chronisch infizierten Klaue überlebt.

D. nodosus bildet Stämme aus, welche sich in ihrer Virulenz, wie in Kapitel 3.2 beschrieben, unterscheiden (STEWART 1989). KALER et al. (2010) zeigen, dass nicht nur die Virulenz des Erregers, sondern auch das Auftreten Einfluss hat. Ein verstärktes Vorkommen von *D. nodosus* führt zu häufigerem und schwerwiegenderem Moderhinke-Ausbruch. Obwohl *D. nodosus* als Primärerreger gilt, ist das alleinige Vorhandensein des Bakteriums nicht ausreichend, um eine Infektion hervorzurufen.

Moderhinke ist eine Erkrankung, bei deren Entstehung eine Vielzahl von Bakterien ihren Beitrag leisten. Besonders *Fusobacter necrophorum*, ein Fäkal-Bakterium, welches im Kot

und im Boden vorkommt und sehr widerstandsfähig ist, gilt als Sekundärerreger (BEHRENS 2001). *F. necrophorum* führt zu einer Entzündung der Zwischenklauenhaut und bereitet *D. nodosus* den Weg in die Klaue (ABBOTT und LEWIS 2005). Erst die synergistische Beziehung zwischen diesen beiden Bakterien führt zu einer stufenweisen und schädlichen Infektion der Klauenlederhaut (RAADSMA und EGERTON 2013).

3.3.2 Einfluss der Umwelt

Die Tatsache, dass die Umwelt einen großen Einfluss auf das Auftreten von Moderhinke hat, zeigt sich durch die Übertragung der beiden Moderhinke- verursachenden Organismen, welche durch warme, feuchte Bedingungen begünstigt wird (HODGKINSON 2010). Infizierte Klauen übertragen den Erreger direkt auf den Untergrund und damit auf weitere Tiere (CONINGTON et al. 2008).

Da der Zwischenklauenspalt unter normalen Bedingungen eine Barriere für infektiöse Bakterien darstellt, ist das Eindringen von Krankheitserregern nur möglich, wenn feuchte Umwelt und Verletzungen der Zwischenklauenhaut gegeben sind (ABBOTT und LEWIS 2005). Dadurch wird ersichtlich, dass besonders in der Weidehaltung Temperatur und Niederschlagsmengen eine große Rolle spielen.

Durch die alpinen Bedingungen in Österreich spielt auch die Stallhaltung eine wichtige Rolle. WINTER (2004) bezeichnet hohe Besatzdichten und die Stallhaltung von Schafen als Risikofaktoren für den Ausbruch von Klauenerkrankungen. Als Gründe dafür werden die Haltung auf feuchtem Stroh und die damit verbundene Aufweichung des Klauenhorns sowie eine schnelle Ausbreitung von infektiösen Klauenkrankheiten genannt.

Besonders die Gemeinschaftsweide bzw. Hütelhaltung von Schafen stellt ein großes Risiko für Moderhinke-Infektionen dar. Zusätzlich birgt auch die Eliminierung der Moderhinke in solchen Haltungsformen eine nahezu unüberwindbare Herausforderung (STROBEL et al. 2012). Dadurch wird deutlich, wie stark das Herdenmanagement das Auftreten von Moderhinke beeinflusst.

3.3.3 Einfluss des Wirtes

Der genetische Einfluss des Tieres auf das Auftreten und die Schwere einer Moderhinke Erkrankung wird von WHITTINGTON und NICHOLLS (1995) beschrieben. In ihren Ausführungen zur Einstufung von Moderhinke-Schweregraden kommen sie zum Schluss, dass Klaue und Schaf nicht getrennt voneinander beurteilt werden dürfen. In den untersuchten Schafgruppen war klar ersichtlich, dass zwischen den Individuen Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Moderhinke bestehen. Auch RAADSMA und CONINGTON (2011) beschreiben derartige Beobachtungen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Moderhinke auf Basis des Wirtstieres – also des Schafes – zu betrachten und zu unterbinden.

Wenig virulente Stämme von *D. nodosus*, trockene, warme oder sehr kalte Umwelt sowie eine mögliche Resistenz des Schafes kann dazu führen, dass Moderhinke zwar in gutartiger

Form auftritt, es jedoch zu keiner weiteren Ablösung des Klauenhorns kommt (KALER et al. 2010). Dadurch wird klar, dass sowohl negative Umwelteffekte, genetische Einflüsse und die beschriebene Virulenz des Erregers zur Entstehung der Moderhinke beitragen (STEWART 1989). Daher ist die Ursachenbekämpfung wesentlich effektiver und langfristig zufriedienstellender als die Behandlung der Erkrankung (ABBOTT und LEWIS 2005).

3.4 Kontrollstrategien und Praktische Behandlung

Sobald Lahmheit bzw. der Verdacht auf Moderhinke in einem Schafbestand auftritt, sind schnelles Handeln und die Behandlung der betroffenen Tiere erforderlich. Die Voraussetzung für eine effiziente Therapie bzw. Prophylaxe ist die korrekte Diagnose der Krankheit (WINTER 2008; SARGISON 2008). Um nur einige gängige, sowie von Experten akzeptierte Behandlungsmethoden zu nennen, werden diese in der nachfolgenden Tabelle 1 nach WINTER (2008), STROBEL (2014) und SARGISON (2008) aufgelistet und beschrieben.

Tab. 1 Praktisch angewandte Methoden zur Behandlung von Moderhinke

Quelle: eigene Darstellung nach WINTER (2008), STROBEL (2014) und SARGISON (2008)

Methode	Beschreibung
Klauenschnitt	Entfernen von loseem bzw. überwachsenem Klauenhorn
Antibiotika	Örtliche bzw. systematische Anwendung je nach Schweregrad
Klauenbad	In Formalin, Zinksulfat bzw. Kupfersulfat
Impfung	Injektion von Vakzinen, welche <i>D.nodosus</i> Stämme enthalten
Separieren oder Isolieren	Getrennte Haltung von erkrankten Tieren bzw. von zugekauften Tieren

Der Klauenschnitt ist laut einer Umfrage von FRIEDRICH et al. (2012) mit 91 Prozent die gängigste Behandlungsmethode in der Praxis, vor allem als Präventionsmaßnahme. Von dieser Methode wird in aktueller Literatur jedoch abgeraten (BENNETT und HICKFORD 2011; SMITH et al. 2014). Routinemäßiger, häufiger Klauenschnitt führt durch engen Kontakt unter den Schafen und durch Kontakt mit verschmutztem Werkzeug zu häufigerem Moderhinke-Auftreten (SMITH et al. 2014). Lediglich das Kürzen und Entfernen von loseem und zu langem Horn sollte laut WINTER (2008) durchgeführt werden. Das Schneiden des Klauenhorns als Behandlungsmethode resultiert nicht nur in Ansteckung der Artgenossen, sondern verzögert die Regeneration des erkrankten Tieres (SMITH et al. 2014; KALER et al. 2010).

Der Einsatz von Antibiotika bei früher Krankheitserkennung zeigt zufriedenstellende Wirkung (WASSINK et al. 2010). Jedoch wird der Einsatz von Antibiotika in der Gesellschaft kritisch betrachtet (FRIEDRICH et al. 2012), zusätzlich entstehen für den Schafhalter lange Wartezeiten, welche sowohl den Verkauf von Mastlämmern als auch von Schafmilch negativ beeinflussen.

Das Klauenbad nutzen vor allem große Betriebe. Die Umfrage von FRIEDRICH et al. (2012) zeigt, dass Betriebe mit über 50 Mutterschafen diese Methode gegenüber kleineren Betrieben bevorzugen. Die Anwendung von Klauenbädern mit Einsatz derzeit verfügbarer Chemikalien zeigt jedoch mäßige Erfolge. Das häufig eingesetzte Formalin hat eine reizende

Wirkung und verursacht eine unerwünschte Härtung des Klauenhorns (HINDSON und WINTER 2008). Zusätzlich ist die Entsorgung der Chemikalien problematisch (STROBEL 2014).

Die Impfung stellt einen vier- bis sechswöchigen Infektionsschutz dar, danach sind Wiederholungsimpfungen notwendig, um einen langanhaltenden Impfschutz zu gewähren. Auf Herdenbasis ist die Impfung eine kostspielige Therapie- bzw. Prophylaxemethode und führt, vor allem in Ländern in denen Moderhinke das ganze Jahr über auftritt, nicht zum gewünschten Erfolg (SARGISON 2008). Da *D. nodosus* in zehn unterschiedlichen Serogruppen auftritt (RAADSMA und DHUNGYEL 2013), muss auch der verwendete Impfstoff die spezifisch vorkommende Serogruppe enthalten (BISHOP 2015; LOTTNER 2006).

Separieren bzw. Isolieren der erkrankten Schafe gilt als effektive Maßnahme zur Moderhinke-Bekämpfung. Voraussetzung dafür ist eine regelmäßige und gründliche Beobachtung der Herde und das sofortige Separieren erkrankter Tiere (RAADSMA und EGERTON 2013). Diese Methode ist in kleinen Beständen deutlich einfacher durchführbar als in großen.

Um einen Moderhinke- freien Status innerhalb einer Schafherde zu erreichen, ist das Töten von chronisch erkrankenden Schafen unerlässlich (SARGISON 2008). Diese Maßnahme erhöht laut STEWART (1989) den Anteil an genetisch resistenten Tieren innerhalb einer Herde. In Ländern, in denen der Durchschnittsschafbestand wie in Österreich bei ca. 25 Schafen pro Betrieb (STATISTIK AUSTRIA 2016) liegt, stellt diese Methode keinen praktikablen Zugang dar.

Die Strategien zur Moderhinke-Behandlung sind vielfältig, dennoch sind keine Patentlösungen zur effizienten Bekämpfung von Moderhinke verfügbar. Selbstheilung wird als äußerst selten beschrieben (BEHRENS 2001), daher spielt die Behandlung infizierter Tiere eine wichtige Rolle. Da es sich bei der Moderhinke um eine Infektionserkrankung handelt, ist die ausschließliche Therapie klinisch kranker Tiere nicht erfolgsversprechend (HINDSON und WINTER 2008).

Eine weitere Möglichkeit, Moderhinke langfristig aus Herden zu eliminieren, stellt die Zucht auf Moderhinke-Resistenz dar (RAADSMA und CONINGTON 2011). Die Selektion auf Klauengesundheit neben der üblichen Selektion auf Produktionsmerkmale ist laut WINTER (2004) eine Möglichkeit, um Klauenprobleme zu reduzieren. Das Führen von Klauenprotokollen ist daher, vor allem für Zuchtbetriebe, ein wichtiges Werkzeug für Selektionsentscheidungen.

3.5 Resistenz gegenüber Moderhinke

Resistenz setzt sich aus angeborener und erworbener Resistenz zusammen. Die Tatsache, dass nicht alle Tiere einer Herde im gleichen Umfang an Moderhinke erkranken, kann durch angeborene Resistenz gegenüber dem Eindringen von Krankheitserregern in die Epidermis des Zwischenklauenspalts erklärt werden (RAADSMA und EGERTON 2013). Angeborene Resistenz zeigt sich dadurch, dass Entzündungen des Zwischenklauenspaltes zu keiner weiteren, wie in Kapitel 3.2 beschriebenen, Ausbreitung der Krankheit auf das Klauenhorn

führt (EMERY 1989). Resistenz ist ein multifaktorielles, polygenes Merkmal. Daher kann Krankheitsresistenz züchterisch gleich behandelt werden wie quantitative Produktionsmerkmale (RAADSMAN und CONINGTON 2011).

Durch züchterische Maßnahmen kann die Moderhinke-Resistenz von Schafen erhöht werden. Die Zucht auf gesteigerte Resistenzen mittels Erhebung phänotypischer Parameter ist laut BISHOP und MORRIS (2007) möglich. Jedoch verdeutlichen BISHOP et al. (2011), dass eine Zucht auf Krankheitsresistenz durch natürliche Selektion nie zu einer vollständig krankheitsfreien Population führen kann. Die Konsequenzen genetischer Veränderung im Hinblick auf die Resistenz einer Population gegenüber einer Infektionskrankheit hängt vom Übertragungsweg der Infektion bzw. des Erregers ab (BISHOP et al. 2011).

KNAP und BISHOP (2000) beschreiben die Beziehung zwischen genetischen Veränderungen und Infektionskrankheiten. In diesem Zusammenhang nennen sie vier Prozesse, welche in Abbildung 4 gemeinsam dargestellt werden. Der erste Prozess (1) bezieht sich auf das genetische Potenzial für Immunkompetenz einer Population und dessen züchterische Nutzung. Der zweite Prozess (2) beschreibt die Beeinflussung der Immunkompetenz eines Tiers durch dessen Produktionspotenzial und vorhandene Umweltressourcen. In weiterer Folge (3) wird der Einfluss dieser Immunkompetenz auf den Krankheitsstatus eines Tieres bzw. einer Population als dritter Prozess angeführt. Als letzten Prozess (4) beschreiben KNAP und BISHOP (2000) die Einflussnahme der Aktivierung des Immunsystems auf das Produktionsniveau eines Tieres. Durch die Erforschung dieser vier Prozesse und deren Zusammenhänge können Gesundheitsmerkmale in Zukunft stärkeren Einfluss auf die Zucht nehmen.

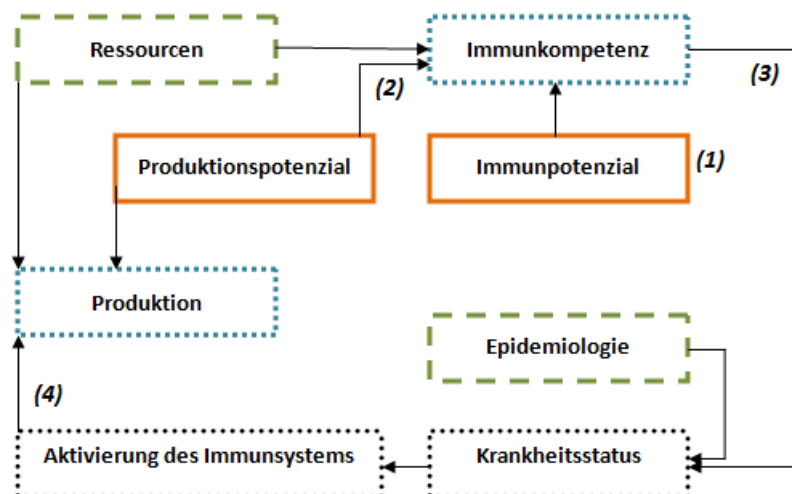


Abb. 4 Vier Prozesse des Zusammenwirkens von Genetik und Infektionskrankheiten.
Genetik, Umwelt und Phänotyp

Quelle: eigene Darstellung nach KNAP und BISHOP (2000)

Die Zucht auf Krankheitsresistenz stellt nicht für alle Krankheiten das Mittel zum Zweck dar. Daher ist es unerlässlich zu prüfen, ob die nötigen genetischen und phänotypischen Informationen verfügbar bzw. die Erhebung dieser möglich ist (BISHOP et al. 2011). Natürlich spielen auch die Kosten derartiger Kontrollstrategien in der Praxis eine große Rolle.

