

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

u^b

**UNIVERSITY
BERN**



Ökonomische Auswirkungen der Moderhinke und Kosten-Nutzen-Analyse einer Bekämpfung der Moderhinke in der Schweizer Schafpopulation

Studie zuhanden

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen

und

Bundesamt für Landwirtschaft

durchgeführt durch

ETH Zürich

&

Universität Bern

&

Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer

Autoren: Dr. Matteo Aepli, Sarah Bähler, Dr. Salome Dürr, Seraina Grieder, Dr. Christina Härdi, Dr. Christian Kuhlitz, Dr. Rita Lüchinger, Regula Mengelt, Matthias Rediger, Prof. Dr. Gertraud Schüpbach, Dr. Sandro Steinbach, Dr. Dana Zingg

Unter Mitarbeit von: Fabian Arnold, Nicolas Hofer, Daniel Langmeier, Claude Müller, Camille Rubeaud, Natia Sarauli

September 2018

Impressum

Auftraggeber:

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)

Schwarzenburgstrasse 155

3003 Bern

und

Bundesamt für Landwirtschaft (BLW)

Schwarzenburgstrasse 165

3003 Bern

Auftragnehmer:

ETH Zürich

Dr. Matteo Aepli

Gruppe Agrarökonomie (AGECON)

Institut für Umweltentscheidungen (IED)

Sonneggstrasse 33

8092 Zürich

und

ETH Zürich

Dr. Sandro Steinbach

Zentrum für Wirtschaftsforschung (CER)

Department of Management, Technology and Economics (D-MTEC)

Zürichbergstrasse 18

8092 Zürich

Zusammenfassung

Die Moderhinke ist eine ansteckende Klauenkrankheit insbesondere der Schafe, welche das Wohlbefinden erkrankter Tiere erheblich einschränkt. Der ursächliche Erreger von Moderhinke ist das anaerobe Bakterium *Dichelobacter nodosus* (D. nodosus). Neben der Beeinträchtigung des Tierwohls führt die Erkrankung auch zu hohen ökonomischen Verlusten und zu einem hohen Zusatzaufwand für die Landwirte aufgrund der Behandlung. Ausser in den Kantonen Graubünden und Glarus bestehen bis heute keine gesetzlichen Vorgaben zur flächendeckenden Bekämpfung dieser Krankheit. Dennoch werden auch dort während der Alpsaison immer wieder Reinfektionen festgestellt. Sowohl reger Tierverkehr und Kontakte mit nicht sanierten Herden als auch die Tatsache, dass die Diagnose bis anhin ausschliesslich anhand klinischer Befunde mit entsprechend niedriger Sensitivität gestellt werden musste, kommen als Ursache für Reinfektionen in Frage. Auch auf der politischen Ebene wurde die Problematik der Moderhinke erkannt (Motion Hassler zur schweizweiten Bekämpfung der Moderhinke der Schafe, Motion Nr. 14.3503 vom 19.6.2014, Annahme durch den Nationalrat am 26.9.2014 und durch den Ständerat am 9.6.2015).

Um die Möglichkeit und den Vorteil einer flächendeckenden Bekämpfung der Moderhinke in der Schweiz abzuschätzen, wird im Rahmen der vorliegenden Studie eine Gegenüberstellung von Kosten (Sanierungsaufwand, Beeinträchtigung, Tierwohl etc.) und betrieblichem Mehrertrag (Mastleistung, etc.) vorgenommen. Dabei geht es vor allem um die Frage des Effekts der Moderhinke am Einzeltier, der Verteilung der Moderhinke in der Schweiz, der Simulierung der Verbreitung der Krankheit regional und über die Zeit, sowie den indirekten und intangiblen (d.h. nicht über den Markt abgegoltene) Schäden. Die Resultate aus den verschiedenen Teilprojekten fliessen als Grundlagen in die Kosten-Nutzen-Analyse ein. Diese zeigt an, welche Bekämpfungsstrategie zielführend ist.

Einfluss der Moderhinke auf das Einzeltier

Zur Schätzung der Beeinträchtigung des Einzeltiers wurden zwei Tierversuche auf dem ETH-Forschungsbetrieb Chamau unter Kontrolle aller äusseren Bedingungen durchgeführt. Im ersten Versuch wurde eine konstant mit Moderhinke infizierte Herde (MH) und eine gesunde Kontrollherde miteinander verglichen in Bezug auf Parameter zur Beurteilung der Leistung wie Mastleistung und Schlachtkörperqualität von Lämmern, sowie Fertilität und Säugeleistung der Auen. In der MH-Herde sollte die Krankheit so kontrolliert werden, dass die Tiere lokal behandelt, jedoch nicht mit Klauenbädern saniert werden. Die tragenden Auen für die KO-Herde stammten aus BGK sanierten Betrieben. Es handelte sich grösstenteils um Herdebuchtiere der Rasse Weisses Alpenschaf. Die Tiere der MH-Herde wurden von Händlern zugekauft. Die Muttertiere gehörten grösstenteils ebenfalls der Rasse Weisses Alpenschaf an, waren aber von Widdern unterschiedlicher Fleischrassen (z.B. Texel, Suffolk) trächtig. Insgesamt wurden in der KO-Herde 84 und in der MH-Herde 68 trächtige Auen

zugekauft. Weitere 19 Tiere der MH-Gruppe waren nicht trächtig und wurden daher zurückgegeben. Da die Deckwidder bei den meisten Auen der MH-Herde, aber auch bei einigen Tieren der KO-Herde, nicht bekannt waren, wurde die Rasse der Lämmer aufgrund des Exterieurs bestimmt. Die Ablammung erfolgte im Stall ab Februar bis April. In der Vegetationsperiode wurden beide Gruppen geweidet.

Es hat sich im Rahmen dieses Versuchs gezeigt, dass sowohl bei Auen wie auch bei den Lämmern signifikante Unterschiede bezüglich ihrer Gewichtsentwicklung bestehen. Auen der Moderhinke-Gruppe nahmen mehr ab während der Laktation und konnten das Ausgangsgewicht im Gegensatz zu den Kontrolltieren nach 6 Monaten nicht wieder erreichen. Die Lämmer der Moderhinke-Gruppe nahmen deutlich weniger schnell zu, was zu einer hochsignifikanten Verlängerung der Mastdauer von 31 Tagen führte. Insbesondere der Wachstums-Unterschied zwischen den Tieren innerhalb der Moderhinke-Gruppe gemäss dem Schweregrad ihrer momentanen Erkrankung und aber auch zwischen gesunden und nur leicht betroffenen Tieren ist ein überraschend starker Hinweis auf den grossen Einfluss der Krankheit bereits in ihrem milden Anfangsstadium.

Im zweiten Versuch wurde das Liegeverhalten der Lämmer untersucht. Auch hier hat sich ein signifikanter Unterschied zwischen Moderhinke-kranken und gesunden gezeigt. Tiere mit Moderhinke liegen signifikant länger als die Tiere in der Kontrollherde, ihre Liegeperioden sind aber signifikant kürzer, d.h. sie legen sich häufiger hin und stehen dann schneller wieder auf. Auch hier waren bereits die Unterschiede zwischen gesunden und leicht erkrankten Tieren sehr deutlich. Insgesamt lässt sich daraus schliessen, dass die Kontrolle der Moderhinke mit dem Ziel, Tiere mit stärkeren Symptomen zu behandeln und damit die Krankheit auf niedrigem Schweregrad zu halten, kaum zu empfehlen ist. Dies steht im Widerspruch zur Tatsache, wie die Moderhinkebekämpfung in vielen Schweizer Schafherden praktiziert wird, und wie es auch in der Literatur propagiert wird. Die Herdensanierung (Ebene Betrieb) mit der Eradikation des virulenten Stammes von Moderhinke ist diesbezüglich deutlich überlegen. Mit diesen beiden Versuchen kann die Ebene Einzeltier umfassend abgebildet werden. Die Ergebnisse fliessen in die Kosten-Nutzen-Analyse ein.

Erfassung und Modellierung der Verbreitung von Moderhinke

Für eine schweizweite Modellierung resp. Bekämpfung braucht es Kenntnisse über die schweizweite Ausbreitung. Um diese zu erfassen, wurde eine Befragung aller Schafhalter in der Schweiz vorgenommen. Ein grosser Teil der Betriebe hat geantwortet (79 % aller Schafe in der Schweiz konnten dadurch erfasst werden). Im Fokus stand dabei unter anderem die Fragestellung, ob der jeweilige Betrieb Moderhinke in der Herde hat oder nicht. Aufgrund der Antworten aus den Fragebogen wurden jene Betriebe, von denen keine Antwort vorlag, mithilfe eines Maximum Entropie-Modells deren Status geschätzt. Die Modellierung der Moderhinke-

Ausbreitung ist eine wichtige Grundlage für die darauffolgende epidemiologische Modellierung. Für diese wurde, in Anlehnung an ein für Norwegen entwickeltes Kompartiment-Modell (Grøneng et al.), ein stochastisches SIR-Kompartiment-Modell verwendet. Damit kann die Übertragung der Moderhinke innerhalb einer definierten Region mittels Infektions-, Reinfektions- und Genesungsraten sowie zwischen den Regionen durch Schaftransporte, Ausstellungen und Sömmerung simuliert werden. Die Hauptquellen für die Inputparameterwerte waren hierbei die Befragung der Schafhalter, das Maximum Entropie-Modell, Daten aus der AGIS Datenbank und Klimamasszahlen. Nach Anpassung des norwegischen Modells an die Schweizer Situation wurden vier Szenarien für die BASE und HIGH Situation simuliert: A) Laissez-faire (Bekämpfung nach BGK-Schema mit Tupferprobe in GR und GL), B) Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema ohne Tupferprobe, C) Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema mit Tupferprobe und D) die Aufhebung der obligatorischen Bekämpfung in den Kantonen GR und GL. Szenario A zeigte in beiden Situationen kaum Auswirkung auf die schweizweite Prävalenz der Moderhinke. Die Resultate des epidemiologischen Modelles sind u.a. stark von den eingesetzten Parameterwerten abhängig. Für die Reinfektionsrate wurden je nach Szenario Durchschnittswerte von 9.5 % (Szenario A und C) bis 26.3 % (Szenario B, BASE Situation) resp. 36.8 % (Szenario B, HIGH Situation) verwendet, welche mittels Fragebogendatensatz berechnet wurden. Diese Rate entspricht dem Anteil der sanierten und Moderhinke-freien Herden, die im Folgejahr wieder infiziert sind. Sie hat einen entscheidenden Einfluss auf die simulierte Moderhinke-Prävalenz.