Um Moderhinke-Resistenz in ein Zuchtprogramm implementieren zu können, sind Informationen über genetische Korrelationen zwischen Resistenz gegenüber Moderhinke und wichtigen Produktionsmerkmalen, aber auch gegenüber anderen Krankheiten notwendig. Es ist laut RAADSMA und DHUNGYEL (2013) unwahrscheinlich, dass Produktionsmerkmale durch die Berücksichtigung von Moderhinke-Resistenz direkt beeinflusst werden. Umgekehrt dürfte auch die Zucht auf Produktionsmerkmale weder positive noch negative Auswirkungen auf Moderhinke-Resistenz haben. Korrelationen zwischen Resistenz gegenüber Moderhinke und Resistenzen gegenüber anderen Krankheiten beschreiben RAADSMA und CONINGTON (2011) als gering. Sie verweisen darauf, dass derzeit ausreichend Information über relevante genetische Parameter vorhanden ist, um Moderhinke-Resistenz in Zuchtprogrammen zu integrieren. Jedoch ist bei der Integration von Merkmalen zu beachten, dass diese zu Lasten des Zuchtfortschrittes anderer Merkmale stattfindet (RAADSMA und DHUNGYEL 2013). Dies lässt sich durch die Gewichtung der Merkmale erklären, wird ein weiteres Merkmal in ein Zuchtprogramm eingegliedert, verlieren bereits vorhandene Merkmale an Gewicht am Gesamtzuchtwert. Es können somit simultan Resistenzen und Produktionsmerkmale verbessert werden. Der Zuchtfortschritt wird im Vergleich zur Zucht auf lediglich ein Merkmal jedoch erst später erreicht (RAADSMA und DHUNGYEL 2013).

3.5.1 Heritabilität der Resistenz

Zucht auf Moderhinke-Resistenz ist nur bei ausreichend hoher Heritabilität zielführend. Die Heritabilität der Resistenz gegenüber Moderhinke wird zwischen 0,1 und 0,3 geschätzt (NIEUWHOF et al. 2008; RAADSMA und DHUNGYEL 2013; RAADSMA und CONINGTON 2011). Ein von RUSSELL et al. (2013) durchgeführter Modell-Versuch kam bezüglich Heritabilität zu dem Ergebnis, dass im Feld erhobene Daten zur Ermittlung des genetischen Effekts nicht effizient sein können. Der Grund dafür liegt in der großen Varianz zwischen den Heritabilitätswerten bei unterschiedlicher Prävalenz der Krankheit, welche auch von RAADSMA und CONINGTON (2011) beschrieben wird. NIEUWHOF et al. (2008) schließen daraus, dass in Herden mit hoher Prävalenz an Moderhinke die Effektivität der Selektion größer ist. Zusätzlich haben Genotyp-Umwelt-Interaktionen nachteiligen Einfluss auf die Genauigkeit der geschätzten Heritabilität (RUSSELL et al. 2013). Dennoch besteht die Möglichkeit, nach jenen Tieren zu selektieren, welche phänotypisch Resistenzen zeigen (RUSSELL et al. 2013; BISHOP und MORRIS 2007).

RAADSMA und CONINGTON (2011) schlussfolgern aus Untersuchungen von NIEUWHOF et al. (2008), dass sich aus Resistenzen gegenüber Moderhinke-Anfälligkeit zufriedenstellende Selektionserfolge ableiten lassen. Zusätzlich kann die genetische Varianz der Resistenz zwischen Individuen in konventionelle Zuchtprogramme eingebracht werden. Eine Voraussetzung dafür stellt die Konfrontation der Tiere mit Moderhinke dar. Die Nutzung von Informationen in Bezug auf Resistenz könnte für die Berechnung von Zuchtwerten genutzt werden.

3.5.2 Resistenz vs. Toleranz

Die erwähnte Anpassung der Krankheitserreger an veränderte genetische Reaktion des Wirtstieres erfolgt beim Versuch der Resistenzzucht. Resistenzen zielen darauf ab, den Lebenszyklus des Krankheitserregers zu verändern, während Toleranz zur vollständigen Vollendung des Lebenszyklus des Erregers führt und dieser somit keine Anpassung durchführen muss (BISHOP 2015). RABERG et al. (2007) erläutern in einer Untersuchung, welche – als eine von wenigen - Toleranz und Resistenz klar voneinander trennt, dass dieses Phänomen mit der antagonistischen Koevolution zwischen Wirt und Parasit zusammenhängt.

Einem Wirt bieten sich zwei Möglichkeiten sich gegen Parasiten zu schützen, Resistenz und Toleranz. Resistenz wird von RABERG et al. (2007) als Fähigkeit definiert, den parasitären Druck einzugrenzen, es kommt dabei zu negativen Auswirkungen für den Parasit. Toleranz hingegen wird von denselben Autoren als die Fähigkeit beschrieben, den Schweregrad einer Erkrankung zu vermindern, obwohl parasitärer Druck besteht, hier kommt es zu keinen direkten negativen Auswirkungen für den Parasit (RABERG et al. 2007).

Toleranz gilt laut BISHOP (2015) als Fähigkeit eines Tieres, trotz einer Infektion keine schwerwiegenden und lebensbeeinflussenden Symptome zu zeigen, d.h. ein toleranter Genotyp zeigt wenig Anzeichen einer Krankheit bei steigender Intensität einer Infektion (RABERG et al. 2007). Neben der Varianz der Resistenz wird auch jene der Toleranz von RABERG et al. (2007) als hoch eingestuft. Der Großteil der Publikationen verwendet den Ausdruck Resistenz, obwohl die Toleranz eines Tieres beschrieben wird.

3.5.3 Molekulargenetische Methoden

Direkte Selektion auf Moderhinke-Resistenz setzt eine Konfrontation jedes einzelnen Tieres mit der Krankheit voraus. Dieser Ansatz ist daher in der Praxis von geringem Nutzen. Die Möglichkeit indirekte Selektionsstrategien zu nutzen, stellt daher eine attraktive Lösung dar (RAADSMA und CONINGTON 2011; BISHOP 2015). Derartige Selektionsstrategien können auf Basis sogenannter Hilfsmerkmale, welche die Anfälligkeitsneigung gegenüber bestimmter Krankheiten indizieren, durchgeführt werden. Neben phänotypischen Hilfsmerkmalen können auch molekulargenetische Hilfsmerkmale genutzt werden (BISHOP et al. 2011).

Molekulargenetische Methoden stellen somit eine weitere Möglichkeit dar, um die Genetik der Tiere gegenüber Moderhinke zu verbessern. Ein Beispiel dafür ist ein in Neuseeland entwickelter Gentest (RAADSMA und CONINGTON 2011). Dieser Test basiert auf der Varianz der MHC II Region, im Speziellen auf dem DQA2 Gen (BISHOP und MORRIS 2007). Die Festlegung von Markern kann durch die polymorphe Struktur dieser Region schwierig sein, vor allem, wenn Marker über mehrere Populationen hinweg Einsatz finden sollen (RAADSMA und DHUNGYEL 2013). Derzeitige Forschung konzentriert sich auf den Einsatz genetischer Marker, Wirt-Erreger-Interaktionen sowie auf die Identifikation und Nutzung von SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms), welche als Hilfsmerkmale der Resistenz gegenüber Moderhinke dienen können (BISHOP et al. 2011; RAADSMA und CONINGTON 2011).

Den Fokus ausschließlich auf die Verwendung von genetischen Markern zu legen, stellt laut BISHOP et al. (2011) ein Risiko dar, welches eine mögliche Anpassung der Krankheitserreger unberücksichtigt lassen würde. BISHOP (2015) beschreibt die derzeitigen Kosten, welche durch die beschriebenen molekulargenetischen Methoden entstehen, als zu hoch für den Einsatz in der Schafhaltung. Daher und aus Gründen der Praktikabilität und Umsetzbarkeit scheint phänotypische Selektion für die Anwendung in der Praxis derzeit geeigneter als molekulargenetische Methoden.

Die Implementierung von züchterischen Methoden stellt eine nachhaltige und wertvolle Möglichkeit zur Moderhinke-Kontrolle dar. Jedoch muss darauf verwiesen werden, dass sich die verbesserte Krankheitsresistenz bzw. -toleranz nicht sofort zeigt. Obwohl eine langfristige Moderhinke-Reduktion möglich ist, dient die Berücksichtigung der Genetik des Tieres keinesfalls als Ersatz für andere Kontrollstrategien und gutes Herdenmanagement (BISHOP 2015). Es ist daher wichtig, sowohl genetische als auch nicht-genetische Kontrollstrategien zur Reduktion der Moderhinke einzusetzen.

4 Weitere Klauenkrankheiten

Weitere Klauenerkrankungen von denen vermutet wird, dass sie einem genetischen Einfluss unterliegen, sind Hohle Wand (White Line Disease) als auch Panaritium.

Hohle Wand entsteht durch den Zerfall der Weißen Linie, welche die Verbindung zwischen dem Horn der Klauenwand und der darunterliegenden Lederhaut bildet. Erkennbar ist diese Linie an der Klauensohle. Hier bildet die Weiße Linie eine Abgrenzung zwischen Wandhorn und Sohlenhorn und besteht, im Vergleich zum Horn, aus einer weichen Substanz (STROBEL 2014). Dieser Bereich der Klaue ist besonders anfällig gegenüber Schmutz und darin enthaltenen Bakterien, welche in die Klaue eindringen und zu Infektionen führen. Bei unterlassener Klauenkontrolle kommt es zur Zersetzung der Klaue und zur Lahmheit (CONINGTON et al. 2010). Warum es zu dieser Zersetzung kommt ist ungeklärt (WINTER 2008). CONINGTON et al. (2010) beschreiben eine Schwächung der Klaue durch das Auftreten der Hohlen Wand und eine damit verbundene Prädisposition für die Entstehung von Moderhinke. Resistenzzucht stellt auch für Hohle Wand eine Möglichkeit dar, um den Gesundheitsstatus langfristig zu verbessern und gleichzeitig die Produktivität zu steigern. In diesem Zusammenhang wird von CONINGTON et al. (2010) eine Implementierung dieser in Zuchtprogramme empfohlen.

Panaritium beschreibt die Entzündung des Klauenspaltes mit anschließender Entzündung des Klauengelenks unter Eiterbildung. Die dafür verantwortlichen Bakterien sind einerseits, wie auch schon bei Moderhinke als Sekundärerreger beschrieben, *Fusobacterium necrophorum* andererseits *Arcanobacter pyogenes*. Die Verbreitung dieser Krankheit erfolgt jedoch, im Gegensatz zur Moderhinke, nicht von Tier zu Tier sondern über die Umwelt, welcher die betroffenen Tiere ausgesetzt sind (STROBEL 2014).

5 Zusammenhänge Klauenmaße und Klauenerkrankungen

Der Einsatz phänotypischer Parameter zur Ermittlung der Klauengesundheit wurde im Bereich der Rinderzucht, unter anderem in Untersuchungen von ANACKER und GERNAND (2006) und von BOELLING und POLLOTT (1998) beschrieben. Sie erläutern wie Züchtung zur Erhöhung der Klauengesundheit beitragen kann und Genetik Klauenform und Klaueneigenschaften beeinflusst.

Im Bereich der Schafhaltung zeigt die Beobachtung von KALER et al. (2010), dass die Form der Klaue Einfluss auf die Lahmheitsanfälligkeit von Mutterschafen hat. Dies verdeutlicht die Annahme, dass sich die Form der Klaue bzw. Klauenmaße auf die Krankheitsentstehung auswirken.

Die Erhebung von LOTTNER (2006) zeigt, dass Deformationen des Klauenhorns Einfluss auf das Auftreten von Moderhinke haben. Hierbei wurde eine vermehrte Moderhinke-Prävalenz bei Tieren mit Klauendeformationen festgestellt (LOTTNER 2006). In Bezug auf Klauenmaße gibt es zwei mögliche Szenarien. Einerseits können unförmige Klauen die Anfälligkeit gegenüber Moderhinke erhöhen, andererseits ist es möglich, dass diese Klauen *D. nodosus* beherbergen und das betroffene Tier ein Überträger der Moderhinke ist. WINKELMANN und GANTER (2008) beschreiben in diesem Zusammenhang die Abkapselung von Erregerherden in der Klaue chronisch erkrankter Tiere, welche als Gefahrenquelle angesehen werden können. Es handelt sich also um eine dynamische Wechselwirkung zwischen Lahmheit, Moderhinke und Klauenform (KALER et al. 2010), wie in Abbildung 5 dargestellt.

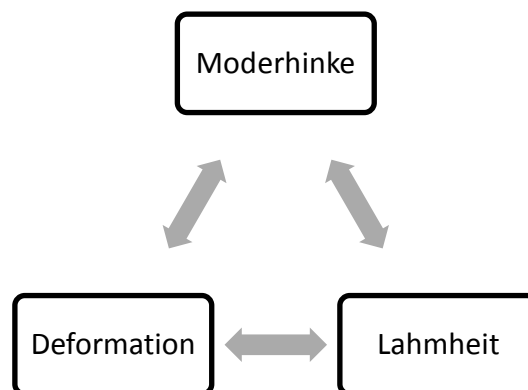


Abb. 5 Zusammenhang zwischen Moderhinke und Klauenform
Quelle: eigene Darstellung nach (KALER et al. 2010)

Für eine mögliche züchterische Verwendung von Klauenparametern und Moderhinke-Schweregraden sowie deren Nutzung zur Erhebung von Krankheitsresistenz, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein. Einerseits muss die Varianz innerhalb einer Rasse hoch genug sein, ebenso die Korrelationen zwischen Klauenparametern und Moderhinke-Schweregraden. Andererseits muss eine entsprechend hohe Genauigkeit der Messung bzw. ausreichende Wiederholbarkeit erreicht werden.

Genetische Korrelationen, zwischen einzelnen Klauenmaßen sowie zwischen Klauenmaßen und Klauenkrankheiten, wurden im Bereich der Rinderzucht von ANACKER und GERNAND (2006) als auch von BOELLING und POLLOTT (1998) als moderat bis hoch eingestuft. BOELLING und POLLOTT (1998) beschreiben die Diagonale als Merkmal der Wahl bei der Erhebung von einem einzigen Merkmal zur Beurteilung der Klauenform, da die Korrelationen zwischen Diagonale und Dorsalwandlänge sowie zwischen Diagonale und Dorsalwandwinkel hoch sind. Auch der Einfluss der Härte auf die Klauenform beim Rind wird von ANACKER und GERNAND (2006) als stark bezeichnet, es wird die Schlussfolgerung aufgestellt, dass harte Klauen meist klein und steil ausgeprägt sind. ERLEWEIN (2003) beschreibt bezüglich Härte beim Schaf eine gegenteilige Beobachtung. In ihren Ausführungen sind Korrelationen zwischen Dorsalwandwinkel und den Längenmaßen Dorsalwand und Diagonale negativ korreliert, was dem Ergebnis von ANACKER und GERNAND (2006) entspricht, jedoch weist eine flache Klaue größere Härte auf. Eine aktuelle Untersuchung von LAMBERTZ et al. (2014) zeigt Zusammenhänge zwischen Klauenparametern und Moderhinke-Anfälligkeit auf. Die Ergebnisse aus dieser Untersuchung zeigen, dass eine kurze Diagonale und ein steiler Dorsalwandwinkel Moderhinke-Anfälligkeit begünstigen.

ERLEWEIN (2003) gibt an, dass die Klauenparameter Härte, Dorsalwandwinkel und Diagonalenlänge hoher Varianz unterliegen und dadurch für züchterische Verwendung geeignet sind. THOMS (2006) zeigt die Beziehung zwischen Moderhinke-Anfälligkeit und Klauenparametern auf, wobei sich sowohl Unterschiede in der Länge der Diagonale als auch des Dorsalwandwinkels zwischen gesunden und erkrankten Tieren zeigen. Die Längen der Diagonale und der Dorsalwand gesunder Schafe waren hierbei kürzer als jene der erkrankten.

Auf eine hohe Wiederholbarkeit (0,7-0,9) der Messung, welche auf hohe Genauigkeit schließen lässt, weist ERLEWEIN (2003) hin. Wiederholbarkeiten von $>0,8$ der Klauenparameter Dorsalwandlänge, Diagonalenlänge und Dorsalwandwinkel werden auch von BOELLING und POLLOTT (1998) beim Rind beschrieben. Die Beurteilung der Schweregrade von Moderhinke mittels eines Bewertungssystems nach EGERTON und ROBERTS (1971), welches in Kapitel 5.3 ausführlich behandelt wird, weist hohe Wiederholbarkeit auf (CONINGTON et al. 2008).

In Bezug auf die Haltungsform kommen BOELLING und POLLOTT (1998) zur Erkenntnis, dass der weiche Untergrund bei Weidehaltung dazu führt, dass sowohl die Dorsal- als auch die Diagonallänge zunimmt und der Dorsalwandwinkel gleichzeitig flach wird. Dies lässt sich durch mangelnde Abnützung des Klauenhorns bei weichem Untergrund erklären (BOELLING und POLLOTT 1998).

Das Alter der Tiere spielt eine große Rolle, sowohl für Klauenform als auch im Moderhinke-Auftreten. Im Bereich der Rinderzucht wurde der Einfluss des Alters auf Klauenparameter von ANACKER und GERNAND (2006) als signifikant bezeichnet, auch BOELLING und POLLOTT (1998) beschreiben einen Einfluss des Alters auf die Klauenmaße Dorsalwandlänge und Diagonale. Weiter stellen BOELLING und POLLOTT (1998) fest, dass bei Milchkühen mit steigendem Alter

Lahmheit von größerer Bedeutung ist als bei jungen Tieren. Diese erhöhte Neigung zu Lahmheit stellten auch KALER et al. (2010) bei Mutterschafen fest. Eine wichtige Beziehung besteht zwischen den Faktoren Alter und Gewicht, da mit zunehmendem Alter auch das Körpergewicht der Tiere steigt, welches wiederum Einfluss auf die Klauenform der Tiere hat (ERLEWEIN 2003). RAADSMA und DHUNGYEL (2013) sprechen hierbei von einer erhöhten Prädisposition schwerer Tiere gegenüber Moderhinke.

Die genannten Untersuchungen zeigen, dass die Erhebung von Klauenparametern ein geeignetes Mittel darstellt, um auf Lahmheitsanfälligkeit bzw. Moderhinke-Anfälligkeit der Tiere zu schließen. Auch RAADSMA und CONINGTON (2011) erwähnen das große Potenzial der Moderhinke-Kontrolle auf genetischer Basis, jedoch herrscht nach wie vor ein Mangel an verfügbaren Felddaten, um dies hinlänglich zu beweisen. Durch die im folgenden Kapitel beschriebene Erhebung soll dieser Mangel, zumindest teilweise, behoben werden.

6 Material und Methode

6.1 Datenerhebung: Tiere und Zeitablauf

Die Datenerhebung erfolgte als Feldprüfung auf insgesamt fünf Betrieben. Die ausgewählten Betriebe nehmen am Hauser Kaibling Almlammprojekt teil, welches im Jahr 2008 ins Leben gerufen wurde (GUGGENBERGER et al. 2014). Da es Unterschiede in der Anfälligkeit gegenüber Moderhinke zwischen Rassen gibt (ERLEWEIN 2003), konzentriert sich diese Arbeit auf die Rassen Tiroler Bergschaf und Braunes Bergschaf. Das Tiroler Bergschaf ist die zahlenmäßig bedeutendste Schafrasse in Österreich (ÖBSZ 2015). Das Braune Bergschaf entstand aus dem Tiroler Bergschaf durch die Nachfrage nach brauner Wolle. Seit 1977 gilt das Braune Bergschaf als eigenständige Rasse. Sowohl das Braune als auch das Tiroler Bergschaf gilt als alptüchtig und als widerstandsfähig gegenüber hochalpinem Klima (RINGDORFER et al. 2009). Im Zuge der Erhebung wurden insgesamt 209 Mutterschafe untersucht.

Die Betriebe wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- ❖ Rasse: Tiroler und/oder Braunes Bergschaf
- ❖ Mindestgröße 15 Mutterschafe pro Betrieb
- ❖ Moderhinke tritt laut Betriebsführer im Bestand auf
- ❖ Haltung der Tiere im Winter auf Tiefstreu
- ❖ Alpung der Tiere am Hauser Kaibling
- ❖ Betriebsführer erklärt sich bereit, an Erhebung teilzunehmen

Für die Erhebung wurden ausschließlich Mutterschafe herangezogen, welche zumindest einmal gelammt haben und auch zur Alpung am Hauser Kaibling vorgesehen waren. Die Übertragung der Moderhinke erfolgt meist von Mutterschaf auf das Lamm und Mutterschafe verbleiben üblicherweise wesentlich länger am Betrieb als ein Großteil der geborenen Lämmer. Untersuchungen von BURKE und PARKER (2007) zeigen, dass Moderhinke bei Lämmern weniger häufig vorkommt als bei erwachsenen Tieren und eine Behandlung der Lämmer größere Wirkung zeigt. Daher liegt der Fokus dieser Arbeit auf Mutterschafen. Mögliche geschlechtsspezifische Unterschiede können somit ausgeschlossen werden.

Es können zwei zeitlich getrennte Abschnitte für die Erhebung unterteilt werden. Der erste Teil der Erhebung erfolgte im April 2016 am jeweiligen Heimbetrieb. Der genaue Zeitpunkt der Erhebung sowie die Anzahl an Schafen sind in Tabelle 2 ersichtlich. Bei dieser ersten Datenerfassung wurden die Klauenparameter Diagonalenlänge, Dorsalwandwinkel, Dorsalwandlänge sowie Klauenhärte erfasst. Die Parameter wurden unmittelbar nach der Klauenpflege, welche vom Besitzer der Tiere durchgeführt wurde, erhoben. Zusätzlich zu den klauenbezogenen Informationen wurden Daten wie: Versuchstiernummer (fortlaufend), Betrieb, Rasse (Tiroler oder Braunes Bergschaf), Lebensnummer des Tieres, Geburtsdatum bzw. Geburtsmonat und Geburtsjahr sowie, wenn möglich Laktationsnummer, Erstlammalter sowie Wurfgröße der aktuellsten Lammung erhoben.

Tab. 2 Zeitpunkte der Klauenmaße-Erhebungen und Anzahl der untersuchten Bergschafe

Datum	Betrieb	Anzahl Tiere (n)	
		Tiroler Bergschaf	Braunes Bergschaf
01.04.2016	A	36	28
02.04.2016	A	21	25
05.04.2016	B	15	3
18.04.2016	C	10	2
18.04.2016	D	0	18
18.04.2016	E	20	0
19.04.2016	E	31	0
	Summe	133	76

Der zweite Teil der Erhebung fand während der Almsaison von Juni bis September 2016 statt und hatte zum Ziel, den Krankheitsstatus der einzelnen Tiere zu erheben. Die Moderhinke wurde dabei in unterschiedliche Schweregrade unterteilt (siehe Abschnitt 5.3). Der Zeitablauf der einzelnen Erhebungsschritte, sowie deren theoretische Aufbereitung, sind in Abbildung 6 dargestellt.

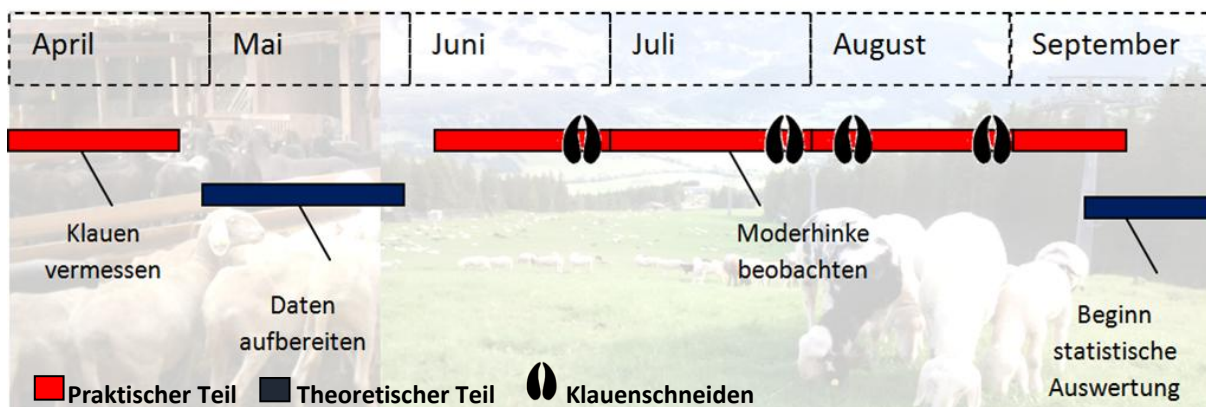


Abb. 6 Zeitablauf Erhebungsschritte

Voraussetzung für die Erhebung von Klauenmaßen und Moderhinke Schweregraden ist das Auftreten von Moderhinke in den untersuchten Herden. Laut Auskunft der Betriebsleiter im Vorfeld der Untersuchungen ist das Auftreten der Moderhinke im Bestand, vor allem im Laufe der Almsaison, sehr wahrscheinlich. Insgesamt wurden im Sommer 2016 720 Schafe am Hauser Kaibling gealpt. Die Schafe waren denselben Umweltbedingungen und somit auch demselben Krankheitsdruck ausgesetzt. Durch hohe Niederschlagsmengen wurde die Übertragung von Krankheitserregern begünstigt. Die Tiere waren somit insgesamt einem hohen Infektionsrisiko ausgesetzt.

Laut § 12 Abs. 1 Tierärztegesetz obliegt Untersuchung und Behandlung von Tieren der Befugnis von anerkannten Tierärzten (BUNDESKANZLERAMT RECHTSINFORMATIONSSYSTEM 2016). Die im Zuge der Verfassung dieser Arbeit durchgeführte Erhebung der Moderhinke stellt daher lediglich eine Beobachtung dar und wird nicht als Untersuchung bezeichnet.

Die Feststellung der Moderhinke wird durch, in Kapitel 3.2 beschriebene, Anzeichen durchgeführt. Zusätzlich werden weitere Klauenerkrankungen, welche im Zuge der Almhaltung beobachtet werden konnten, miteinbezogen. Ein Nachteil, der sich durch die relativ begrenzte Zeitspanne der empirischen Erhebung ergibt, ist der Mangel an Information über die bisherige Krankheitsgeschichte der Tiere.

6.2 Klauenparameter

Die Variation der Schafklauen zwischen unterschiedlichen Rassen und innerhalb derselben Rasse ist groß. Diese Variation bezieht sich sowohl auf unterschiedliche Klauenmaße als auch auf Klauenhärte (WINTER 2004). Daher wurden im April 2016, in Anlehnung an ERLEWEIN (2003) und THOMS (2006), folgende Klauenmaße an der lateralen Klaue aller vier Gliedmaßen, wie in Abbildung 7 illustriert, erfasst:

Diagonalenlänge (mm): Entfernung zwischen Übergang der Haut zum Ballenhorn bis zur Klauenspitze.

Dorsalwandlänge (mm): Abstand vom Kronsaum bis zur Klauenspitze.

Dorsalwandwinkel (Grad): Winkel zwischen Dorsalwand und Sohlenfläche, d.h. Winkel der Klauenspitze.

Klauenhärte (Shore D): durch Anlegen eines Härtemessgerätes wird eine Messung an der seitlichen Klauenwand durchgeführt.

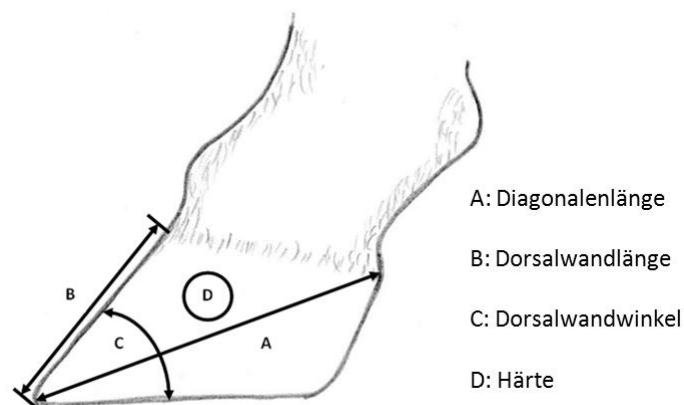


Abb. 7 Klauenparameter
Quelle: eigene Darstellung nach DISTL (1995)

Um die Handhabung der Tiere einfacher zu gestalten, wurde ein Fang- und Behandlungsstand für Schafe der Firma Patura KG verwendet. Wenn dieser nicht bereits auf den Erhebungsbetrieben vorhanden war, wurde ein vom Steirischen Schaf- und Ziegenzuchtverband zur Verfügung gestellter Fang- und Behandlungsstand am telefonisch fixierten Erhebungstermin mitgebracht.



Abb. 8 Fang- und Behandlungsstand

Die Klauenmaße Diagonalenlänge und Dorsalwandlänge wurden in Form einer einmaligen Messung mittels einer handelsüblichen Schublehre ermittelt. Für die Erhebung des Dorsalwandwinkels wurde ein Winkelmesser verwendet. Beide Geräte verfügen über eine digitale Anzeige um einerseits die Exaktheit der Messung zu erhöhen, andererseits um den zeitlichen Aufwand der Erhebung so gering wie möglich zu halten. Zur Härtemessung wurde ein handelsübliches Härtemessgerät (Durometer) der Firma PCE Instruments (PCE-DD) nach ÖNORM EN ISO 868 verwendet, welches nach dem Prinzip der Kegeleindringtiefenmessung funktioniert. Der Durchmesser der Auflagefläche des verwendeten Härtemessgerätes beträgt 18 mm und entspricht damit in etwa der Größe einer 10 Euro Cent Münze. Die verwendeten Instrumente sind in Abbildung 8 dargestellt. Da eine ebene Auflagefläche vorhanden sein muss und Klauen während der Stallhaltung häufig mit Kot bedeckt sind, wurde die Klauenwand zuvor mit einer Drahtstahlbürste trocken gereinigt. Zusätzlich wurden die verwendeten Messinstrumente, vor allem nach Kontakt mit erkrankten Klauen, mit Desinfektionstüchern gereinigt, um eine Übertragung zwischen den Tieren zu verhindern.

Aufgrund der notwendigen Anpassung des Zeitbedarfes der Messung an das Tempo des Klauenschneidens konnten nicht, wie ursprünglich geplant, sowohl die mediale als auch die laterale Klaue aller Gliedmaßen vermessen werden. Da der Bezug zwischen Moderhinke-Auftreten und Klauenparametern nur gezogen werden kann, wenn für alle vier Gliedmaßen Messwerte vorliegen, wurde auf die jeweilige Innenklaue und nicht auf das Vermessen von Gliedmaßen, verzichtet. Untersuchungen von Rinderklauen zeigen, dass zwischen beiden Klauen einer Gliedmaße im Durchschnitt nur geringfügige Unterschiede auftreten (BOELLING und POLLOTT 1998).