Eine Reduktion der Prävalenz in 20 Jahren um 2.6 % (BASE), bzw. 7-8 % (HIGH) liess sich nur in den betroffenen Kantonen (GR und GL) feststellen. Anders sah es hingegen bei den Szenarien B und C aus. Bei diesen Szenarien fiel die Prävalenz in den ersten 10 Jahren stark ab, so dass der Median der Prävalenzen bei Szenario B nur noch bei 7.8 % (BASE), bzw. 13.6 % (HIGH) lag. Bei Szenario C war der Rückgang noch deutlicher und die Prävalenzen nach 10 Jahren Bekämpfung lagen bei 3.94 % (BASE), bzw. 4.74 % (HIGH). Im Falle der Aufhebung der obligatorischen Massnahmen in den Kantonen GR und GL (Szenario D) sagte das Modell einen Anstieg der schweizweiten Prävalenz innerhalb von 10 Jahren um rund 5 % (BASE), bzw. rund 8 % (HIGH) voraus. Dabei fiel der Anstieg der Prävalenzen in den Kantonen GR und GL deutlich stärker aus als im Rest der Schweiz. Aus Sicht der epidemiologischen Modellierung lässt sich daher sagen, dass eine schweizweite Bekämpfung nach Szenario C empfehlenswert wäre.

Intangible Schäden

Die Moderhinke verursacht neben den monetär messbaren Kosten auch sogenannte intangible Schäden, welche nicht direkt gemessen werden können und nicht über den

Markt abgegolten oder berücksichtigt werden. Von besonderem Interesse in der öffentlichen Debatte ist der Aspekt der Schmerzen und des Leidens der Tiere. Tierwohl¹ kann als meritorisches Gut gesehen werden, welches dadurch definiert ist, dass die gesellschaftliche Nachfrage höher ist als die Aggregation der Nachfrage von individuellen Konsumenten. Bei solchen Gütern ist die Erfassung der Zahlungsbereitschaft beim Konsumenten problematisch. Der Aspekt des Tierwohls und anderer intangibler Schäden wurde dementsprechend mithilfe von zwei Expertenworkshops evaluiert. Dies versteht sich als Ergänzung zum Tierversuch mit Fokus auf dem Liegeverhalten der Lämmer. Die Workshops bestanden aus sechs bzw. sieben Teilnehmern und umfassten relevante gesellschaftliche Gruppen. Es zeigte sich, dass die Experten hohe intangible Kosten von im Durchschnitt CHF 53 Mio. bei Moderhinke ausmachten. Den bedeutendsten Anteil an diesen Schäden machten Aspekte des Tierwohls aus, aber auch andere Aspekte wie der Einfluss auf den natürlichen Tierbestand wurden erwähnt (z.B. Wildtiere). Bei der Befragung, wie hoch die Schadensreduktion bei unterschiedlichen Heilungsraten ist (20 %, 50 % und 70 % Heilung), ergab sich, dass der Verlauf der Schadensabnahme nicht linear ist, sondern überproportional verläuft.

Arbeitszeitbedarf für Behandlungsmassnahmen

Eine Bekämpfung der Moderhinke führt unweigerlich zu Kosten auf Ebene Landwirtschaftsbetrieb. Während mit dem einen Tierversuch die Einbussen bei Leistungsparametern erfasst werden konnte, wurde in einem weiteren Teilprojekt im Rahmen einer Arbeitskalkulation untersucht, welche Kosten bei verschiedenen Bekämpfungsmassnahmen auf einzelbetrieblicher Ebene entstehen. Diese wurde auch auf der ETH-Forschungsanstalt Chamau durchgeführt. Es hat sich dabei gezeigt, dass bei der Einzeltierbehandlung von kranken adulten Tieren der einmalige Klauenschnitt pro Tier weniger lange dauert, als beim jährlichen Pflegeschnitt von gesunden Tieren. Die Einzeltierbehandlung von kranken Tieren muss jedoch deutlich öfters durchgeführt werden. Ein Durchschnittsbetrieb (50 Muttertiere) benötigt für die Einzeltierbehandlung erkrankter Tiere rund 28 Arbeitskraftstunden, für einen Klauenschnitt und -bad 56 Arbeitskraftstunden und für eine Sanierung gemäss Szenario B 60 Arbeitskraftstunden. Die Einzeltierbehandlung von erkrankten Tieren ist am wenigsten zeitintensiv, weil auch bei hoher Moderhinkeprävalenz nur rund 10-20 % der Tiere behandelt werden. Diese Art der Behandlung dient jedoch nur der Kontrolle und nicht der Eliminierung der Krankheit. Um den Zeitaufwand einer Bekämpfung (Szenario B und C) möglichst tief zu

1 Der Begriff Tierwohl wird in dieser Studie synonymhaft zum Begriff Tiergerechtheit verwendet und umfasst Aspekte der Tiergesundheit, die Ausführbarkeit von natürlichen Verhaltensweisen und das Wohlbefinden. Diese Definition geht über das klassische Verständnis von Tierwohl (wie z.B. spezifische Haltungssysteme) hinaus.

halten, sollte ein Behandlungsbeginn bei kleiner Tierzahl auf dem Betrieb und ohne hochträgliche Auen erfolgen (d.h. weder kurz vor dem Ablammen noch direkt nach dem Ablammen).

Kosten-Nutzen-Analyse

Aus den verschiedenen Teilprojekten kann nun die Wirtschaftlichkeit der alternativen Bekämpfungsszenarien in Form einer Nettowohlfahrtsbestimmung ermittelt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse über einen Zeithorizont von 2014-2030 durchgeführt. Dabei wurde der Nettonutzen der Sanierung von Einzeltieren auf Betriebsebene hochgerechnet. Hierfür wurde der Tierbestand für den Zeitraum mithilfe eines SUR Modells prognostiziert. Zudem wurden Skaleneffekte bei der Behandlung von Moderhinke berücksichtigt, indem die Kosten von drei Betriebsgrössenklassen untersucht wurden und deren Entwicklung im Zeitraum 2014-2030 prognostiziert wurde. Darüber hinaus flossen die Schätzungen der gesellschaftlichen Kosten durch verändertes Tierwohl in die Berechnung der Nettowohlfahrt ein. Die Kostenkomponente wurde in Arbeits-, Sach- und Fremdkosten aufgeteilt. Bei allen vier Szenarien (A bis D) spielten die Arbeitskosten die grösste Rolle, während die Sachkosten nur einen geringen Anteil an den gesamten Behandlungskosten hatten. Der Nutzen wiederum wurde aufgeteilt in Kostenminderung bzw. Erlössteigerungen auf dem Betrieb und den verringerten intangiblen Schäden. Abschliessend wurde ermittelt, wie die Bekämpfungsszenarien im Vergleich zur Beibehaltung des Ist-Zustandes abschneiden. Um den Nettowohlfahrtsgewinn aufzuzeigen, wurden die Kosten und Nutzen im Szenario A („Laisser-faire“) von den Kosten und Nutzen der alternativen Szenarien abgezogen. Dabei wies das Szenario D („Keine Bekämpfung“) einen negativen Wohlfahrtseffekt und die Szenarien B („BGK Schema“) und C („Tupfer“) positive Wohlfahrtseffekte auf. Da der Nettowohlfahrtseffekt für Szenario C grösser als für Szenario B ist, kann geschlussfolgert werden, dass die Sanierung unter Einsatz von Tupferproben die optimale Strategie zur Bekämpfung der Moderhinke darstellt.

Insgesamt können die folgenden Schlussfolgerungen abgeleitet werden:

- Eine schweizweite Moderhinkebekämpfung führt zu einer beträchtlichen Verbesserung des Tierwohls und zu einer verkürzten Mastdauer bei den Lämmern. Die Bekämpfung ist mit viel Arbeit vor allem auf Ebene Betriebe und mit entsprechenden Überwachungskosten (vor allem Kontrollen auf den Betrieben) verbunden. Ohne eine systematische Behandlung fallen erheblichen Kosten zur Behandlung einzelner Tiere an.
- Die Befragung der Schafhalter hat gezeigt, dass sich die Problematik Moderhinke in den letzten Jahren tendenziell verbessert hat. Dies lässt darauf schliessen, dass sich durch die Aktivitäten vor allem in der Ostschweiz und die häufigen Informationen über die Presse und Kurse die Sensibilität erhöht hat und – wenn auch nur durch eine wenig koordinierte Behandlung von Einzeltieren mit Krankheitssymptomen – auf Ebene Einzelbetrieb zusehends Massnahmen ergriffen werden.

- Aufgrund der Antworten aus dem Fragebogen wird ersichtlich, dass Moderhinke in allen Regionen in der Schweiz weit verbreitet ist. Dies trifft ebenfalls auf die Regionen mit obligatorischen Sanierungen zu. Es ist davon auszugehen, dass in Regionen, wo bereits eine Sanierung läuft, Tierhalter sensibilisierter sind.
- Die Kosten-Nutzen-Analyse hat gezeigt, dass die Kosten bei einer schweizweiten Sanierung geringer als bei der Beibehaltung des Ist-Zustandes („Laisser-faire“ Szenario) ausfallen würden. Als Folge der systematischen Massnahmen geht die Prävalenz deutlich zurück, wodurch die Kosten langfristig tiefer gehalten werden können als bei einer Einzeltierbehandlung. Insbesondere aufgrund der Verbesserung des Tierwohls und der damit verbundenen Senkung intangibler Kosten erscheint eine systematische Sanierung zielführend.
- Das BGK-Szenario mit klinischen Klauenkontrollen ist aufgrund der hohen Kontrollkosten nicht die beste Option für eine schweizweite Bekämpfung. Die Sanierung mit Nutzung von Tupferproben (Szenario „Tupfer“) erlaubt eine kostengünstigere und effizientere Bekämpfung der Moderhinke.
- Aufgrund des sehr regen Tierverkehrs (Handel, Sömmerung, Winterweide) ist eine Sanierung im Einzelbestand nicht nachhaltig. Daher kann nur mit einer schweizweiten Bekämpfung der Reinfektionsdruck massiv gesenkt werden.
- Aufgrund der Antworten im Rahmen der Befragung muss davon ausgegangen werden, dass in aktuell Moderhinke-sanierten Gebieten mehr Moderhinke-Probleme bestehen, als gemeldet werden (Reinfektionsmeldung). Daraus dürfte geschlossen werden, dass mit den visuellen Kontrollen (bis Ende 2015) nicht alle Infektionen erfasst wurden oder ein Teil der Infektionen absichtlich nicht gemeldet wurden. Wir gehen davon aus, dass mit der neuen Methode (Tupferproben), die seit anfangs 2016 in den Kantonen Graubünden und Glarus umgesetzt wird, allfällige Infektionen frühzeitig erkannt werden können. Das epidemiologische Model zeigt auch, dass mit einer starken Reduktion der Moderhinke-Infektionen innert weniger Jahren bei einer schweizweiten Bekämpfung unter Einbezug von Tupferproben gerechnet werden kann.