Abb. 9 Messinstrumente zur Erhebung der Klauenmaße (von re. nach li.: Schublehre, Winkelmesser, Härtemessgerät)

Zur Abschätzung des zeitlichen Aufwandes sowie zu Übungszwecken wurde am 23.11.2015 eine Probeerhebung an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein durchgeführt. Dabei wurden alle vier Klauenmaße in einer Testsituation erhoben und die dafür benötigte Zeit gestoppt.

6.3 Schweregrade von Moderhinke

Moderhinke kann aufgrund ihrer in Kapitel 3.2 beschriebenen klinischen Anzeichen relativ sicher erhoben werden, ohne der Notwendigkeit eines Erregernachweises (BEHRENS 2001; STEWART 1989). Sie kann in unterschiedliche Schweregrade unterteilt werden. Der Krankheitsverlauf ist gleichbleibend, jedoch erreicht nicht jedes Tier die schwerwiegendste Form der Moderhinke, wobei es zum Ablösen des Horns von der Lederhaut der Klaue kommt (WINKELMANN 1995). Der Schweregrad der Erkrankung hängt teilweise davon ab, welcher Stamm des *D. nodosus* vorkommt (SARGISON 2008). Danach richtet sich, ob es zur gutartigen, intermediären oder bösartigen Form der Moderhinke kommt.

Um Epidemiologie, Behandlung und Kontrolle von Moderhinke richtig einzuschätzen und durchzuführen ist es wichtig, zwischen Schweregraden der Erkrankung zu differenzieren (WHITTINGTON und NICHOLLS 1995). RAADSMA und CONINGTON (2011) empfehlen für Felderhebungen eine Skalierung zwischen 0 und 4. Dabei beschreibt 0 einen gesunden Klauenzustand, während Werte von 1 bis 4 den Schweregrad, wie in Tabelle 3 ersichtlich, darstellen. Daher werden im Zuge der Erhebung der Moderhinke die beschriebenen vier Moderhinke-Schweregrade, nach EGERTON und ROBERTS (1971), unterschieden.

Tab. 3 Differenzierung der Moderhinke in vier Schweregrade
 Quelle: eigene Darstellung nach EGERTON und ROBERTS (1971)

Schweregrad	Klinische Anzeichen
0	Gesunde Klaue
1	Gerötete Zwischenklauenhaut
2	Entzündung der Zwischenklauenhaut
3	Unterlaufen (Abheben) des Horns an Sohle und Ballen
4	Unterlaufen (Abheben) des Horns bis zur Klauenspitze und Übergreifen auf die Klauenwand

Die Verwendung der in Tabelle 3 beschriebenen Schweregrade wird sowohl von RAADSMA und CONINGTON (2011) als auch von CONINGTON et al. (2008) als eine zuverlässige Methode beschrieben, da die Wiederholbarkeit der Erhebung sehr hoch (> 0,9) ist. Auch der Zeitpunkt der Erhebung spielt eine nicht unwesentliche Rolle. NIEUWHOF et al. (2008) empfehlen daher die Erhebung zu Beginn des Zeitraumes, in der die Moderhinke-Prävalenz am stärksten ist, durchzuführen. Im Fall der untersuchten Betriebe ist der Infektionsdruck zum Zeitpunkt der Almhaltung, durch den Kontakt vieler Schafe von unterschiedlichen Betrieben, sehr hoch. Daher wurde als Zeitraum der Erhebung die Almsaison, von Juni bis September, gewählt.

Um aussagekräftige Bewertungen der Moderhinke auf Einzeltierbasis zu ermöglichen, sind zumindest zwei Inspektionen notwendig. Diese sollen in einem Zeitabstand von mindestens drei Wochen während eines Krankheitsausbruchs durchgeführt werden (RAADSMA und CONINGTON 2011; RAADSMA und DHUNGYEL 2013). Bei EGERTON (2007) finden sich Angaben zur Inkubationszeit von zehn bis 14 Tagen, vorausgesetzt Umweltfaktoren liegen im Optimum, d.h. hohe Luftfeuchtigkeit und Temperaturen über 10 Grad Celsius. Die Erhebung der Moderhinke erfolgte aus diesem Grund im Zuge der vier Termine an denen die Klauenpflege erfolgte (siehe Abbildung 6). Diese wurden Ende Juni, Ende Juli sowie Ende August angesetzt. Zusätzlich wurden im Laufe der gesamten Almsaison lahme Tiere erfasst und mit Blauspray der Marke Cyclo-Spray (Wirkstoff: Chlortetracyclinhydrochlorid) desinfiziert. Eine regelmäßige Beobachtung und Kontrolle der Schafe war für eine lückenlose Erfassung kranker Tiere unerlässlich. Im Hinblick auf eventuelle Resistenzen der Tiere sind regelmäßige Kontrollen durchzuführen, denn um Resistenzen richtig einschätzen zu können, sind wiederholte Bewertungen des Moderhinke-Status notwendig (RAADSMA und CONINGTON 2011).

Die in Kapitel 6.2 und 6.3 beschriebenen Daten beider Erhebungen wurden anschließend in Microsoft Excel zusammengefasst und statistisch ausgewertet.

6.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der gesammelten Daten erfolgte mit dem Programm SAS[®] 9.4 (2013, Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

24 Schafe mussten aus den statistischen Berechnungen ausgeschlossen werden, da diese nicht gealpt wurden und somit kein Moderhinke-Status erhoben werden konnte. Zusätzlich

verendeten vier Versuchstiere im Laufe der Almsaison und ein Mutterschaf wurde frühzeitig von der Alm abgetrieben. Daher mussten insgesamt 29 Tiere, deren Klauen bereits vermessen wurden, aus der Berechnung ausgeschlossen werden. Unter Berücksichtigung dieser Ausfälle, ergibt sich folgende Datenstruktur:

Tab. 4 Datenstruktur Betriebe und Rassen

Betrieb	Braunes Bergschaf	Tiroler Bergschaf	Summe
A	50	49	99
B	1	14	15
C	2	9	11
D	12	0	12
E	0	43	43
Summe	65	115	180

Eine gewünschte balancierte Datenstruktur ist durch die Erhebung im Feld nur schwer realisierbar. Der Grund dafür liegt in den großen Unterschieden der Betriebsgröße und dem Verhältnis zwischen den Rassen, welches in dieser Erhebung nicht beeinflussbar war.

Die statistische Auswertung der Klauenmaße beinhaltet die Ermittlung von Mittelwerten sowie Standardabweichung, Minimum und Maximum der einzelnen Parameter mittels SAS-Prozedur MEANS. Zusätzlich wurden die Klauenparameter auf mögliche Unterschiede zwischen den Betrieben, den Rassen, den Altersgruppen und den Gewichtsklassen getestet. Für diese Auswertung wurde die Prozedur MIXED angewandt. Die Moderhinkeprävalenz innerhalb der Betriebe, Rassen, Alters- und Gewichtsklassen sowie die Verteilung der Schweregrade (0-4) wurde mittels Prozedur FREQ ermittelt, um eine Übersicht über die erhobenen Daten zu gewinnen.

Im Zuge der Erhebung wurden Mutterschafe verschiedener Altersstufen beobachtet. Um diese statistisch sinnvoll zu nutzen, wurden drei Altersgruppen gebildet. So wurden Tiere, die in den Jahren 2007 bis 2009 geboren wurden der Altersgruppe „alt“, jene die 2010 bis 2012 geboren wurden der Altersgruppe „mittel“ und jene Schafe die in den Jahren 2013 bis 2015 geboren wurden der Altersgruppe „jung“ zugeteilt. Auch das beim Auftrieb der Schafe erhobene Gewicht war sehr unterschiedlich. So wog das leichteste Mutterschaf lediglich 44,8 kg und das schwerste 113,5 kg. Aus diesem Grund wurden auch für das Auftriebsgewicht Kategorien gebildet. Hierbei wurden Schafe bis 64,9 kg als „leicht“, zwischen 65 und 89,9 kg als „mittel“ und zwischen 90 und 113,5 kg als „schwer“ eingestuft.

Kernstück der statistischen Auswertung ist die Ermittlung von Beziehungen zwischen Klauenparametern und Moderhinke unter Berücksichtigung der Effekte Betrieb, Rasse, Alter und Gewicht beim Almauftrieb. Die erhobenen Daten Laktationsnummer, Erstlammalter und Wurfgröße der aktuellsten Lammung wurden aufgrund mangelnder Aufzeichnungen der Produktionsbetriebe nicht in das Modell aufgenommen.

Zur Ermittlung der Beziehung zwischen Klauenparametern und Moderhinke wurden drei Prozeduren verwendet, welche in Tabelle 5 dargestellt sind.

Tab. 5 Beschreibung verwendeter Prozeduren

Quelle: eigene Darstellung nach MUNZERT (2015); SAS INSTITUTE INC. (2008a) und (SAS INSTITUTE INC. (2008b)

Prozedur	proc mixed	proc glimmix	proc genmod
Modell	Gemischtes lineares Modell (MM)	Generalisiertes lineares gemischtes Modell (GLMM)	Einfaches generalisiertes lineares Modell (GLM)
Verteilung der abhängigen Variable	multinomial (Y=0,...4)	multinomial (Y=0,...4)	binomial (Y=0,1)
Signifikanztest	F-Test	t-Test	Chi ² -Test
Effekte	zufällige und fixe	zufällige und fixe	fixe
Wiederholte Messungen	geeignet	geeignet	ungeeignet

Die SAS Prozedur GLIMMIX basiert auf einem generalisierten linearen gemischten Modell (GLMM) und stellt eine Erweiterung der Prozedur MIXED dar (ENE et al. 2011). Als abhängige Variable werden in diesem Modell die Moderhinke-Schweregrade verwendet, wobei 0 gesunde Klauen bzw. keine Beobachtung beschreibt und die Werte 1 bis 4 die in Kapitel 6.3 beschriebenen Schweregrade. Da durch die Erhebung der Klauenmaße an allen vier Gliedmaßen eine Mehrfachmessung gegeben ist, sind Mixed Models anzuwenden. Im Gegensatz zur Prozedur MIXED ist die Prozedur GLIMMIX für nicht normalverteilte Daten anwendbar und für korrelierte Variablen gut geeignet (ENE et al. 2011). Da die Moderhinke-Schweregrade nicht normalverteilt vorliegen und Korrelationen zwischen den Variablen zu erwarten sind, wird die Prozedur GLIMMIX verwendet. Teststatistik und p-Werte werden in diesem Modell einer asymptotischen Normalverteilung unterstellt (SCHULTZE-PAWLITSCHKO und KERSTING). Die Hypothesentestung erfolgt durch die t-Verteilung (SAS INSTITUTE INC. 2008a).

Die SAS Prozedur MIXED wird zur Berechnung gemischter linearer Modelle verwendet (SAS INSTITUTE INC. 2008b). Die abhängigen Variablen sind, wie für Prozedur GLIMMIX beschrieben, die Moderhinke-Schweregrade. Die Prozedur MIXED setzt normalverteilte Daten voraus (ENE et al. 2011). Der Test der Hypothese erfolgt bei dieser Prozedur durch die F-Verteilung (SAS INSTITUTE INC. 2008b). Die Prozedur MIXED wurde in diesem Fall gewählt, da die Prozedur GLIMMIX für das verwendete Modell nicht konvergierte und damit keine Ergebnisse lieferte.

Den beiden oben beschriebenen Prozeduren GLIMMIX und MIXED liegt folgendes Modell zugrunde:

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + R_j + A_k + G_l + \beta_1 * x_1 + T_m(B_i) + \varepsilon_{ijklm} \quad (\text{Modell 1})$$

- Y_{ijklm} Moderhinke-Status
 μ gemeinsame Konstante (Intercept)
 B_i fixer Effekt des Betriebes (i= A, B, C, D, E)
 R_j fixer Effekt der Rasse (i= TB, BB)

A_k	fixer Effekt des Alters (k= alt, mittel, jung)
G_l	fixer Effekt des Gewichtes (l= schwer, mittel, leicht)
β_1	Regressionskoeffizient
x_1	Klauenmaß
$T_m(B_i)$	zufälliger Effekt des Tieres genestet im Betrieb
ε_{ijklm}	Residuen

Dieses Modell besteht aus einer abhängigen Variable Y, welche den Moderhinke-Status beschreibt. Der abhängigen Variable stehen fixe Effekte des Betriebes i, der Rasse j, der Altersgruppe k und der Gewichtsklasse l gegenüber. Zusätzlich stellt das Tier m genestet in Betrieb i einen zufälligen Effekt dar. Als Kovariable wird jeweils ein Klauenmaß (x= Härte, Diagonalenlänge, Dorsalwandlänge, Dorsalwandwinkel) herangezogen und ein Regressionskoeffizient geschätzt.

Die SAS Prozedur GENMOD wird für einfache generalisierte lineare Modelle (GLM) verwendet. Dieses Modell beschreibt den Effekt einer unabhängigen (erklärenden) Variablen auf eine abhängige (erklärte) Variable. Zur anschaulichen Darstellung und Miteinbeziehung aller aufgetretenen Klauenkrankheiten erhielt die abhängige Variable einen binomialen Charakter. Für die Auswertung des Moderhinke-Auftretens wurden die Schweregrade eins bis vier zur Variable Gesundheitsstatus=1=krank umgewandelt, zusätzlich wurden die Klauenkrankheiten Panaritium (fünf Beobachtungen) sowie Hohle Wand (acht Beobachtungen) miteinbezogen. Gesunde Tiere bzw. Tiere für die keine Beobachtungen vorliegen tragen den Wert Gesundheitsstatus=0. Die Hypothesentestung erfolgt bei Anwendung der Prozedur GENMOD durch die Chi²-Verteilung (SAS INSTITUTE INC. 2008a). Da die Klauenmaße an vier verschiedenen Gliedmaßen erhoben wurden, wird jeweils deren Mittelwert in das Modell eingebracht, somit steht pro Tier nur ein Wert für die Parameter Härte, Dorsalwandlänge, Dorsalwandwinkel und Diagonalenlänge zur Verfügung.

Unter Bezugnahme aller im Erhebungszeitraum aufgetretenen Klauenkrankheiten, wurde der Gesundheitsstatus auf Tierbasis betrachtet. Der Effekt des Betriebes, der Rasse, des Alters sowie des Gewichtes wurden bei der Ermittlung der Regressionskoeffizienten der Klauenmaße als fixe Effekte berücksichtigt, wie in Modell 2 dargestellt.

$$Y_{ijklm} = \mu + B_i + R_j + A_k + G_l + \beta_1 * x_1 + \varepsilon_{ijklm} \quad (\text{Modell 2})$$

Y_{ijklm}	Gesundheitsstatus des Tieres $Y = \ln[p/1-p]$ wobei p= Wahrscheinlichkeit eine Tieres an Moderhinke zu erkranken
μ	gemeinsame Konstante (Intercept)
B_i	fixer Effekt des Betriebes (i= A, B, C, D, E)
R_j	fixer Effekt der Rasse (i= TB, BB)
A_k	fixer Effekt des Alters (k= alt, mittel, jung)
G_l	fixer Effekt des Gewichtes (l= schwer, mittel, leicht)
β_1	Regressionskoeffizient
x_1	Klauenmaß (Mittelwerte aus allen vier Gliedmaßen)
ε_{ijklm}	Residuen

Modell 2 enthält, wie auch Modell 1, Betrieb, Rasse, Alter und Gewicht als fixe Effekte. Für jedes der vier Klauenmaße wird ein Regressionskoeffizient ermittelt. Die Klauenmaße wurden nicht gemeinsam in das Modell aufgenommen, weil sie stark miteinander korrelieren bzw. die Modelle mit einzelner Berücksichtigung der Klauenmaße zu geringeren AIC Werten führten und damit genauere Schätzer ergaben.