Wenn zusätzlich zu den simulierten Kontrollmassnahmen weitere Massnahmen getroffen werden, welche die Reinfektionsrate verringern, wird erwartet, dass auch die Moderhinke-Prävalenz rascher als hier präsentiert abfällt. Solche Massnahmen könnten eine Keulung von Tieren sein, die immer wieder erkranken (rezidivierend kranke Tiere), oder die Restriktion des Tierverkehrs mittels Sperrmassnahmen beinhalten. In den Szenarien wurden keine Massnahmen für die Einschränkung der interregionalen Übertragung miteinbezogen. Eine Einschränkung oder ein Verbot von Schaftransporten zwischen Regionen, die Teilnahme an überregionalen Ausstellungen und Sömmerung von Schafen aus Betrieben, die Moderhinke-Probleme haben, kann über Restriktionen im Tierverkehr in Betracht gezogen werden. Dadurch kann die Rate von Neuinfektionen verringert und, wie bei der Verringerung der Reinfektionsrate, ein rascherer Abfall der Moderhinke-Prävalenz erwartet.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangslage | 1 |
| 1.2 Forschungsfragen..... | 2 |
| 1.3 Vorgehen und Aufbau der Studie..... | 2 |
| 2. Einfluss der Moderhinke auf das Einzeltier | 4 |
| 2.1 Einfluss auf die Leistungsparametern von Auen und deren Lämmer | 4 |
| 2.1.1 Einleitung | 4 |
| 2.1.2 Material und Methoden..... | 5 |
| 2.1.3 Resultate..... | 11 |
| 2.1.4 Diskussion | 20 |
| 2.1.5 Schlussfolgerungen | 24 |
| 2.2 Einfluss auf das Liege- und Fressverhalten der Lämmer..... | 24 |
| 2.2.1 Einleitung | 25 |
| 2.2.2 Tiere, Material und Methoden | 26 |
| 2.2.3 Resultate..... | 29 |
| 2.2.4 Diskussion | 32 |
| 2.2.5 Schlussfolgerungen | 35 |
| 3. Einfluss auf das Tierwohl | 36 |
| 3.1 Moderhinkebekämpfung und Tierwohl..... | 36 |
| 3.1.1 Verringeretes Tierwohl als intangibler Schaden der Moderhinke | 37 |
| 3.1.2 Tierseuchenbekämpfung bei Vorhandensein von intangiblen Kosten .. | 38 |
| 3.2 Methode zur monetären Bewertung des durch Moderhinke verminderten Tierwohls..... | 39 |
| 3.3 Vorbereitung der Gruppendiskussion | 40 |
| 3.4 Durchführung und Auswertung der Gruppendiskussion..... | 42 |
| 3.4.1 Bestimmung wichtiger Aspekte durch die Experten | 42 |
| 3.4.2 Gewichtung der Faktoren intangibler Schäden..... | 43 |
| 3.4.3 Bewertung des Schmerzes von Schafen | 43 |
| 3.4.4 Schätzung der intangiblen Schäden in Geldeinheiten..... | 44 |
| 3.4.5 Verringerung intangibler Schäden durch Sanierungsmassnahmen..... | 46 |
| 3.5 Schlussfolgerungen | 49 |
| 4. Experteninterviews (Hintergrundinformationen) | 51 |
| 4.1 Auswahl der Methode..... | 51 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.2 | Expertenwahl und Definition des Expertenbegriffs..... | 51 |
| 4.3 | Durchführung | 52 |
| 4.4 | Auswertung | 54 |
| 4.5 | Ergebnisse | 54 |
| 4.5.1 | Allgemeine Situation der Moderhinke | 54 |
| 4.5.2 | Einflussfaktoren des Tieres | 56 |
| 4.5.3 | Auswirkungen aufs Einzeltier | 56 |
| 4.5.4 | Ausbreitung und Tierverkehr | 57 |
| 4.5.5 | Massnahmen gegen Moderhinke | 59 |
| 4.5.6 | Sanierung der Gesamtherde | 60 |
| 4.5.7 | Weitere Aspekte | 61 |
| 5. | Befragung der Schafhalter | 63 |
| 5.1 | Erstellung und Versand des Fragebogens, Erstellung des Datensatzes | 63 |
| 5.2 | Deskriptive Analyse der Daten | 64 |
| 5.2.1 | Ausbreitung der Moderhinke | 65 |
| 5.2.2 | Massnahmen gegen Moderhinke | 68 |
| 6. | Schätzung der Verbreitung der Moderhinke anhand der Maximum Entropie- | |
| | Methode | 71 |
| 6.1 | Einleitung | 71 |
| 6.2 | Theoretischer Hintergrund der Maximum Entropie..... | 71 |
| 6.3 | Modellwahl | 72 |
| 6.4 | Vorhersage | 73 |
| 6.5 | Schätzverfahren..... | 74 |
| 6.6 | Goodness of Fit | 74 |
| 6.6.1 | Hosmer-Lemshow Test | 74 |
| 6.6.2 | Brier Score | 75 |
| 6.7 | Daten | 76 |
| 6.7.1 | Fragebogendaten | 76 |
| 6.7.2 | AGIS- und Tierverkehrs-Datenbank des Bundesamtes für Landwirtschaft | 76 |
| 6.7.3 | Verknüpfung der Daten aus der Umfrage mit AGIS | 77 |
| 6.7.4 | Regionale Ausstellungen..... | 77 |
| 6.8 | Empirische Spezifikation | 77 |
| 6.8.1 | Abhängige Variable | 81 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6.8.2 | Unabhängige Variablen | 82 |
| 6.9 | Ergebnisse und Diskussion | 90 |
| 6.9.1 | Parameter Schätzungen..... | 90 |
| 6.9.2 | Schätzung der Vorhersagen..... | 93 |
| 6.9.3 | Szenarien..... | 95 |
| 7. | Definition der Bekämpfungsszenarien | 98 |
| 7.1 | Szenarien A1 und A2: Laissez-Faire..... | 98 |
| 7.2 | Szenario B: Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema..... | 99 |
| 7.3 | Szenario C: Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema mit Tupferproben | 99 |
| 7.4 | Szenario D: Keine Sanierung in der gesamten Schweiz | 99 |
| 8. | Epidemiologisches Modell | 101 |
| 8.1 | Grundstruktur | 101 |
| 8.1.1 | Regioneneinteilung | 101 |
| 8.1.2 | Simulation der Übertragung innerhalb einer Region | 103 |
| 8.1.3 | Übertragung der Moderhinke zwischen Regionen..... | 104 |
| 8.2 | Berechnung der Parameterwerte | 104 |
| 8.2.1 | Intraregionale Parameter β , σ und γ | 106 |
| 8.2.2 | Parameter zur Simulation der Übertragung zwischen Regionen | 108 |
| 8.3 | Anpassung des Modelles an die Situation in der Schweiz | 110 |
| 8.4 | Szenarienbeschreibung..... | 111 |
| 8.4.1 | Szenarien A, B, C und D | 113 |
| 8.5 | Resultate..... | 114 |
| 8.5.1 | Anpassung des Modelles an die Schweizer Verhältnisse | 114 |
| 8.5.2 | Szenario A | 117 |
| | 118 | |
| 8.5.3 | Szenario B | 119 |
| 8.5.4 | Szenario C | 122 |
| 8.5.5 | Szenario D | 125 |
| 8.6 | Diskussion | 128 |
| 9. | Arbeitszeitbedarf für verschiedene Moderhinkebehandlungsmassnahmen in der Schweizer Schafhaltung | 132 |
| 9.1 | Einleitung | 132 |
| 9.2 | Hintergrundinformationen zu Moderhinke | 132 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 9.2.1 | Bekämpfung von Moderhinke..... | 132 |
| 9.2.2 | Situation in der Schweiz | 135 |
| 9.2.3 | Kostenfaktor Arbeit | 135 |
| 9.3 | Grundlagen der Arbeitszeiterfassung und Begriffsdefinition | 135 |
| 9.3.1 | Methoden der Arbeitszeiterfassung in der Landwirtschaft..... | 137 |
| 9.3.2 | Arbeitszeitbedarf in der Schafhaltung | 138 |
| 9.4 | Material und Methoden..... | 139 |
| 9.4.1 | Vorgehen beim Durchführen einer Arbeitsbeobachtung | 139 |
| 9.4.2 | Gliederung der Arbeitsvorgänge in Arbeitselemente, Festlegen der Messpunkte und Datenaufnahme..... | 143 |
| 9.4.3 | Statistische Auswertung | 143 |
| 9.4.4 | Arbeitskalkulationsmodell | 143 |
| 9.5 | Ergebnisse..... | 148 |
| 9.5.1 | Arbeitszeiterfassung auf der Chamau..... | 149 |
| 9.5.2 | Ergebnisse der Berechnungen mit dem Arbeitskalkulationsmodell | 151 |
| 9.5.3 | Zeitbedarf pro Herde in Abhängigkeit der Geburtenverteilung bei einer Moderhinkeprävalenz von 50 % | 154 |
| 9.5.4 | Zeitbedarf pro Herde in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns | 156 |
| 9.5.5 | Sensitivität des Zeitbedarfs bei Erhöhung der geschätzten Planzeiten im Arbeitskalkulationsmodell | 158 |
| 9.6 | Diskussion | 159 |
| 9.6.1 | Ergebnisse der Arbeitszeiterfassung | 159 |
| 9.6.2 | Zusätzlicher Arbeitsbedarf aufgrund von Moderhinke und Unterschiede im Zeitbedarf je Behandlungsart..... | 162 |
| 9.6.3 | Vergleich mit dem Zeitbedarf für den Pflegeschnitt bei gesunden Tieren | 163 |
| 9.6.4 | Vergleich der Behandlungsszenarien | 164 |
| 9.6.5 | Abhängigkeiten des Zeitbedarfs..... | 165 |
| 9.6.6 | Unterschiede je nach Betriebstyp | 165 |
| 9.6.7 | Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Betriebe | 167 |
| 9.6.8 | Sensitivität der geschätzten Planzeiten | 169 |
| 10. | Indirekte Kosten | 170 |
| 10.1 | Einführung | 170 |
| 10.2 | Nachfrage | 170 |
| 10.2.1 | Elastizität der Nachfrage | 170 |
| 10.2.2 | Einfluss der Importe..... | 171 |
| 10.2.3 | Nachfrageveränderung bei einer Sanierung oder Bekämpfung | 171 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 10.3 | Angebot..... | 173 |
| 10.4 | Diskussion | 175 |
| 10.4.1 | Effekt auf das Marktgleichgewicht..... | 175 |
| 10.4.2 | Effekte auf die Wertschöpfungskette Lammfleisch..... | 175 |
| 11. | Kosten-Nutzen Evaluation der verschiedenen Bekämpfungsszenarien | 177 |
| 11.1 | Berechnung der Nettowohlfahrt | 177 |
| 11.2 | Schätzung des Tierbestandes..... | 178 |
| 11.2.1 | Datenbeschreibung | 178 |
| 11.2.2 | Methode der Schätzung zukünftiger Schafbestände | 180 |
| 11.2.3 | Ergebnis..... | 184 |
| 11.3 | Skaleneffekte: Schätzung der Entwicklung der Betriebsgrößen | 187 |
| 11.3.1 | Datenbeschreibung | 188 |
| 11.3.2 | Methode zur Schätzung der zukünftigen Betriebsgrößenentwicklung..... | 190 |
| 11.3.3 | Ergebnis..... | 191 |
| 11.4 | Spezifizierung der Behandlungskosten und -nutzen in den Szenarien | 192 |
| 11.5 | Annahmen zum Nutzen der Behandlung | 201 |
| 11.6 | Kosten-Nutzen Evaluation..... | 203 |
| 11.7 | Darstellung der Kosten- und Nutzelemente..... | 203 |
| 11.7.1 | Kosten und Wirkung der Bekämpfung in den Szenarien..... | 203 |
| 11.7.2 | Nettowohlfahrt der Bekämpfungsszenarien | 206 |
| 12. | Schlussfolgerungen und Empfehlungen | 211 |
| | Literaturverzeichnis | 213 |
| | Anhang..... | 220 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Aufbau der Studie | 3 |
| Abbildung 2: Verlauf der mittleren Gewichte der Auen über 6 Monate post partum..... | 12 |
| Abbildung 3: 14-tägliche Gewichtsveränderung der Auen aufgeteilt nach Gruppe und Einlings- und Zwillingsgeburten | 13 |
| Abbildung 4: BCS Beurteilung der Auen..... | 14 |
| Abbildung 5: Verlauf der MH-Prävalenz bei den Auen während des Versuchs..... | 14 |
| Abbildung 6: Mittlere Stapellänge der Wolle | 15 |
| Abbildung 7: Beurteilung der Wolle bezüglich Stapeldichte, Feinheit und Ausgeglichenheit | 15 |
| Abbildung 8: Geburtsgewichte der Lämmer nach Gruppe und Einling oder Zwilling.... | 16 |
| Abbildung 9: Gewichtsverlauf der KO- und MH-Lämmer | 16 |
| Abbildung 10: Gewichtszunahme der Lämmer jeweils innert 14 Tagen nach Gruppe und Zwilling oder Einling | 17 |
| Abbildung 11: Zunahmen der MH-Lämmer gemäss dem zu Beginn der 14 Tages-Zunahmeperiode beobachteten MH-Score, jeweils für links Einlinge und rechts Zwillinge..... | 18 |
| Abbildung 12: Verlauf der MH-Prävalenz der Lämmer während des Versuchs..... | 19 |
| Abbildung 13: Mastdauer der Lämmer nach Gruppe und Zwilling/Einling | 19 |
| Abbildung 14: Schlachtkörperbeurteilung der KO- und MH Lämmer nach CHTAX..... | 20 |
| Abbildung 15: Lamm mit MSR Datenlogger vorne links und hinten links im Pilotversuch (Foto: Sereina Grieder). | 26 |
| Abbildung 16: MSR Datenlogger mit Beschleunigungssensor in x-, y-, und z- Richtung | 28 |
| Abbildung 17: Liegedauer pro Tag in Stunden der drei untersuchten Gruppen: Kontrolle (weiss), schwache Moderhinke (hellgrau), starke Moderhinke (dunkelgrau) aufgeteilt in die fünf Beobachtungstage 1 bis 5..... | 30 |
| Abbildung 18: Anzahl Liegeperioden pro Tag der drei untersuchten Gruppen: Kontrolle (weiss), schwache Moderhinke (hellgrau), starke Moderhinke (dunkelgrau) aufgeteilt in die fünf Beobachtungstage 1 bis 5..... | 31 |
| Abbildung 19: Mediane der Liegeperiodendauer in Minuten der drei untersuchten Gruppen: Kontrolle (weiss), schwache Moderhinke (hellgrau), starke Moderhinke (dunkelgrau) aufgeteilt in die fünf Beobachtungstage 1 bis 5 | 32 |
| Abbildung 20: Temperaturverlauf auf der Chamau während der 5 Beobachtungstage | 34 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 21: Tierseuchenbekämpfung als öffentliches Gut | 38 |
| Abbildung 22: Reduktion intangibler Schäden durch eine Moderhinkebekämpfung | 48 |
| Abbildung 23: Gesamttierbestand der Schweiz | 65 |
| Abbildung 24: Auftreten von Lahmheit im Jahr 2014..... | 65 |
| Abbildung 25: Probleme mit Moderhinke im Jahr 2014..... | 66 |
| Abbildung 26: Problemen mit Moderhinke 2010 bis 2014 nach Kantonen | 66 |
| Abbildung 27: Einschätzung Moderhinke Problematik 2014 im Vergleich zu den letzten 5 Jahren | 67 |
| Abbildung 28: Moderhinkesituation 2014 zu früher | 67 |
| Abbildung 29: Probleme mit Moderhinke 2010 bis 2014 nach Herdengrösse | 68 |
| Abbildung 30: Massnahmen falls Tiere an Moderhinke erkrankt sind..... | 68 |
| Abbildung 31: Massnahme Klauenschnitt nach Herdengrösse..... | 69 |
| Abbildung 32: Massnahme Klauenspray nach Herdengrösse | 69 |
| Abbildung 33: Massnahme Klauenbad nach Herdengrösse | 70 |
| Abbildung 34: Definition der Regionen (22 Regionen. Die Farben geben die Terzile der Schafbetriebsdichte (Anzahl Betriebe pro landwirtschaftliche Nutzfläche) wieder: Weiss: 0 – 0.54; Ocker: 0.54 – 1.05; Braun: 1.05 – 6.43) | 81 |
| Abbildung 35: Verteilung der abhängigen Variablen | 81 |
| Abbildung 36: Einfluss der Anzahl Sömmerungstage pro Schaf auf Moderhinke, 2014 | 83 |
| Abbildung 37: Anteil Schafe pro Gesamttierbestand mit und ohne Moderhinke, 2014 (Schafe am Gesamttierbestand) | 84 |
| Abbildung 38: Anzahl Schafe pro Betrieb (linker Teil) und Landwirtschaftliche Nutzfläche pro Betrieb (rechter Teil) mit und ohne Moderhinke, 2014..... | 85 |
| Abbildung 39: Anzahl Schafe pro LN mit und ohne Moderhinke, 2014..... | 86 |
| Abbildung 40: Jährliche Wachstumsrate pro Betrieb mit und ohne Moderhinke, 2014 | 87 |
| Abbildung 41: Anzahl Schafe pro Weidefläche (obere links), Anzahl Schafe pro Arbeitskraft (oben rechts), Anteil der Schafhaltungen pro landwirtschaftliche Betriebe (unten), 2014 | 88 |
| Abbildung 42: Anzahl ausgestellte Schafe pro Region mit und ohne Moderhinke, 2014 | 89 |
| Abbildung 43: Verteilung der Vorhersageschätzungen in den drei Gruppen..... | 94 |
| Abbildung 44: Massnahmen falls Tiere an Moderhinke erkrankt sind..... | 98 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 45: Struktur des Modelles | 101 |
| Abbildung 46: Einteilung der Schweiz in 27 Regionen. Die Farben geben die Tertiäre der Schafbetriebsdichte (Anzahl Betriebe pro landwirtschaftliche Nutzfläche) wieder: Weiss: 0 – 0.54; Ocker: 0.54 – 1.05; Braun: 1.05 – 6.43..... | 102 |
| Abbildung 47: Relative Frequenzen der drei Kompartimente während der Anpassung des Modells an die Schweizer Verhältnisse (BASE). Blau = Gesund und Empfänglich (S), Grün = Infiziert (I), Rot = Genesen (R). Die dicke schwarze Linie stellt das Jahr 45 dar, die dünne schwarze Linie den Schnittpunkt der Senkrechten und dem Median des I-Kompartiments. | 115 |
| Abbildung 48: Relative Frequenzen der drei Kompartimente während der Anpassung des Modells an die Schweizer Verhältnisse (HIGH). Blau = Gesund und Empfänglich (S), Grün = Infiziert (I), Rot = Genesen (R). Die dicke schwarze Linie stellt das Jahr 45 dar, die dünne schwarze Linie den Schnittpunkt der Senkrechten und dem Median des I-Kompartiments. | 115 |
| Abbildung 49: Änderung der Parameterwerte ab Jahr 45 am Beispiel des Szenario C, BASE Situation. Dicke Linien: Median, dünne Linien: 2.5 %, 25 %, 75 % und 97.5 %; Blau = R-Kompartiment, Grün = I-Kompartiment, Rot = S-Kompartiment. | 117 |
| Abbildung 50: Verlauf der Prävalenzen für Szenario A, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 117 |
| Abbildung 51: Verlauf der Prävalenzen für Szenario A, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 118 |
| Abbildung 52: Verlauf der Prävalenzen für Szenario B, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 120 |
| Abbildung 53: Verlauf der Prävalenzen für Szenario B, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 121 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 54: Verlauf der Prävalenzen für Szenario C, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 123 |
| Abbildung 55: Verlauf der Prävalenzen für Szenario C, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean,, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 124 |
| Abbildung 56: Verlauf der Prävalenzen für Szenario D, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 126 |
| Abbildung 57: Verlauf der Prävalenzen für Szenario D, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen. | 127 |
| Abbildung 58: Ablaufschema der Sanierung gemäss Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (2010)..... | 134 |
| Abbildung 59: Methoden der Arbeitszeiterfassung in der Landwirtschaft (Auernhammer 1979)..... | 137 |
| Abbildung 60: Übersicht zum Arbeitszeitbedarf für Sonderarbeiten und die Tierkontrolle in der Schafhaltung (Mager et al. 2009)..... | 138 |
| Abbildung 61: Gebäudeplan des Schafstalls auf der Forschungsstation Chamau..... | 142 |
| Abbildung 62: Anteil der Geburten pro Kalenderwoche in Prozent für die Geburtenverteilung "Chamau", "Frühling und Herbst", "Frühling" und "asaisonal"..... | 146 |
| Abbildung 63: Behandlungsdauer in Wochen in Abhängigkeit der Moderhinkeprävalenz in Prozent zu Beginn der Behandlung, sowie die Regressionsgleichung für die blau eingezeichnete Trendlinie. Die dunklen Punkte basieren auf Einschätzungen von R. Lüchinger Wüest ³ und die hellen Punkte auf Daten von D. Greber (2016)..... | 147 |
| Abbildung 64: Durchschnittlicher Zeitbedarf einer Sanierung gemäss BGK oder einem Klauenschnitt und -bad in Abhängigkeit der Herdengrösse bis 100 Muttertiere und einer Moderhinkeprävalenz von 10, 50 und 80 % (MH-Prävalenz in Klammer) | 152 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 65: Durchschnittlicher Zeitbedarf einer Sanierung gemäss BGK oder einem Klauenschnitt und -bad in Abhängigkeit der Herdengrösse von 200 bis 1000 Muttertiere und einer Moderhinkeprävalenz von 10, 50 und 80 % (MH-Prävalenz in Klammer) .. | 153 |
| Abbildung 66: Durchschnittlicher Zeitbedarf für eine Einzeltierbehandlung in Abhängigkeit der Herdengrösse und einem Anteil an behandelten Tieren von 10, 50 und 80 %..... | 154 |
| Abbildung 67: Durchschnittlicher Zeitbedarf der Behandlungsszenarien Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad bei der Geburtenverteilung „Frühling“ und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %..... | 155 |
| Abbildung 68: Durchschnittlicher Zeitbedarf der Behandlungsszenarien Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad bei der Geburtenverteilung „Frühling und Herbst“ und einer Moderhinkeprävalenz von 50 % | 155 |
| Abbildung 69: Durchschnittlicher Zeitbedarf der Behandlungsszenarien Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad bei der Geburtenverteilung „asaisonal“ und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %..... | 156 |
| Abbildung 70: Durchschnittlicher Zeitbedarf beim Behandlungsszenario „Klauenschnitt und -bad“ in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns bei 500 Muttertieren und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %..... | 157 |
| Abbildung 71: Durchschnittlicher Zeitbedarf beim Behandlungsszenario „Sanierung gemäss BGK“ in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns bei 500 Muttertieren und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %..... | 158 |
| Abbildung 72: Zusammenhang zwischen der Erhöhung aller geschätzten Planzeiten um 100 % und der daraus maximal resultierenden Erhöhung des Zeitbedarfs je Herdengrösse. | 159 |
| Abbildung 73: Isoelastische Nachfragefunktion..... | 171 |
| Abbildung 74: Angebotsfunktion (kurz- und langfristig)..... | 174 |
| Abbildung 75: Marktgleichgewicht..... | 174 |
| Abbildung 76: Darstellung des Kreuzvalidierungsverfahrens (Beispiel: zehn Durchläufe mit zweijähriger Testperiode) | 184 |
| Abbildung 77: Tierpopulation der Schweiz 1999-2031 | 187 |
| Abbildung 78: Gesamtschweizerische Entwicklung der Betriebstypen 1999-2014 | 188 |
| Abbildung 79: Nettowohlfahrtsbetrachtung: Gegenüberstellung von Behandlungskosten und Wirkung der Massnahmen (High, Referenz: Laisser-faire)..... | 209 |
| Abbildung 80: Nettowohlfahrtsbetrachtung: Gegenüberstellung von Behandlungskosten und Wirkung der Massnahmen (Base, Referenz: Laisser-faire) | 210 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Übersicht über die erhobenen Daten bei Auen und Lämmern | 7 |
| Tabelle 2: Beschreibung der MH Scores nach BGK (2010) | 8 |
| Tabelle 3: Erklärung der Variablen des Nieuwhof Modells | 10 |
| Tabelle 4: Zusammensetzung der MH- und der KO-Herde | 11 |
| Tabelle 5: Mittelwerte der fünf Versuchstage von Liegedauer, Anzahl Liegeperioden und Median der Liegeperiodendauer | 29 |
| Tabelle 6: Gewichtung der Themenbereiche intangibler Schäden | 43 |
| Tabelle 7: Intangible Schäden der Moderhinke, schweizweit und pro Tier | 45 |
| Tabelle 8: Verringerung der intangiblen Schäden durch ein schweizweites Sanierungsprogramm | 47 |
| Tabelle 9: Überblick über die ausgewählten Experten | 52 |
| Tabelle 10: Versanddaten der Frageboen | 63 |
| Tabelle 11: Kontingenztabelle für Hosmer-Lemeshow Test | 75 |
| Tabelle 12: Informationen zur Stichprobe nach Kanton | 78 |
| Tabelle 13: Informationen zu den Modellvariablen | 79 |
| Tabelle 14: Erklärende Faktoren für die Eintrittswahrscheinlichkeit, welche im Modell verwendet werden | 82 |
| Tabelle 15: Anteil der Schafhaltenden mit und ohne Widder bzw. Moderhinke, 2014 . | 84 |
| Tabelle 16: Anteil an Schafhaltungen mit und ohne RAUS bzw. Moderhinke, 2014 | 85 |
| Tabelle 17: Anteil an Schafhaltungen nach Altersklassen mit und ohne Moderhinke, 2014 | 86 |
| Tabelle 18: Anteil an Schafhaltungen nach Erfahrungsjahren mit und ohne Moderhinke, 2014 | 87 |
| Tabelle 19: Anteil der Schafhaltungen mit und ohne Moderhinke, nach Sanierungspflicht 2014 | 89 |
| Tabelle 20: Anzahl und Anteil an Schafhaltungen nach Regionen mit und ohne Moderhinke, 2014 | 89 |
| Tabelle 21: Geschätzte Quotenverhältnisse (Odds) der Parameter des Logit-Modells auf Ebene Betrieb und Gemeinde | 91 |
| Tabelle 22: Geschätzte Quotenverhältnisse (Odds) der Parameter des Logit-Modells auf Ebene Kanton | 92 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 23: Geschätzte Quotenverhältnisse (Odds) der Parameter des Logit-Modells auf Ebene Region | 93 |
| Tabelle 24: Beobachtete und vorhergesagte durchschnittliche Prävalenzen auf Ebene Schafhaltung in der Schweiz nach Kanton, 2014 | 94 |
| Tabelle 25: base scenario | 96 |
| Tabelle 26: high scenario | 97 |
| Tabelle 27: Inputparameter Modell: Popsiz = Anzahl Schafbetriebe, Density = Durchschnittliche Schafbetriebsdichte, BetamaxCounty = Maximum der Pert-Verteilung der Infektionsrate β , BetaminCounty = Minimum der Pert-Verteilung der Infektionsrate β , BetamedCounty = Median der Pert-Verteilung der Infektionsrate β , Climate = Klimafaktor, Infected = Anzahl infizierter Herden zu Beginn einer Simulation für die BASE und HIGH Situation | 104 |
| Tabelle 28: Genesungs- und Reinfektionsraten pro Szenario..... | 112 |
| Tabelle 29: Moderhinke Prävalenz in % während der Anpassung des Modells an die Schweizer Verhältnisse vom Simulationsstart bis zum Modell-Jahr 45, welches als Jahr 2014 festgelegt wurde. Gemittelte Werte über 1000 Simulationen. | 116 |
| Tabelle 30: Prävalenzen Szenario A, B, C, D in % nach der Einführung (Szenarien B und C) respektive Absetzung (Szenario D) der entsprechenden Massnahmen. Gemittelte Werte über 1000 Simulationen. | 128 |
| Tabelle 31: Definition von Haupt-, Neben- und Zusatzzeit (nach Hammer, 1997) | 136 |
| Tabelle 32: Unterteilung der Arbeitsabschnitte am Beispiel der Lämmermast (nach Auernhammer, 1976)..... | 137 |
| Tabelle 33: Beschreibung der Arbeitsaufgabe, -personen, -hilfsmittel und -ergebnis | 139 |
| Tabelle 34: Übersicht und Beschreibung der geschätzten Planzeiten im Arbeitskalkulationsmodell | 145 |
| Tabelle 35: Auflistung der restlichen Annahmen für das Arbeitskalkulationsmodell... | 148 |
| Tabelle 36: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Einzeltierausschneiden in der Bucht“ | 149 |
| Tabelle 37: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Ausschneiden in einem Klauenstand“ | 150 |
| Tabelle 38: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Ausschneiden bei Lämmern“ | 150 |
| Tabelle 39: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Klauenbad“ | 151 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 40: Durchschnittlicher Zeitbedarf je Arbeitselement der drei untersuchten Behandlungsarten | 160 |
| Tabelle 41: Vergleich des Zeitbedarfs eines jährlichen Pflegeschnitts mit dem Zeitbedarf einer Moderhinkebehandlung für verschiedene Herdengrößen | 163 |
| Tabelle 42: Kreuzpreiselastizitäten für Substitutions- und Komplementärprodukte von Lammfleisch. Nicht aufgeführte Produkt haben keine signifikante Elastizität | 172 |
| Tabelle 43: Tierbestand pro Region | 179 |
| Tabelle 44: Getestete Modelle zur Abschätzung der Entwicklung der Schafbestände | 180 |
| Tabelle 45: Prognoseeigenschaften der Modelle zur Schafbestandschätzung | 185 |
| Tabelle 46: Tierbestand Schätzung des Gewinnermodells: SUR mit linearem Trend | 186 |
| Tabelle 47: Betriebstypen pro Region (2014) | 189 |
| Tabelle 48: Schätzung der Betriebstypenanteile | 191 |
| Tabelle 49: Behandlungsarten bei verschiedenen Szenarien | 192 |
| Tabelle 50: Kontrollen in den Szenarien Laisser-faire, BGK Schema und Tupfer | 194 |
| Tabelle 51: Sach- und Fremdkosten ausgewiesen nach Betriebstypen | 194 |
| Tabelle 52: Kosten des Betriebes bei Einzeltierbehandlung, pro Jahr | 196 |
| Tabelle 53: Kosten des Betriebes bei Sanierung mit klinischen Kontrollen, pro Jahr. | 197 |
| Tabelle 54: Kosten des Betriebes bei Sanierung mit Tupferproben, pro Jahr | 199 |
| Tabelle 55: Intangible Schäden bei unterschiedlicher schweizweiter Moderhinkeprävalenz | 202 |
| Tabelle 56: Behandlungskosten und Auswirkungen der Moderhinke 2014-2030 (High) (in Mio. CHF) | 204 |
| Tabelle 57: Behandlungskosten und Auswirkungen der Moderhinke 2014-2030 (Base) (in Mio. CHF) | 206 |
| Tabelle 58: Direkter Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (High) (in Mio. CHF) | 207 |
| Tabelle 59: Direkter Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (Base) (in Mio. CHF) | 207 |
| Tabelle 60: Gesellschaftlicher Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (High) (in Mio. CHF) | 208 |
| Tabelle 61: Gesellschaftlicher Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (Base) (in Mio. CHF) | 209 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|---|
| BCS | Body Condition Score (1 = sehr mager; 5 = überfett) |
| BGK | Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer |
| D. | Dichelobacter |
| KO | Kontrolle |
| LG | Lebendgewicht |
| LGM | Lineares gemischtes Modell |
| MH | Moderhinke |
| RT-PCR | Reverse Transcription - Polymerase Chain Reaction |
| SG | Schlachtgewicht |