Zur Interpretation der statistischen Testverfahren wird für alle Prozeduren eine Alpha-Schranke von 5% ($\alpha=0,05$) unterstellt.

7 Ergebnisse

Die Ergebnisse der beschriebenen statistischen Auswertung beinhalten eine Übersicht über die erhobenen Klauenmaße sowie der beobachteten Klauenkrankheiten. Zusätzlich wird der Einfluss von bestimmten Korrekturfaktoren beschrieben. Kapitel 7.1 und 7.2 beziehen sich auf die im Zuge der Erhebung gesammelten Rohdaten. Im Kapitel 7.3 werden die Zusammenhänge zwischen Klauenmaßen und Klauenkrankheit geprüft.

7.1 Klauenmaße

Die Klauenmaße Härte, Diagonalenlänge, Dorsalwandlänge und Dorsalwandwinkel werden in Tabelle 6 als Mittelwerte der einzelnen Gliedmaßen illustriert. Zusätzlich geben Standardabweichung sowie Minimum- und Maximumwerte einen Überblick über die erhobenen Daten.

Tab. 6 Übersicht über Mittelwerte, Standardabweichung (SD), Minimum und Maximum der Klauenmaße (n=180)

Klauenmaß	Gliedmaße	Mittelwert	SD	Min	Max
Härte (Shore D)	Vorne rechts	55,8	7,1	39,0	76,0
	Vorne links	56,7	7,6	31,5	78,0
	Hinten rechts	53,4	6,9	34,0	76,0
	Hinten links	52,7	6,9	33,5	69,5
Diagonale (mm)	Vorne rechts	65,9	3,6	54,5	79,0
	Vorne links	66,0	3,7	55,6	74,9
	Hinten rechts	62,3	3,4	53,2	74,1
	Hinten links	62,0	3,4	53,0	72,5
Dorsallänge (mm)	Vorne rechts	35,7	3,0	26,0	43,8
	Vorne links	35,8	3,1	27,6	44,5
	Hinten rechts	35,0	2,8	27,5	43,9
	Hinten links	35,0	2,8	28,3	43,9
Dorsalwinkel (Grad)	Vorne rechts	56,7	4,6	45,0	69,0
	Vorne links	59,2	4,8	44,0	73,0
	Hinten rechts	53,7	4,1	40,0	66,0
	Hinten links	56,2	4,0	46,0	68,0

Wie aus Tabelle 6 ersichtlich, ergeben sich für den Klauenparameter Härte Mittelwerte im Bereich 52,7 bis 56,7 Shore D zwischen den vier Gliedmaßen. Die Spannweite zwischen Minimum und Maximum liegt bei 46,5 Shore D.

Die mittlere Diagonalenlänge liegt zwischen 62 und 66 mm mit einer Standardabweichung im Bereich von 3,4 bis 3,7 mm. Die Mindestlänge liegt bei 53 mm und die größte Messung bei 79 mm.

Der Parameter Dorsalwandlänge der Schafe nimmt Mittelwerte zwischen 35 und 35,8 mm ein mit verhältnismäßig niedrigen Standardabweichungen. Das Minimum der Werte ist 26 mm, das Maximum 44,5 mm.

Das Dorsalwandwinkel-Mittel liegt zwischen 53,7 und 59,2 Grad, die Messwerte bewegen sich zwischen 40 und 73 Grad.

Tab. 7 Phänotypische Korrelationen zwischen den Klauenmaßen

Klauenmaß	Härte	Diagonale	Dorsallänge	Dorsalwinkel
Härte	1	0,21 p<0,0001	0,16 p<0,0001	0,007 p=0,8419
Diagonale		1	0,49 p<0,0001	0,07 p=0,0538
Dorsallänge			1	-0,15 p<0,0001
Dorsalwinkel				1

Die Klauenmaße korrelieren unterschiedlich stark miteinander. Der Dorsalwandwinkel zeigt eine leicht negative Korrelation ($r=-0,15$) mit der Dorsalwandlänge, d.h. je länger die Dorsalwand, umso flacher der Dorsalwandwinkel. Die Beziehung zwischen Dorsalwandwinkel und Diagonale ist niedrig ($r=0,07$) und zwischen Dorsalwandwinkel und Härte bestehen keine nennenswerten Zusammenhänge ($r=0,007$). Zwischen Härte und Dorsalwandlänge besteht ein loser Zusammenhang ($r=0,16$) während Härte und Diagonale moderat korrelieren ($r=0,21$). Die engste Beziehung findet sich zwischen den Längenmaßen Diagonale und Dorsalwandlänge ($r=0,49$), d.h. mit zunehmender Dorsalwandlänge wächst auch die Länge der Diagonale. Der Grund, warum sowohl die Korrelationen zwischen Dorsalwinkel und Härte als auch zwischen Dorsalwinkel und Diagonale nicht signifikant sind, ist die kleine Stichprobengröße und der niedrige Wert der Korrelation zwischen diesen Klauenmaßen.

Da Alter, Gewicht, Rasse und Betrieb nach KALER et al. (2010), THOMS (2006), ERLEWEIN (2003) sowie RAADSMA und CONINGTON (2011) auch auf das Auftreten von Moderhinke einwirken, wurden in weiterer Folge diese fixen Effekte in der Berechnung der Zusammenhänge zwischen Klauenmaßen und Gesundheitsstatus bzw. Moderhinkestatus im Modell als Korrekturfaktoren berücksichtigt.

7.2 Prävalenz und Schweregrade der Moderhinke und des Gesundheitsstatus

Über den gesamten Erhebungszeitraum von 11. Juni 2016 bis 16. September 2016 konnten lahme Tiere beobachtet werden. Insgesamt wurden für 36 Schafe Klauenkrankheiten festgestellt, das entspricht einem prozentuellen Anteil kranker Schafe von 20%. Die beobachteten Klauenkrankheiten gliedern sich in 64% Moderhinke, 22% Hohle Wand und 14% Panaritium. Da Moderhinke den größten Anteil an beobachteten Klauenerkrankungen einnimmt, wird im folgenden Abschnitt die Verteilung dieser, unter Berücksichtigung der vier Schweregrade, beschrieben.

Das Auftreten von Moderhinke nach Gliedmaße, Betrieb sowie Rasse in unterschiedlichen Schweregraden gibt Tabelle 8 wieder. Da der Verlauf der Moderhinke, wie in Kapitel 3.2

ersichtlich, immer mit einer Entzündung des Zwischenklauenspaltes beginnt und eine klare Verlaufsform aufweist, fließen die Werte zwei bis vier in den Schweregrad eins mit ein.

Tab. 8 Häufigkeit (%) von Moderhinke nach Gliedmaße, Betrieb und Rasse (1= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 1 oder höher, 2= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 2 oder höher, 3= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 3 oder höher, 4= Häufigkeit von Moderhinke Schweregrad 4)

Faktor	Moderhinke	1	2	3	4
Gliedmaße	Vorne rechts	8,9	5,6	3,3	1,1
	Vorne links	5,6	3,3	2,2	1,1
	Hinten rechts	2,8	2,2	1,7	0,0
	Hinten links	5,6	3,3	2,2	2,2
Betrieb	A	5,1	3,5	2,0	1,5
	B	15,0	11,7	10,0	1,7
	C	6,8	4,5	4,5	2,3
	D	0,0	0,0	0,0	0,0
	E	5,2	1,7	0,6	0,0
Rasse	TB	7,7	4,7	3,3	1,4
	BB	3,2	2,4	1,2	0,8

Prüft man die in Tabelle 8 genannten Faktoren unabhängig voneinander auf ihren Einfluss auf das Moderhinke-Auftreten, dann sind Unterschiede zwischen den vier Gliedmaßen zufällig bedingt ($p=0,869$). Auch zwischen den Vorder- und Hinterextremitäten ist der Unterschied im Auftreten von Moderhinke nicht signifikant. Bezug nehmend auf die dargestellt kumulierte Häufigkeit, wurde an der rechten Vordergliedmaße am häufigsten Moderhinke beobachtet, an der rechten Hintergliedmaße am seltensten. Tabelle 8 zeigt, dass lediglich ein kleiner Teil der Tiere tatsächlich an der schwersten Form der Moderhinke erkrankten, beim Großteil der erkrankten Tiere kommt es lediglich zu einer Entzündung des Zwischenklauenspaltes (Schweregrad 1).

Die Aufteilung nach Betrieben zeigt, dass es bei Betrieb B am häufigsten zu Moderhinke-Erkrankungen gekommen ist, während am Betrieb D keine Tiere erkrankten. Die prozentuelle Aufteilung zeigt, dass Schafe der Rasse Tiroler Bergschaf tendenziell häufiger an Moderhinke erkrankten, als Schafe der Rasse Braunes Bergschaf.

Da neben der Moderhinke auch zwei weitere Klauenkrankheiten beobachtet werden konnten, werden diese in Tabelle 9 in der Kategorie krank berücksichtigt. Hierbei wird der Gesundheitsstatus nicht, wie die Moderhinke, auf Klauenbasis behandelt, sondern auf Tierbasis. D.h. Mutterschafe, die an mindestens einer Klaue an Moderhinke, Hohle Wand oder Panaritium erkrankt sind, erhalten hierbei den Gesundheitsstatus krank. Tiere, für die keine Beobachtungen einer Klauenkrankheit vorliegen, den Gesundheitsstatus gesund.

Tab. 9 Verteilung gesunder und kranker Tiere nach Einflussfaktoren Betrieb, Rasse, Alter und Gewicht

Faktor		n	Gesundheitsstatus	
			Gesund in %	Krank in %
Betrieb	A	99	80,8	19,2
	B	15	73,3	26,7
	C	11	81,8	18,2
	D	12	100	0,0
	E	43	74,4	25,6
Rasse	TB	115	74,8	25,2
	BB	65	89,2	10,8
Altersgruppe	jung	78	84,0	16,0
	mittel	69	80,8	19,2
	alt	33	69,7	30,3
Gewichtsklasse	leicht	23	91,3	8,7
	mittel	115	74,8	25,2
	schwer	27	88,9	11,1

Tabelle 9 zeigt, dass sich die Betriebe im Bezug auf kranke und gesunde Tiere unterscheiden. Auffallend ist, dass bei Betrieb D kein Tier erkrankte. Bei den Betrieben B und E war mehr als ein Viertel der Tiere an Klauenkrankheiten erkrankt. Die Betriebe A und C nehmen mit knapp 20% eine Zwischenstellung ein.

Die Rasse zeigt Unterschiede zwischen Tiroler und Braunem Bergschaf. Aus der prozentuellen Aufteilung ist ersichtlich, dass Braune Bergschafe in geringerem Umfang an Klauenkrankheiten litten als Tiroler Bergschafe.

Den Einfluss des Alters auf das Auftreten von Klauenerkrankungen gibt Tabelle 9 wieder. Junge Schafe im Alter zwischen ein und drei Jahren sind seltener an Klauenkrankheiten erkrankt als alte Schafe, welche zwischen sieben und neun Jahren alt sind.

Nach der Gliederung in Gewichtsklassen zeigt die Gewichtsklasse „mittel“, mit über 25%, den größten Anteil kranker Schafe. Dieser Gruppe wurde auch der Großteil der Schafe zugeteilt, da dieser den Normalgewichtsbereich ausgewachsener Mutterschafe darstellt.

Zwischen dem Alter der Schafe und dem Gewicht besteht eine positive Korrelation (0,303). Es zeigt sich, dass mit zunehmendem Alter das Gewicht der Tiere steigt, ab einem Alter von sechs Jahren jedoch wieder leicht zu fallen beginnt.

Die Erkenntnisse aus Tabelle 9 werden in Abbildung 10 verdeutlicht. Hierbei ist der Anteil an kranken und gesunden Tieren nach Rassen, Betrieben, Altersgruppen und Gewichtsklassen dargestellt.

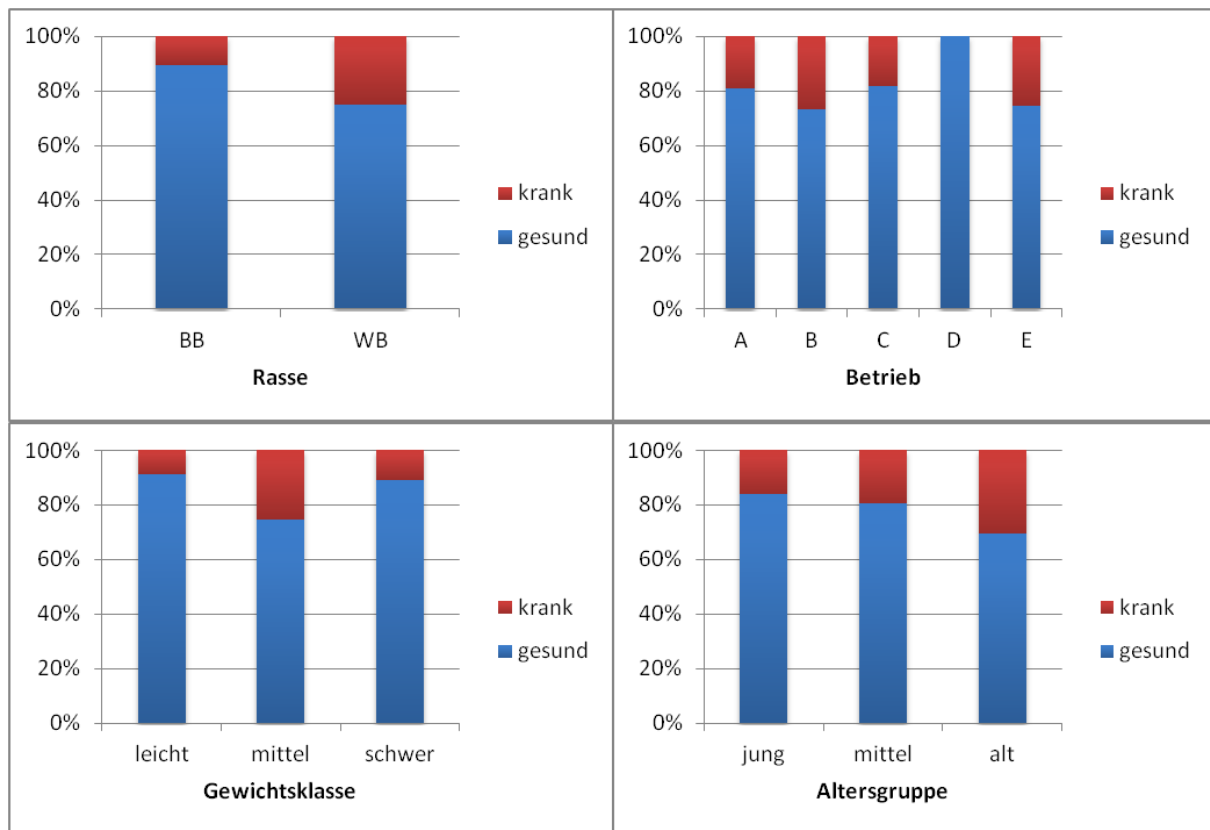


Abb. 10 Verteilung gesunder und kranker Schafe nach Betrieb, Rasse, Gewicht und Alter

7.3 Phänotypische Beziehungen zwischen Klauenmaßen und Moderhinke bzw. Gesundheitsstatus

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der Kapitel 7.1 und 7.2 miteinander verknüpft werden um so Beziehungen zwischen den erhobenen Klauenmaßen und dem Auftreten von Moderhinke festzustellen.

Zur Berechnung der Zusammenhänge zwischen Moderhinke-Schweregraden und Klauenmaßen wird Modell 1 herangezogen. Hierbei wird jeweils die laterale Klaue einer Gliedmaße betrachtet. So ergeben sich für jedes Tier jeweils vier wiederholte Messungen für jedes Klauenmaß. Nach Durchführung von Modell 1 für alle vier Klauenmaße erhält man in Tabelle 10 dargestellte p-Werte und Signifikanz.

Tab. 10 p-Werte und Signifikanz der fixen Effekte (Betrieb, Rasse, Alter, Gewicht) und der Klauenmaße nach Modell 1 (proc mixed) Regressionskoeffizient (x_1) der Klauenmaße

	Härte	Diagonale	Dorsallänge	Dorsalwinkel
Betrieb	0,0493 *	0,1133 n.s.	0,0603 n.s.	0,0473 *
Rasse	0,0933 n.s.	0,1935 n.s.	0,1215 n.s.	0,1145 n.s.
Alter	0,0611 n.s.	0,1036 n.s.	0,0688 n.s.	0,0548 n.s.
Gewicht	0,3292 n.s.	0,2938 n.s.	0,3424 n.s.	0,2818 n.s.
Klauenmaß	0,3570 n.s.	0,1515 n.s.	0,6172 n.s.	0,1823 n.s.
Regressionskoeffizient	-0,00317	0,009963	0,004499	-0,00714

Der Einfluss des Betriebes auf das Auftreten von Moderhinke ist bei Härte und Dorsalwinkel signifikant. Auch bei der Verwendung von Dorsallänge im Modell ist der Betrieb nahe an der 5%-Grenze für Signifikanz. Allen anderen fixen Effekten im Modell kann kein statistisch signifikanter Einfluss auf das Auftreten von Moderhinke nachgewiesen werden.

Das bedeutendste Ergebnis ist hierbei der Einfluss der vier Klauenmaße auf das Auftreten von Moderhinke. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Zusammenhänge zwischen Klauenmaßen und Moderhinke zufällig auftreten, liegt zwischen 15 und 62% und ist somit höher als die Alpha-Schranke von 5%. Die erhobenen Klauenmaße haben daher keinen signifikanten Einfluss auf Moderhinke.

Eine weitere Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen Klauenmaßen und Moderhinke darzustellen, bietet ein gespiegeltes Modell. Diese Vorgehensweise findet sich in der Studie von LAMBERTZ et al. (2014) wieder, welche den Ansatz verfolgt, dass Moderhinke Einfluss auf Klauenmaße hat. Das bedeutet, dass Moderhinke, neben Betrieb, Rasse, Alter und Gewichtsklasse, als fixer Effekt ins Modell einfließt und jeweils eines der Klauenmaße als abhängige Variable Y dient.

$$Y_{ijklmn} = \mu + B_i + R_j + A_k + G_l + M_m + T_n(B_i) + \varepsilon_{ijklmn} \quad (\text{Modell 3})$$

Y_{ijklmn}	Klauenmaß
μ	gemeinsame Konstante (Intercept)
B_i	fixer Effekt des Betriebes (i= A, B, C, D, E)
R_j	fixer Effekt der Rasse (j= TB, BB)
A_k	fixer Effekt des Alters (k= alt, mittel, jung)
G_l	fixer Effekt des Gewichtes (l= schwer, mittel, leicht)
M_m	fixer Effekt der Moderhinke (m=0, 1, 2, 3, 4)
$T_n(B_i)$	zufälliger Effekt des Tieres genestet im Betrieb
ε_{ijklmn}	Residuen

Tabelle 11 stellt die Least Square Means, deren Standardfehler und die Signifikanzniveaus für alle fixen Effekte im Modell dar. Für paarweise Vergleiche zwischen Betrieben, Rassen, Gewichts- und Altersgruppen als auch Moderhinke-Schweregraden wurde der Tukey-Kramer-Test angewandt.

Härte: Der Effekt Betrieb hat einen hoch signifikanten Einfluss ($p=0,006$) auf das Klauenmaße Härte. Die Betriebe A, B, C und E unterscheiden sich hierbei nicht signifikant voneinander, auch die Betriebe B, C und D sind bezüglich ihrer mittleren Härte gleich. Die beiden Rassen unterscheiden sich höchst signifikant ($p=0,0008$). Hierbei haben Tiroler Bergschafe signifikant größere Härte als Braune Bergschafe. Auch das Alter hat einen signifikanten Einfluss auf die Klauenhärte ($p=0,04$). Die Gruppe der vier bis sechs Jahre alten Schafe besitzen signifikant härtere Klauen als Schafe der Altersgruppen jung und alt. Der Einfluss des Gewichtes ist nicht signifikant ($p=0,41$). Die LS-Means zeigen, dass schwere Schafe über härtere Klauen verfügen als leichte. Moderhinke hat keinen signifikanten Einfluss auf dieses Klauenmaß ($p=0,46$). Es sind jedoch Tendenzen zugunsten harter Klauen erkennbar. Erkrankte Tiere hatten tendenziell weichere Klauen als gesunde.

Diagonalenlänge: Betrieb ($p < 0,0001$), Rasse ($p = 0,0006$) und Gewicht ($p < 0,0001$) haben höchst signifikanten Einfluss auf die Diagonalenlänge. Die Betriebe A, B und D unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Gleiches gilt für die Betriebe C und E. Tiroler und Braune Bergschafe unterscheiden sich hinsichtlich der Diagonalenlänge höchst signifikant und auch die Gewichtsklassen zeigen unterschiedliche Längen. Hierbei besitzen leichte Tiere kürzere Diagonalenlängen als Tiere mit einem Lebendgewicht über 90 kg. Das Alter ist hoch signifikant ($p = 0,0012$). Junge Tiere haben signifikant kürzere Diagonalen als Tiere der Kategorien mittel und alt. Moderhinke hat keinen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung der Diagonale ($p = 0,28$).

Dorsalwandlänge: Betrieb ($p = 0,007$) und Gewicht ($p = 0,002$) haben hoch signifikanten Einfluss auf die Dorsalwandlänge und auch das Alter ($p = 0,02$) hat einen statistisch nachweisbaren Effekt. Die Betriebe A, C und E bzw. B, D und E unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Schafe mit geringerem Lebendgewicht haben, wie auch bei der Diagonalenlänge kürzere Klauen, während mit zunehmendem Gewicht auch die Dorsalwandlänge steigt. Alte Schafe verfügen über größere Dorsalwandlängen als junge. Der Einfluss der Rasse ($p = 0,64$) auf dieses Klauenmaß ist nicht signifikant, ebenso der Einfluss der Moderhinke-Schweregrade ($p = 0,13$).

Dorsalwandwinkel: Auf den Dorsalwinkel hat lediglich der Betrieb ($p = 0,0002$) einen signifikanten Einfluss. Betriebe A, C und D sind bezüglich ihres Dorsalwandwinkels gleich, ebenso die Betriebe B, D und E. Rasse ($p = 0,71$), Alter ($p = 0,2$), Gewicht ($p = 0,19$) und der Einfluss der Moderhinke ($p = 0,5$) auf dieses Klauenmaß sind nicht signifikant.

Der Einfluss der Moderhinke auf die Klauenmaße war in keinem Fall signifikant. Es gibt daher, wie auch in Modell 1 geprüft keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Moderhinke und einem der vier Klauenmaße.

Tab. 11 LS Means, Standardfehler (SE) und p-Werte von fixen Effekten

Effekt		Härte	SE	p-Wert	Diagonale	SE	p-Wert	Dorsallänge	SE	p-Wert	Dorsalwinkel	SE	p-Wert
Betrieb	A	52,91 ^a	1,08	**	65,04 ^b	0,55	***	34,91 ^a	0,44	**	56,51 ^b	0,72	***
	B	54,23 ^{ab}	1,64		66,08 ^b	0,89		36,34 ^b	0,76		53,55 ^a	1,15	
	C	56,09 ^{ab}	1,80		62,51 ^a	0,98		34,37 ^a	0,84		56,91 ^b	1,26	
	D	58,39 ^b	1,70		66,73 ^b	0,93		37,18 ^b	0,79		55,30 ^{ab}	1,20	
	E	53,25 ^a	1,34		63,25 ^a	0,71		35,34 ^{ab}	0,58		53,56 ^a	0,91	
Rasse	TB	56,65 ^a	1,05	***	65,69 ^a	0,54	***	35,74 ^a	0,43	n.s.	55,29 ^a	0,70	n.s.
	BB	53,30 ^b	1,32		63,75 ^b	0,70		35,51 ^a	0,57		55,03 ^a	0,90	
Alter	jung	54,46 ^a	1,21	*	63,64 ^a	0,63	**	34,88 ^a	0,51	*	55,38 ^a	0,82	n.s.
	mittel	56,25 ^b	1,16		64,80 ^b	0,60		35,86 ^b	0,49		54,51 ^a	0,78	
	alt	54,22 ^a	1,28		65,72 ^b	0,68		36,13 ^b	0,57		55,61 ^a	0,88	
Gewicht	leicht	53,81 ^a	1,38	n.s.	62,45 ^a	0,74	***	34,06 ^a	0,62	**	54,95 ^a	0,95	n.s.
	mittel	55,14 ^a	1,04		64,95 ^b	0,54		36,23 ^b	0,43		55,87 ^a	0,69	
	schwer	55,97 ^a	1,52		66,76 ^c	0,82		36,59 ^b	0,69		54,67 ^a	1,06	
Moderhinke	0	55,32 ^a	0,62	n.s.	63,84 ^a	0,35	n.s.	35,47 ^{ab}	0,31	n.s.	55,82 ^a	0,45	n.s.
	1	56,38 ^a	2,04		65,69 ^a	1,01		36,53 ^b	0,76		56,69 ^a	1,31	
	2	56,21 ^a	2,38		64,32 ^a	1,16		34,09 ^a	0,87		55,06 ^a	1,51	
	3	55,85 ^a	2,38		64,78 ^a	1,17		36,41 ^b	0,87		54,36 ^a	1,52	
	4	51,10 ^a	2,47		64,97 ^a	1,20		35,64 ^{ab}	0,88		53,87 ^a	1,56	

*** höchst signifikant $p < 0,001$, ** hoch signifikant $p < 0,01$, * signifikant $p < 0,05$, n.s. nicht signifikant $p > 0,05$

^{ab} Verschiedene Buchstaben beschreiben einen signifikanten Unterschied zwischen den unterschiedlichen Kategorien.

Neben dem Einfluss der Klauenmaße auf das Auftreten von Moderhinke an einer bestimmten Gliedmaße, wird in den folgenden Ausführungen der Einfluss der mittleren Klauenmaße eines Tieres auf dessen Gesundheitsstatus beschrieben. Hierbei erhielt ein Tier den Gesundheitsstatus „krank“ sobald eine der drei beschriebenen Klauenkrankheiten (Moderhinke, Hohle Wand, Panaritium) beobachtet wurde, unabhängig davon, ob eine oder alle vier Klauen betroffen waren.

Zur statistischen Auswertung der Daten wurde das, im Kapitel Material und Methoden beschriebene, Modell 2 verwendet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tab. 12 p-Werte und Signifikanz der fixen Effekte (Betrieb, Rasse, Alter, Gewicht) und der Klauenmaße nach Modell 2 (proc genmod)

	Härte		Diagonale		Dorsallänge		Dorsalwinkel	
Betrieb	0,8016	n.s.	0,5911	n.s.	0,5315	n.s.	0,5993	n.s.
Rasse	0,0048	**	0,0679	n.s.	0,0262	*	0,0256	*
Alter	0,3119	n.s.	0,5565	n.s.	0,4067	n.s.	0,3321	n.s.
Gewicht	0,0545	n.s.	0,0330	*	0,0499	*	0,0581	n.s.
Klauenmaß	0,0224	*	0,2617	n.s.	0,5336	n.s.	0,8568	n.s.

Der Effekt der Klauenhärte auf den Gesundheitsstatus der Schafe ist statistisch signifikant ($p=0,02$). Die Trendlinien in Abbildung 11 zeigen den Einfluss der Klauenmaße auf den Gesundheitsstatus unter Konstanthaltung aller fixen Effekte im Modell 2.

Je härter die Klaue, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Klauenkrankheit beobachtet wird. Die Diagonale zeigt die Tendenz, dass kurze, gedrungene Klauen weniger häufig Klauenkrankheiten aufweisen als Klauen mit langer Diagonale. Die Dorsalwandlänge unterstreicht diesen Effekt, während der Dorsalwinkel keinen Trend bezüglich Klauenerkrankungen zeigt. Die Ergebnisse der Berechnungen der Längenmaße sowie des Winkels sind, im Gegensatz zur Härte, nicht signifikant.