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Moderhinke ist eine ansteckende Klauenkrankheit insbesondere der Schafe, welche das Wohlbefinden erkrankter Tiere erheblich einschränkt. Der ursächliche Erreger von Moderhinke ist das anaerobe Bakterium *Dichelobacter nodosus* (*D. nodosus*). In der Schweiz geben mehr als die Hälfte aller organisierten Schafzüchter an, dass Moderhinke ein ständiges Problem darstellt. Neben der Beeinträchtigung des Tierwohls führt die Erkrankung auch zu hohen ökonomischen Verlusten mit einem hohen Zusatzaufwand für die Landwirte für deren Behandlung. Ökonomische Verluste ergeben sich vor allem durch eine tiefere Milch- und Mastleistung sowie durch Kosten für Behandlung und Vorbeugung. Bisherige Studien zu den Auswirkungen der Moderhinke auf die Landwirtschaft und auf die vor- und nachgelagerten Stufen in der Wertschöpfungskette sind rar. So gehen Nieuwhof et al. (2008) davon aus, dass der Verlust in der Fleischproduktion bei mässigen Befall mit Moderhinke bei 8 % liegt. Schätzungen für Grossbritannien haben gezeigt, dass durch die Moderhinke jährlich ca. 36 Mio. Schweizer Franken an Kosten entstehen (Nieuwhof und Bishop, 2005). Auch für die Schweiz ist dementsprechend mit beträchtlichen Kosten respektive Mindererlösen zu rechnen.

Ausser in den Kantonen Graubünden und Glarus bestehen bis heute keine gesetzlichen Vorgaben zur flächendeckenden Bekämpfung dieser Krankheit. Dennoch werden auch dort während der Alpsaison immer wieder Reinfektionen festgestellt. Sowohl reger Tierverkehr und Kontakte mit nicht sanierten Herden als auch die Tatsache, dass die Diagnose bis anhin ausschliesslich anhand klinischer Befunde mit entsprechend niedriger Sensitivität gestellt werden musste, kommen als Ursache für Reinfektionen in Frage.

Seit 2014 steht ein Labortest (kompetitiver RT-PCR) zur Verfügung, welcher die Diagnosestellung erheblich präzisiert und eine nachhaltige Bekämpfung vielversprechender macht. Auch auf der politischen Ebene wurde die Problematik der Moderhinke erkannt (Motion Hassler zur schweizweiten Bekämpfung der Moderhinke der Schafe, Motion Nr. 14.3503 vom 19.6.2014, Annahme durch den Nationalrat am 26.9.2014 und im Ständerat am 9.6.2015). Um die Möglichkeit und den Vorteil einer flächendeckenden Bekämpfung der Moderhinke in der Schweiz abzuschätzen, muss eine Gegenüberstellung von Kosten (Sanierungsaufwand, Beeinträchtigung Tierwohl etc.) und betrieblichem Mehrertrag (Mastleistung, Schlachtkörperqualität etc.) erfolgen. Die hier vorgeschlagene Studie soll diese Gegenüberstellung untersuchen und wichtige Grundlagen zu den ökonomischen Auswirkungen, einer Bekämpfung der Schweizer Schafpopulation in Bezug auf die Moderhinke erarbeiten.

Diese Studie ist eingebettet in ein System von wissenschaftlichen Untersuchungen zur Moderhinke in der Schweiz, welche durch die Arbeitsgruppe Moderhinke koordiniert

werden. Bis jetzt wurden verschiedene Feldstudien im Rahmen von Dissertationen und Masterarbeiten durchgeführt. Dabei standen Epidemiologie, Diagnostik und Bekämpfungsmassnahmen im Zentrum der Untersuchungen. Weitere bereits in Planung stehende Studien setzen sich mit der Wirksamkeit von umweltschonenden Alternativen zu den aktuellen Badeflüssigkeiten zur Bekämpfung der Moderhinke sowie der Krankheitsübertragung sei es durch Nutztiere (Ziege, Rind) oder Wildtiere (Steinbock, Gämse, Hirsch und Reh) oder beispielsweise Behandlungsinstrumente auseinander. Das präsentierte Projekt ist das erste, das sich mit den ökonomischen Auswirkungen der Moderhinke in Bezug auf eine Herden-Sanierung auseinandersetzt und gleichzeitig weitere wichtige Grundlagen zu dieser Tierkrankheit (z.B. zu den Leistungseinbussen bei kranken Tieren oder der schweizweiten Verbreitung der Moderhinke) liefert.