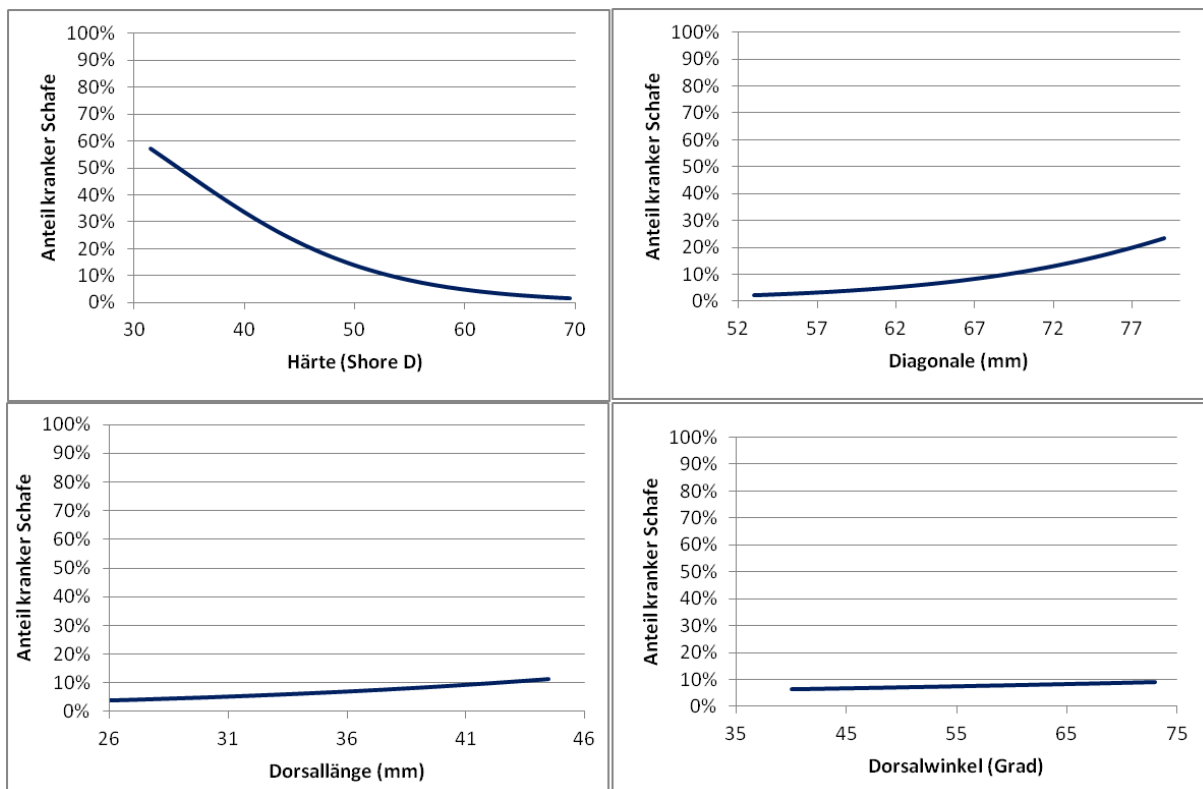


Abb. 11 Einfluss der Klauenmaße auf den Gesundheitsstatus der Tiere

Der Großteil der Klauenmaße zeigt weder nach Verwendung der Prozedur MIXED noch nach der Prozedur GENMOD signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Moderhinke an einer Klaue bzw. auf den Gesundheitsstatus eines Tieres. Eine Ausnahme bildet die Klauenhärte, welche einen signifikanten Einfluss auf den Gesundheitsstatus zeigt. Harte Klauen zeigen geringere Anfälligkeit gegenüber Klauenkrankheiten. Die Berechnungen lassen jedoch Tendenzen ableiten, wonach sich kurze Diagonalen und Dorswandlängen positiv auf den Gesundheitsstatus der Tiere auswirken.

8 Diskussion

Moderne Tierzucht bietet die Chance leistungsstarke und gesunde Tiere zu züchten. Aus diesem Grund beschäftigt sich diese Arbeit mit einem Hauptproblem der Schafhaltung - der Moderhinke – und mit der Option eine neue Strategie zu finden, dieses Problem langfristig unter Kontrolle zu bringen. Die Resistenzzucht gegenüber Moderhinke stellt laut BISHOP (2015) einen Lösungsansatz dar. Jedoch muss der Nutzen einer neuen Kontrollstrategie größer sein als die verursachten Kosten. Daher ist die Implementierung von molekulargenetischen Methoden im Bereich der Schafzucht derzeit aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll (BISHOP 2015).

In dieser Arbeit wurden daher phänotypische Merkmale verwendet und deren Eignung für eine Anwendung in der Praxis sowie deren Aussagekraft überprüft. Vorgänger-Studien von ERLEWEIN (2003), THOMS (2006), LOTTNER (2006) und LAMBERTZ et al. (2014) zeigen, dass die Selektion auf Klauenmerkmale eine Möglichkeit darstellt, um das Auftreten von Moderhinke zu reduzieren. In diesen Untersuchungen wurden vor allem Schafe der Rassen Merinolandschaf und Rhönschaf untersucht. Die vorliegende Arbeit stellt eine erste Erhebung dieser Art für das Bergschaf dar.

Die verwendeten Klauenmaße Härte, Diagonalenlänge, Dorsalwandlänge und Dorsalwandwinkel zeigen großteils keine statistisch nachweisbaren Zusammenhänge mit dem Auftreten von Moderhinke. Mögliche Gründe dafür stellen die kleine Stichprobe, Schwierigkeiten bei der Erhebung sowie Probleme der statistischen Auswertung dar. Jeder dieser Punkte wird in nachfolgenden Ausführungen analysiert. Dennoch brachte die Durchführung der Erhebung auch Vorteile mit sich.

Die Vorteile der Erhebung waren die einfache Handhabung der Messinstrumente und das Entfallen eines Beurteiler-Effektes, da die Messung der Klauenmaße und die Erhebung der Moderhinke immer von derselben Person durchgeführt wurden. Es wurde von einer hohen Messgenauigkeit, wie von ERLEWEIN (2003) beschrieben, ausgegangen. Zusätzlich war, durch den Zeitpunkt der Erhebung der Klauenmaße während des Klauenschneidens durch die Besitzer, Zeitdruck vorhanden. Aus diesen Gründen wurden keine Doppelmessungen an derselben Klaue durchgeführt, sondern lediglich eine Erhebung an der lateralen Klaue aller vier Gliedmaßen. Die Erhebung der Moderhinke war eine einfache Methode, Schafe nach dem Schweregrad der Moderhinke zu kategorisieren. Dieses Verfahren ist, wie von CONINGTON et al. (2008) und BISHOP und MORRIS (2007) beschrieben, in der Praxis einfach umsetzbar und auch bei unterschiedlichen Beurteilern von hoher Wiederholbarkeit geprägt.

Die Messung der Längenmaße Diagonale und Dorsalwand als auch des Dorsalwandwinkels waren einfach durchzuführen. Die Erhebung der Klauenhärte, welche an der Klauenwand vorgenommen werden musste, da die Auflagefläche der Sohle zu gering war, brachte einige Schwierigkeiten mit sich. Einerseits durch Verformungen, wie z.B. Rillen an der Klauenwand, andererseits durch Verschmutzung mit Kot und Stroh, welche durch die Stallhaltung gegeben war.

Zur statistischen Auswertung nicht normalverteilter Daten, welche fixe und zufällige Effekte beinhalten, ist die SAS Prozedur GLIMMIX, zur Berechnungen generalisierter linearer gemischter Modelle, das Mittel der Wahl. Jedoch war es nicht möglich diese Prozedur für den gegebenen Datensatz anzuwenden, da die Konvergenzkriterien nicht erfüllt waren. Als Ersatz wurde die SAS Prozedur MIXED, die zur Berechnung gemischter linearer Modelle angewendet wird, verwendet. Diese berücksichtigt ebenfalls fixe und zufällige Effekte, jedoch wird eine Normalverteilung der Daten vorausgesetzt. Da das Auftreten der Moderhinke keiner Normalverteilung folgt, sind die Ergebnisse als Tendenzen zu werten und nicht als allgemeingültige Aussagen. Die berechneten p-Werte gelten daher nur approximativ. Die relativ kleine Stichprobe bewirkt zusätzlich, dass Unterschiede zwischen den Effekten sehr stark sein müssen, um signifikante Ergebnisse zu erhalten.

Die Stichprobengröße mit, $n=180$, lässt keine induktive Schlussfolgerung auf die Grundgesamtheit zu und ist somit nicht repräsentativ für die gesamte Bergschafpopulation Österreichs. Die Erhebung stellt ein Fallbeispiel dar, welches als Anstoß für weitere Forschungsarbeit dienen soll.

Die Analyse der Rohdaten in Kapitel 7.2 zeigt, dass bei Betrieb D keine Klauenkrankheiten beobachtet wurden. Die fünf Betriebe unterschieden sich in manchen Bereichen voneinander. Während die Haltung der Tiere im Winter auf Tiefstreu und im Sommer auf der Weide bzw. Alm bei allen Betrieben sehr ähnlich war, bestehen Unterschiede im Fütterungsmanagement als auch in der Umsetzung der Klauenpflege. Betrieb D ist durch sehr geringen Kraftfuttereinsatz, ausschließliche Heufütterung und vor allem durch den Einsatz von Moderhinke- Impfungen gekennzeichnet. Ein Ausschluss von Betrieb D bei der statistischen Auswertung hatte jedoch keinen Einfluss auf die Ergebnisse.

Die Ergebnisse der Auswertung der Klauenmaße bestätigen die von ERLEWEIN (2003) und THOMS (2006) beschriebene hohe Varianz der verwendeten Klauenmaße Härte, Diagonale, Dorsalwandlänge und Dorsalwandwinkel. ERLEWEIN (2003) beschreibt, im Vergleich, sehr hohe Korrelationen zwischen den Klauenmaßen, während THOMS (2006) niedrigere Korrelationen schätzt, was den Ergebnissen dieser Arbeit entspricht. Allen gemeinsam ist die hohe Korrelation zwischen Diagonalenlänge und Dorsalwandlänge. THOMS (2006) empfiehlt daher auf die Erhebung der Dorsalwandlänge in Folgerhebungen zu verzichten und lediglich die Diagonale zu verwenden. Die Korrelationen zwischen dem Dorsalwandwinkel und den Längenmaßen liegen in jeder Studie im negativen Bereich. Das bedeutet, flache Klauen besitzen eine längere Diagonalen- bzw. Dorsalwandlänge.

BOELLING und POLLOTT (1998) nennen die Diagonalenlänge als am besten geeignet, um die Klauenform bei Rindern zu beschreiben, aufgrund der hohen Korrelationen zwischen Diagonalenlänge und Dorsalwandlänge sowie Dorsalwandwinkel. Unter Miteinbeziehung der Härte schlussfolgern ANACKER und GERNAND (2006), dass harte Klauen kurze Diagonale- und Dorsalwand und steile Dorsalwandwinkel bedingen.

Im Zuge der Erhebung der Moderhinke konnten im Erhebungszeitraum 36 kranke Schafe beobachtet werden. Dies entspricht einem prozentuellen Anteil von 20%. Davon sind 64% Moderhinke-, 22% Hohle Wand- und 14% Panaritium- Erkrankungen. Eine Studie aus dem Vereinten Königreich beziffert die Ursache für Lahmheit mit 90% als Moderhinke (KALER et al. 2010). STROBEL (2014) beschreibt bezüglich der Moderhinke-Erkrankung einen Prozentsatz von 5% als Richtwert, ab welchen Managementmaßnahmen notwendig sind. THOMS (2006) stellte bei der Beobachtung von Merinolandschafen Höchstwerte von 30% Moderhinke in den untersuchten Herde fest, wobei dieser Versuch ganzjährig durchgeführt wurde und das Auftreten der Moderhinke im Juli und August jenem der beobachteten Moderhinke-Prävalenz dieser Arbeit entspricht. Die Arbeiten von ERLEWEIN (2003) und THOMS (2006) konzentrierten sich lediglich auf das Auftreten von Moderhinke und ließen keine weiteren Klauenkrankheiten in ihre Erhebungen miteinfließen.

Unterschiede zwischen den Gliedmaßen und besonders zwischen Vorder- und Hinterextremitäten konnten von ERLEWEIN (2003), LAMBERTZ et al. (2014) und CONINGTON et al. (2008) festgestellt werden. Die vorliegende Arbeit lässt derartige Gegensätze nicht erkennen. Sowohl Vorder- als auch Hintergliedmaßen waren gleichermaßen einer Moderhinke-Erkrankung ausgesetzt.

Die Aufteilung nach Schweregraden lässt erkennen, dass der kleinste Anteil der erkrankten Tiere an der klinisch schwersten Form der Moderhinke erkrankte. Zu dieser Erkenntnis kommt auch THOMS (2006) in seiner Studie. Des weiteren beschreibt THOMS (2006) einen signifikanten Einfluss des Ortes auf das Auftreten von Moderhinke. Dieser Einfluss spiegelt sich in der vorliegenden Arbeit als Einfluss des Betriebes auf Moderhinke bzw. auf die Klauenmaße wieder. Bei Verwendung der Härte bzw. des Dorsalwinkels im Modell 1 ergibt sich ein signifikanter Einfluss des Betriebes auf das Auftreten von Moderhinke. Ergebnisse von Modell 3 zeigen einen starken Effekt des Betriebes auf alle untersuchten Klauenmaße.

Das Alter hat einen Einfluss auf Klauenhärte, Diagonalenlänge und Dorsalwandlänge. Zum Ergebnis, dass das Alter einen Einfluss auf die Längenmaße hat, kamen sowohl BOELLING und POLLOTT (1998) als auch ANACKER und GERNAND (2006) bei Untersuchungen an Rindern. In beiden Studien nimmt die Länge der Diagonale und der Dorsalwand mit steigendem Alter zu. Zusätzlich wird von BOELLING und POLLOTT (1998) der Einfluss von Alter auf Lahmheit beschrieben, wobei alte Tiere mit einer größeren Wahrscheinlichkeit lahmen als junge. Der Effekt des Alters auf Moderhinke war nicht signifikant, liegt jedoch nah an der Signifikanzgrenze. Auch RAADSMA und CONINGTON (2011) beschreiben, dass alte Mutterschafe schwerwiegender an Moderhinke erkranken als jüngere Schafe.

HINDSON und WINTER (2008) beschreiben, als Hauptquelle einer Erkrankung mit Moderhinke, den Kontakt mit betriebsfremden Tieren. D.h. eine Reinfektion mit Moderhinke ist bei gemeinsamer Almhaltung der Tiere sehr wahrscheinlich. Dieser Effekt wiegt offenbar schwerer als die von BOELLING und POLLOTT (1998) beschriebenen positiven Auswirkungen von Weidehaltung auf das Auftreten von Lahmheit bei Milchkühen. Während der Stallhaltung konnten nur wenige Fälle von Moderhinke festgestellt werden.

Im Zuge dieser Arbeit war es nicht möglich, Heritabilitäten für Moderhinke und Klauenmaße zu schätzen, da die Anzahl an beobachteten Tieren zu klein war. ERLEWEIN (2003) und LAMBERTZ et al. (2014) beschreiben moderate bis hohe Heritabilität der Klauenmaße. NIEUWHOF et al. (2008) untersuchten die Heritabilität von Moderhinke-Schweregraden und konnten eine moderate Erblichkeit feststellen. Damit ist es möglich, die Resistenz gegenüber Moderhinke durch Selektion zu erhöhen.

THOMS (2006) und LAMBERTZ et al. (2014) beziehen ihre Ergebnisse auf Unterschiede in der Klauenform zwischen gesunden und kranken Tieren. Beide Studien weisen jedoch darauf hin, dass diese Ergebnisse Zusammenhänge zwischen Moderhinke und Klauenmaßen vermuten lassen, jedoch aufgrund geringer Stichprobengröße und geringer Moderhinke-Prävalenz keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können.

Der in Modell 2 berücksichtigte Ansatz der Bezugnahme des Gesundheitsstatus auf Tierbasis, ergab einen signifikanten Einfluss der Härte auf den Gesundheitsstatus der Tiere. Dieses Klauenmaß wird von LAMBERTZ et al. (2014) jedoch als ungeeignet beschrieben, weil die geschätzte Heritabilität dieses Merkmals sehr gering ist. ERLEWEIN (2003) kommt zu ähnlichen Ergebnissen und verdeutlicht den starken Einfluss der Umwelt auf die Klauenhärte. Tiere in Stallhaltung haben demnach weichere Klauen als Tiere auf der Weide.

Eine Frage, welche sich durch Ausführungen von KALER et al. (2010) stellt ist, ob Klauenmaße einen Einfluss auf Moderhinke haben oder die Moderhinke Einfluss auf Klauenmaße hat. Die Wechselwirkungen zwischen Klauenform, Lahmheit und Moderhinke wurden in Kapitel 5 näher erläutert. Um beiden möglichen Szenarien Rechnung zu tragen, wurde sowohl der Einfluss der Klauenmaße auf Moderhinke in Modell 1 als auch der Einfluss von Moderhinke auf Klauenmaße in Modell 3 berechnet.

Auch wenn kein statistisch signifikanter Einfluss von Klauenmaßen auf Moderhinke und umgekehrt festgestellt werden konnte, sind dennoch gewisse Tendenzen erkennbar. Diese unterstreichen die Ergebnisse von THOMS (2006), wonach die LS-Means der Klauenmaße erkrankter Tiere für die Maße Diagonalenlänge, Dorsalwandlänge und Härte länger bzw. weicher sind als bei gesunden Tieren. Auch BOELLING und POLLOTT (1998) beschreiben im Rinderbereich einen Zusammenhang zwischen langer Diagonale und Lahmheit. LAMBERTZ et al. (2014) kamen zu einem konträren Ergebnis, wonach kranke Tiere im Vergleich zu gesunden kurze Diagonalen aufwiesen.

Für zukünftige Studien im Bereich der Moderhinke- Resistenzzucht empfiehlt sich, die Datenerhebung über einen langen Zeitraum zu betreiben, um die Krankheitsgeschichte der Tiere genau zu kennen und wiederkehrende Moderhinke-Erkrankungen und deren Auswirkung auf die Klauenform genau dokumentieren zu können. Zusätzlich können Unterschiede im Auftreten von Moderhinke während der Stallhaltung und der Weidesaison beobachtet werden und Informationen über das Trächtigkeits- bzw. Laktationsstadium, Wurfgröße und Abstammung gesammelt werden. Des Weiteren ist eine größere Stichprobe, bestehend aus Lämmern und aus Mutterschafen, zu empfehlen um repräsentative

Ergebnisse für eine Rasse zu erhalten. Es ist ratsam, in Folgeversuchen molekulargenetische Methoden, zur Validierung der Beziehungen zwischen Klauenmaßen und dem Moderhinke-Auftreten, zu implementieren.

Tiere unter denselben Umweltbedingungen zeigen unterschiedliche Anfälligkeit gegenüber Moderhinke (KALER et al. 2010). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Genetik einen Einfluss auf die Erkrankungsneigung hat. Auch die Klauenform wird nicht nur durch Umwelt beeinflusst, sondern durch genetische Effekte (ANACKER und GERNAND 2006).

Zur praktischen Anwendung stellt die von CONINGTON et al. (2008) untersuchte Erhebung von Moderhinke mittels Kategorisierung in Schweregrade nach EGERTON und ROBERTS (1971) eine zielführende Möglichkeit dar, genetische Parameter zu schätzen und den Einsatz genetischer Marker zu überprüfen. Durch die Verwendung phänotypischer Hilfsmerkmale, wie die Erhebung des Moderhinke-Status von Tieren als auch von Klauenmaßen, ist es auf kosteneffiziente Art möglich, Moderhinke auf ein erträgliches Maß einzudämmen (BISHOP und MORRIS 2007).

Nicht nur für wissenschaftliche Arbeiten sind ausreichende und qualitativ hochwertige Daten von Bedeutung, auch für Landwirte stellen Aufzeichnungen über das Moderhinke-Auftreten nützliche Informationen dar, um Tiere, welche wiederholt an Moderhinke erkranken, von der Zucht auszuschließen.

Ausreichende Kontrolle sowie die Führung von Aufzeichnungen und die Durchführung von Managementmaßnahmen sind die Eckpfeiler einer gesunden und leistungsstarken Schafherde.

Appendix

Erhebungsbogen Klauenparameter

Datum: _____

Betrieb : _____

Rasse: Tiroler Bergschaf Braunes Bergschaf

Tier Lebensnummer: _____

Wurfgröße: 1 2 mehr

Mutter LNr.: _____

Vater LNr: _____

Gewicht: _____ kg

Geburtsdatum/-jahr: _____

Laktationsnummer: _____

Erstlammalter: _____ Monate

Klauenparameter	v. rechts außen	v. links außen	h. rechts außen	h. links außen
Härte (Shore D)				
Diagonalenlänge (cm)				
Dorsalwandlänge (cm)				
Dorsalwandwinkel (Grad)				

Moderhinke Schweregrade

A

I

I

A

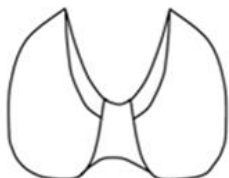
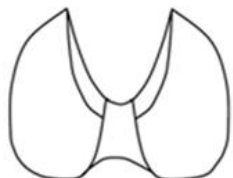


A

I

I

A



9 Literaturverzeichnis

ABBOTT, K.A. und LEWIS, C.J. (2005): Current approaches to the management of ovine footrot. *The Veterinary Journal* 169, 28–41.

ANACKER, G. und GERNAND, E. (2006): Ergebnisse zur Parameter- und Zuchtwertschätzung von Klauenmerkmalen bei Jungbullen und Bullentöchtern der Rasse Deutsches Holstein. *Züchtungskunde* 78, 17–27.

BEHRENS, H. (2001): Moderhinke. In: *Lehrbuch der Schafkrankheiten*, Parey, Berlin, 4. Aufl.

BEHRENS, H., GANTER, M. und HIEPE, T. (2001): *Lehrbuch der Schafkrankheiten*, Parey, Berlin, 4. Aufl.

BENNETT, G.N. und HICKFORD, J.G.H. (2011): Ovine footrot: new approaches to an old disease. *Veterinary microbiology* 1, 1–7.

BEVERIDGE, W.I.B. (1941): Foot-rot in sheep: A transmissible disease due to infection with *Fusiformis nodosus* (n. sp). *CSIRO Australian Bulletin* 140, 1–56.

BISHOP (2015): Genetic resistance to infections in sheep. <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.07.013>. besucht am 2015-03-21.

BISHOP, S.C., AXFORD, R., NICHOLAS, F.W. und OWEN, J.B. (2011): Introduction. In: *Breeding for disease resistance in farm animals*. (Hrsg. BISHOP, S.C.), CABI, Wallingford, Oxfordshire, Cambridge, MA, 3. Aufl.

BISHOP, S.C. und MORRIS, C.A. (2007): Genetics of disease resistance in sheep and goats. *Small Ruminant Research* 1, 48–59.

BOELLING, D. und POLLOTT, G. (1998): Locomotion, lameness, hoof and leg traits in cattle. *Livestock Production Science* 54, 193–203.

BUNDESKANZLERAMT RECHTSINFORMATIONSSYSTEM (2016): Bundesgesetz vom 13. Dezember 1974 über den Tierarzt und seine berufliche Vertretung (Tierärztegesetz). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010369>. besucht am 2016-03-14.

BURKE, J.M. und PARKER, C.F. (2007): Effect of breed on response to foot rot treatment in mature sheep and lambs. *Small Ruminant Research* 71, 165–169.

CONINGTON, J., HOSIE, B., NIEUWHOF, G.J., BISHOP, S.C. und BÜNGER, L. (2008): Breeding for resistance to footrot – the use of hoof lesion scoring to quantify footrot in sheep. *Veterinary Research Communications* 32, 583–589.

CONINGTON, J., NICOLL, L., MITCHELL, S. und BUNGER, L. (2010): Characterisation of white line degeneration in sheep and evidence for genetic influences on its occurrence. *Veterinary Research Communications* 5, 481–489.

DISTL, O. (1995): Züchterische Verbesserung von Fundamentmerkmalen und Klauengesundheit beim Rind. *Züchtungskunde* 67, 438–448.

- EGERTON, J. und ROBERTS, D.S. (1971): Vaccination against ovine foot-rot. *Journal of Comparative Pathology* 81, 179–185.
- EGERTON, J.R. (2007): Diseases of the feet and legs. In: *Diseases of sheep*. (Hrsg. AITKEN, I.D.), Blackwell Publishing, Oxford, Ames, Iowa, 4. Aufl.
- EGERTON, J.R., YONG, W.K. und RIFFKIN, G.G. (1989): Bacteriology of the major pathogens. In: *Footrot and foot abscess of ruminants*. (Hrsg. EGERTON, J.R.), CRC Press, Florida.
- EMERY, D.L. (1989): Host Responses to Footrot and Foot Abscess. In: *Footrot and foot abscess of ruminants*. (Hrsg. EGERTON, J.R.), CRC Press, Florida.
- ENE et al. (2011): Multilevel Models for Categorical Data using SAS® PROC GLIMMIX : The Basics. <http://analytics.ncsu.edu/sesug/2014/SD-13.pdf>. besucht am 2016-11-03.
- ERLEWEIN, S. (2003): Genetische Untersuchungen über Klauenmerkmale beim Merinoland- und Rhönschaf, VVB Laufersweiler, Wettenberg, 1. Aufl.
- FRIEDRICH, C., MOORS, E. und GAULY, M. (2012): Die Bedeutung der Moderhinke. *Züchtungskunde* 84 (3), 250–259.
- GUGGENBERGER, T., RINGDORFER, F., BLASCHKA, A., HUBER, R. und HASLGRÜBLER, P. (2014): *Praxishandbuch zur Wiederbelegung von Almen mit Schafen*, Lehr und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- HINDSON, J. und WINTER, A. (2008): *Manual of Sheep Diseases*, Blackwell Publishing, Hoboken, 2. Aufl.
- HODGKINSON, O. (2010): The importance of feet examination in sheep health management. *Small Ruminant Research* 92, 67–71.
- KALER, J., MEDLEY, G.F., GROGONO-THOMAS, R., WELLINGTON, E., CALVO-BADO, L.A., WASSINK, G.J., KING, E.M., MOORE, L.J., RUSSELL, C. und GREEN, L.E. (2010): Factors associated with changes of state of foot conformation and lameness in a flock of sheep. *Preventive veterinary medicine* 97, 237–244.
- KNAP, P.W. und BISHOP, S.C. (2000): Relationships between genetic change and infectious disease in domestic livestock. *BSAS occasional publication*, 65–80.
- LAMBERTZ, C., FRIEDRICH, C., MOORS, E., BRANDT, H., ERHARDT, G. und GAULY, M. (2014): A comparison of claw conformation and claw horn structure of two sheep breeds, and their relationship to footrot incidence. *Small Ruminant Research* 117, 103–107.
- LOTTNER, S. (2006): *Felduntersuchung zur Bekämpfung der Moderhinke bei Schafen mittels Vakzinen und genetischer Marker*, Hannover.
- NIEUWHOF, G.J., CONINGTON, J., BÜNGER, L., HARESIGN, W. und BISHOP, S.C. (2008): Genetic and phenotypic aspects of foot lesion scores in sheep of different breeds and ages. *Animal : an international journal of animal bioscience* 2:9, 1289–1296.
- ÖBSZ (2015): *Tiroler Bergschaf*. <http://alpinetgheep.com/tiroler-bergschaf.html>. besucht am 2016-03-05.

- RAADSMA, H.W. und CONINGTON, J. (2011): Genetic Aspects of Resistance to Ovine Footrot. In: Breeding for disease resistance in farm animals. (Hrsg. BISHOP, S.C.), CABI, Wallingford, Oxfordshire, Cambridge, MA, 3. Aufl.
- RAADSMA, H.W. und DHUNGYEL, O.P. (2013): A review of footrot in sheep. *Livestock Science* 156, 115–125.
- RAADSMA, H.W. und EGERTON, J.R. (2013): A review of footrot in sheep. *Livestock Science* 156, 106–114.
- RABERG, L., SIM, D. und READ, A.F. (2007): Disentangling Genetic Variation for Resistance and Tolerance to Infectious Diseases in Animals. *Science* 318, 812–814.
- RINGDORFER, F., DEUTZ, A. und GASTEINER, J. (2009): Schafhaltung heute, Stocker, Graz.
- RUSSELL, V., GREEN, L.E., BISHOP, S.C. und MEDLEY, G.F. (2013): The interaction of host genetics and disease processes in chronic livestock disease. *Preventive veterinary medicine* 108, 294–303.
- SARGISON, N. (2008): Sheep flock health, Blackwell Pub, Oxford, Ames, Iowa.
- SAS INSTITUTE INC. (2008a): SAS/STAT® 9.2 User's Guide. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statuggenmod/61787/PDF/default/statuggenmod.pdf>. besucht am 2016-11-03.
- SAS INSTITUTE INC. (2008b): SAS/STAT® 9.2 User's Guide. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugmixed/61807/PDF/default/statugmixed.pdf>. besucht am 2016-12-10.
- SCHULTZE-PAWLITSCHKO und KERSTING (s.a.): Die Anwendung des SAS-Makros GLIMMIX bei der statistischen Auswertung von Langzeitstudien in der Ernährungsmedizin am Beispiel der DONALD-Studie. <http://de.saswiki.org/images/9/95/6.KSFE-2002-proceed-Verena-Schultze-Pawlitschko-Die-Anwendung-des-SAS-Makros-GLIMMIX-bei-der-statistischen-Auswertung-von-Langzeitstudien-in-der-Ern%C3%A4hrungsmedizin-am-Beispiel-der-DONALD-Studie.pdf>. besucht am 2016-11-03.
- SMITH, E.M., GREEN, O.D.J., CALVO-BADO, L.A., WITCOMB, L.A., GROGONO-THOMAS, R., RUSSELL, C.L., BROWN, J.C., MEDLEY, G.F., KILBRIDE, A.L., WELLINGTON, E.M.H. und GREEN, L.E. (2014): Dynamics and impact of footrot and climate on hoof horn length in 50 ewes from one farm over a period of 10 months. *The Veterinary Journal* 201, 295–301.
- STATISTIK AUSTRIA (2016): Allgemeine Viehzählung: Schafbestand nach Bundesländern 1946-2015. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/viehbestand_tierische_erzeugung/viehbestand/index.html#index3. besucht am 2016-04-09.
- STEWART, D.J. (1989): Footrot of Sheep. In: Footrot and foot abscess of ruminants. (Hrsg. EGERTON, J.R.), CRC Press, Florida.

STROBEL, H. (2014): Klauenpflege Schaf und Ziege, Ulmer, Stuttgart (Hohenheim), 2., erw. Aufl.

STROBEL, H., MOORS, E., GANTER, M., SPENGLER, D. und VOIGT, K. (2012): Infektiöse Lahmheiten beim Schaf- Therapiemöglichkeiten in der tierärztlichen Praxis. Tierärztliche Praxis Großtiere 6, 403–412.

THOMS, H. (2006): Untersuchungen zum genetischen Hintergrund der Moderhinke beim Rhön- und merinolandschaf auf der basis von klauenmaßen und biochemischen Polymorphismen, WB Lauferweiler Verl., Wetztenberg, 1. Aufl.

WASSINK, G.J., KING, E.M., GROGONO-THOMAS, R., BROWN, J.C., MOORE, L.J. und GREEN, L.E. (2010): A within farm clinical trial to compare two treatments (parenteral antibacterials and hoof trimming) for sheep lame with footrot. Preventive veterinary medicine 96, 93–103.

WHITTINGTON, R. und NICHOLLS, P. (1995): Grading the lesions of ovine footrot. Research in Veterinary Science 58, 26–34.

WINKELMANN, J. (1995): Schaf und Ziegenkrankheiten, Ulmer, Stuttgart (Hohenheim).

WINKELMANN, J. und GANTER, M. (2008): Farbatlas Schaf- und Ziegenkrankheiten, Ulmer, Stuttgart.

WINTER, A. (2004): Lameness in sheep, Crowood Press, Ramsbury, Marlborough.

WINTER, A.C. (2008): Lameness in sheep. Small Ruminant Research 1-2, 149–153.