1.2 Forschungsfragen

Mit Hilfe dieser Forschungsarbeit werden die folgenden Fragen beantwortet:

- (1) Welche direkten Schäden entstehen in verseuchten Beständen durch die Moderhinke (direkte Effekte auf die Leistung der Tiere)?
- (2) Welche indirekten Schäden verursacht die Moderhinke (z.B. Wertschöpfungskette)?
- (3) Welche intangiblen Schäden² werden durch die Moderhinke hervorgerufen (Tierwohl)?
- (4) Wie ist die Verteilung der Moderhinke und ihrer Kosten in der Schweiz?
 - a. Aktuelle Häufigkeit der Schadensfälle und Kosten verursacht durch die Moderhinke resp. Einsparungen im Falle einer Bekämpfung,
 - b. Prävalenz unter Berücksichtigung verschiedener epidemiologischer Ausbreitungsszenarien (Vergleich der Prävalenzen unter der Annahme von unterschiedlichen Bekämpfungsstrategien).
- (5) Welche Kosten und Nutzen entstehen durch eine schweizweite Bekämpfung der Moderhinke in der Schweiz im Rahmen der verschiedenen Szenarien?

Die Beantwortung der Forschungsfragen erlaubt die Bewertung und Optimierung betriebsspezifischer Massnahmen. Entsprechend ist die gezielte Entwicklung von Bekämpfungsszenarien und die Formulierung von optimalen Politikmassnahmen möglich.

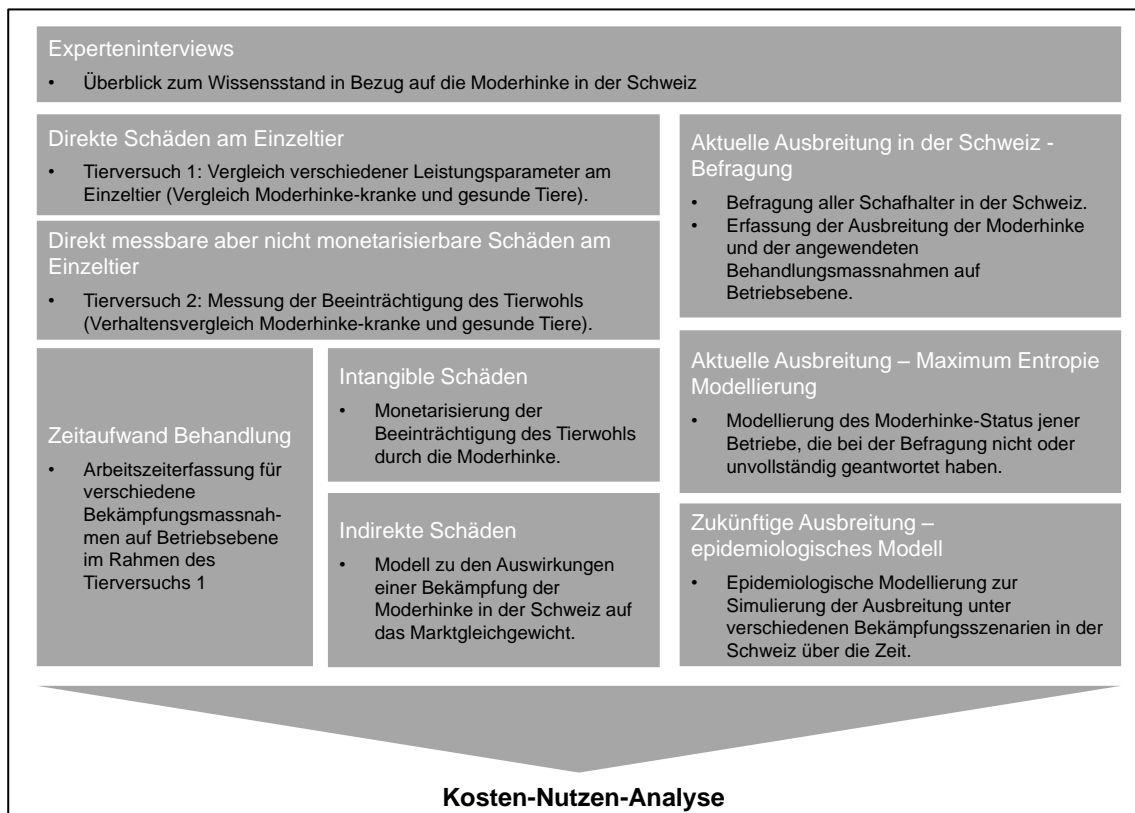
1.3 Vorgehen und Aufbau der Studie

Zur Beantwortung der Forschungsfragen war eine mehrschichtige und interdisziplinäre Vorgehensweise notwendig. Es wurde eine Aufgliederung in Teilprojekte

² Nicht direkt monetär messbare Schäden, Kosten und Nutzen bezeichnet man als intangibel.

vorgenommen, wobei alle Teilprojekte ihren Teil zur Kosten-Nutzen-Analyse beitrugen. Abbildung 1 stellt den systematischen Aufbau der Studie dar.

Abbildung 1: Aufbau der Studie



Die linke Seite von Abbildung 1 setzte sich vor allem mit den Schäden und den Kosten der Moderhinke auseinander, während die rechte Seite die aktuelle Prävalenz und die zukünftige Ausbreitung unter verschiedenen Szenarien modelliert. Schliesslich mündeten die Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte in der Kosten-Nutzen-Analyse.

Der Bericht ist gemäss Abbildung 1 aufgebaut. Gewisse Teilprojekte wurden zur besseren Übersicht in Pakete zusammengefasst.

1. Paket: Einfluss auf das Einzeltier

2. Einfluss der Moderhinke auf das Einzeltier

2.1 Einfluss auf die Leistungsparametern von Auen und deren Lämmer

2.1.1 Einleitung

Betreffend Verbreitung, Diagnostik und Bekämpfungsstrategien sei auf die Einleitung des Berichts verwiesen.

Die Pathogenese erfolgt schrittweise. Die Infektion von intakter Haut wird als unwahrscheinlich angesehen, hingegen fördern eine feuchtwarme Umgebung sowie minimale Läsionen der Zwischenklauenhaut die Infektion. Als bedeutender Wegbereiter wird hier vor allem *Fusobacterium necrophorum* erwähnt, ein ubiquitär vorhandener Anaerobier. *Dichelobacter(D) nodosus*, ein ebenfalls Gram-negatives anaerobes Stäbchen, ist hingegen ausschliesslich in Klauenhorn vermehrungsfähig und auch fähig, dieses mittels Proteasen und Keratinasen aufzulösen (Abbott und Lewis, 2005; Bennett et al., 2009). Durch seine eher niedrige Tenazität, also etwa vier Wochen in feuchter Erde, ist er der spezifische Auslöser der Krankheit, deren Reservoir in Wiederkäuerklauen liegt. Zehn Serogruppen (A-I, M) sind bekannt. Klinisch werden virulente, intermediäre und benigne Stämme beschrieben, wobei sich virulente und benigne seit kurzem auch genetisch anhand eines einzelnen Aminosäuren-Unterschieds im Proteasegen Apr2 differenzieren lassen (Stäuble et al., 2014). Die Übertragung geschieht über den Kontakt mit kontaminierten Boden (Raadsma und Egerton, 2013). Die Infektion beginnt im Zwischenklauenbereich. Durch die Schädigung des Keratins wird das Klauenhorn schrittweise von seiner Keimschicht getrennt. Im Verlauf der Infektion setzt sich dieser Entzündungs- und Ablösungsprozess über die Innenwand, die Sohle und die Aussenwand bis zur Klauenspitze fort und endet im schlimmsten Fall mit dem vollständigen Ablösen des Klauenschuhs. (Abbott und Lewis, 2005)

Der Befall von MH wird regelmässig als relevant bezüglich Tierwohl und ökonomischen Verlusten beschrieben, allerdings werden die finanziellen Einbussen selten beziffert. Nieuwhof und Bishop (2005) konnten jedoch zeigen, dass bereits eine kleine Reduktion der Befallsrate innerhalb der Herde Behandlungskosten und Verluste durch die verminderte Leistung reduzieren. Sie schätzen die Leistungseinbussen, welche jährlich für Grossbritannien durch den Befall von MH entstehen, auf rund 7 Mio. Pfund. Weitere 4 Mio. Pfund müssen für Behandlungskosten aufgewendet werden.

Diese Kosten, die zur Abschätzung des Aufwands einer Sanierung benötigt werden, sind für die Schweiz weitgehend unbekannt. Insbesondere die Leistungseinbussen durch den Befall auf Einzeltier- beziehungsweise Herdenebene sollten daher mittels eines Tierversuchs evaluiert werden.

Ziele des Versuchs

Als Parameter zur Beurteilung der Leistung wurden Mastleistung und Schlachtkörperqualität von Lämmern, sowie Fertilität und Säugeleistung der Auen verglichen. Dafür sollten auf demselben Betrieb, unter Kontrolle aller äusseren Bedingungen, zwei Herden, eine gesunde Kontrollherde (KO) und eine konstant mit Moderhinke infizierte Herde (MH), verglichen werden. In der MH-Herde sollte die Krankheit so kontrolliert werden, dass die Tiere lokal behandelt, jedoch nicht mit Klauenbädern saniert werden. Damit sollte der Verpflichtung gemäss Tierschutzgesetz Art. 4 (ungerechtfertigte Schmerzen verhindern) entsprochen und der in nicht sanierten Herden der Schweiz häufig praktizierten Behandlungsintensität entsprochen werden.

Hypothesen

Erwartet wurde ein Unterschied zwischen der KO- und MH-Herde in Bezug auf Mastleistung und Schlachtkörperqualität der Lämmer, auf die Fruchtbarkeit und Milchleistung der Muttertiere sowie allenfalls auch auf die Wollqualität und -quantität. Die Differenz aller Parameter wäre damit erklärbar, dass die erkrankten Tiere schmerzbedingt weitere Gehstrecken meiden, und damit die Futtersuche und -aufnahme eingeschränkt ist (Marshall et al., 1991). Die entsprechend geringere Leistung der Tiere würde die gesamte Kosten-Nutzen-Analyse negativ beeinflussen.

2.1.2 Material und Methoden

Versuchsaufbau

Der Versuch wurde von Anfang März 2015 bis Ende Oktober 2015 auf der ETH-Forschungsstation Chamau in Hünenberg durchgeführt. Da vereinzelt Lämmer dann noch nicht schlachtreif waren, wurde er ausschliesslich für diese Tiere sowie ihre Mütter bis Ende Januar 2016 verlängert.

Tiere

Der Tierversuch wurde gemäss Schweizer Tierschutzgesetz im Kanton Zug bewilligt (ZG 67/15). Die tragenden Auen für die KO-Herde stammten aus BGK sanierten Betrieben. Es handelte sich grösstenteils um Herdebuchtiere der Rasse Weisses Alpenschaf. Die Tiere der MH-Herde wurden von Händlern zugekauft. Die Muttertiere gehörten grösstenteils ebenfalls der Rasse Weisses Alpenschaf an, waren aber von Widdern unterschiedlicher Fleischrassen (z.B. Texel, Suffolk) trächtig. Da hier keine individuelle Daten verfügbar waren, wurde eine Altersschätzung anhand der Zähne durchgeführt. Der MH-Status wurde mittels Tupferproben bei Stichproben in beiden Herden untersucht, wobei in der KO-Herde von allen Herkunftsbetrieben Tiere beprobt wurden. Insgesamt wurden in der KO-Herde 84 und in der MH-Herde 68 trächtige Auen zugekauft. Weitere 19 Tiere der MH-Gruppe waren offensichtlich nicht trächtig

und wurden daher zurückgegeben. Da die Deckwidder bei den meisten Auen der MH-Herde, aber auch bei einigen Tieren der KO-Herde nicht bekannt waren, wurde die Rasse der Lämmer aufgrund des Exterieurs bestimmt.

Haltungs- und Fütterungsmanagement

Beide Herden standen während der Winterfütterung (Februar bis Ende April) im gleichen Stall mit gleichen Grundmassen auf Tiefstreu. Um eine Ansteckung der KO-Herde zu verhindern, waren die Herden durch einen Zwischengang, der längs durch den ganzen Stall verläuft, physisch getrennt. Fütterung, Einstreu und Zutritt für weiteres Management wurde ausschliesslich über die Aussengänge gewährleistet, Geräte wie Futterwagen und Tierwaagen waren doppelt vorhanden und wurden je nur für eine Herde verwendet. Das gesamte Gebäude war mittels Abschränkungen in zwei Bereiche unterteilt, die jeweils mit separaten Schuhen betreten werden mussten. Auf Seite der MH-Herde sorgten mit Desinfektionsmittel (Virkon-S, Arovet, Dietikon) getränkte Matten für zusätzliche Verminderung des Keimdrucks an Schuhwerk und Futterwagen. So konnten die Risiken eines Fehlverhaltens minimiert werden. Während der Ablamperperiode wurden in den Buchten kleinere Abteile geschaffen, um lammende Auen zu isolieren und beidseitig wurde bis zum Beginn der Weideperiode ein Lämmerschlufl, d.h. ein Kompartiment, in das nur die Lämmer Zutritt hatten, eingerichtet. Ansonsten waren die Buchten nicht unterteilt und die Tiere konnten sich innerhalb der Herde frei bewegen. Im Winter bestand die Fütterung aus Heu, Grassilage und wenig Kraftfutter, während der Weideperiode aus ganztägiger Kurzrasenweide. Triebwege und Weiden waren für jede Herde separat und kreuzungsfrei erreichbar, die Weiden jedoch qualitativ ähnlich. Ausschliesslich an Hitzetagen wurden beide Herden tagsüber aufgestallt und nur nachts geweidet. Auch für die Messungen wurden die Tiere jeweils kurzfristig eingestallt.

Für die Lämmer, die das Schlachtgewicht bis Ende Oktober noch nicht erreicht hatten, sowie deren Mütter wurde Anfang Dezember wieder auf Winterfütterung umgestellt, und die Tiere in den beschriebenen Buchten aufgestallt. Für alle übrigen Schafe war der Versuch per Ende Oktober abgeschlossen. Diese Tiere wurden - meist an ihre Vorbesitzer - verkauft oder geschlachtet. Tiere der KO-Gruppe wurden vor dem Verstellen nochmals stichprobenweise mit Tupferproben kontrolliert.

Prophylaktische und zootechnische Massnahmen

Der Klauenschnitt war in der KO-Herde vor Ankunft auf dem Heimbetrieb durchgeführt worden. Während des Versuchs erfolgte die Klauenpflege Anfang Juni und Ende September. Zur weiteren Vorbeugung gegen MH wurde zum Beginn des Versuchs und anschliessend alle 6 Wochen ein Klauenbad mit Kupfersulfat (Copper(II) Sulphate Pentahydrate, Manica S.p.A., Rovereto, Italia) durchgeführt. Bei der MH-Gruppe gehörte der Klauenschnitt zu den Datenerhebungen, zusammen mit der Bestimmung des Moderhinke-Scores.

Unmittelbar nach der Schur der Auen beider Herden wurde ein Räudebad mit Phoxim (Sebacil® 50 % Lösung, Provet AG, Lyssach) durchgeführt. Vor dem ersten Weideaustrieb wurden alle Tiere gegen Fliegen mit Deltamethrin (Butox® 7.5, MSD Animal Health GmbH, Luzern) behandelt. Allen Lämmern wurde innerhalb der ersten sieben Lebensstage der Schwanz kuppiert, die männlichen Tiere wurden kastriert. Den neugeborenen Lämmern wurde Vitamin E und Selen (Tocoselenit, Dr. E. Graeub AG, Bern) verabreicht und sie wurden je zweimal im Abstand von 4 Wochen gegen Breinierenkrankheit (Ovilis® Heptavac P, MSD Animal Health GmbH, Luzern) geimpft.

Behandlungen von anderen Krankheiten

Alle übrigen Massnahmen, die nicht das Moderhinke-Management betreffen, wurden vom Betriebstierarzt oder nach dessen Anweisung vom Stallpersonal durchgeführt und protokolliert.

Parasitenkontrolle

Die Auen der KO-Herde waren vor Beginn des Versuchs auf den jeweiligen Heimbetrieben entwurmt worden. Die Auen der MH-Herde wurden bei der Ankunft auf dem Versuchsbetrieb mit Doramectin (Dectomax, Provet AG, Lyssach) entwurmt. Vor dem ersten Weidegang wurden alle Tiere mit Monepantel (Zolvix™, Novartis Tiergesundheit AG, Basel) entwurmt.

Bei den Lämmern wurden bei klinischem Verdacht (Durchfall, rückläufige Zunahmen) Einzeltierbehandlungen durchgeführt, wobei dies immer in beiden Herden gleichzeitig geschah. Zweimal wurden Misch-Kotproben von Auen und Lämmern entnommen und aufgrund der Ergebnisse gezielte Behandlungen bei klinisch auffälligen Tieren durchgeführt.

Datenerhebung

Tabelle 1 fasst die erhobenen Daten bei Auen und Lämmern zusammen. Die Datenerhebung besteht aus den folgenden Komponenten.

Tabelle 1: Übersicht über die erhobenen Daten bei Auen und Lämmern

| Tiergruppe | Messparameter | Periode/Zeitpunkt |
|-------------------|----------------------|---|
| Auen | Gewicht | Alle 2 Wochen (alternierend gesunde und kranke Herde), bis Ende Okt. oder bis zur Schlachtung des letzten Lamms |
| | BCS | 4 mal, alle 2 Monate |
| | MH-Score | Alle 2 Wochen |
| | Wollbeurteilung | Ende August, 4 Monate nach Schur |
| Lämmer | Gewicht | Wöchentlich bis 40 Tage p.n. dann alle 2 Wochen |

| Tiergruppe | Messparameter | Periode/Zeitpunkt |
|------------|--|---|
| | MH Score | Wöchentlich bis 40 Tage p.n. dann alle 2 Wochen |
| | Mastdauer | Zeit von Geburt bis Erreichen von 42-46 kg |
| | Lebend- und Schlachtgewicht | Vor respektive nach Schlachtung |
| | Schlachtkörpergewicht, Fleischigkeit und Fettabdeckung (CHTAX) | Nach Schlachtung |

Gewichtserfassung

Die Gewichtserhebung fand während des gesamten Versuchs immer am Donnerstagmorgen statt. Für jede Herde stand eine Einzeltierwaage (Mettler-Toledo AG, Urdorf) zur Verfügung. In den ersten 4 Lebenswochen der Lämmer wurden sie jede Woche gewogen, anschliessend alle zwei Wochen.

Bei Erreichen des Zielgewichts von 42 bis 46 kg wurden die Tiere innerhalb der nächsten 12 Tage geschlachtet und das Schlachalter protokolliert.

Die Auen wurden bei der Ablammung und anschliessend bis zum Ende des Versuchs Ende Oktober alle zwei Wochen gewogen. Anschliessend standen nur mehr die Mütter der noch nicht geschlachteten Lämmer im Versuch. Bei diesen lief die Datenerhebung weiter bis zur Schlachtung ihres letzten Lammes.

MH-Score

Die Beurteilung der MH wurde gemäss dem Scoring System des BGK durchgeführt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Beschreibung der MH Scores nach BGK (2010)

| Gruppe | Score | Beschreibung |
|-------------|-------|---|
| Kontrolle | 0 | Normale, gesunde Klauen |
| Schwache MH | 1 | Feuchte, gerötete Haut und Haarverlust im Zwischenklauenspalt |
| Schwache MH | 2 | Entzündete Haut und geschädigtes Horn der inneren Klauenwand |
| Starke MH | 3 | Ablösung der inneren Klauenwand im Zwischenklauenspalt und Gewebeveränderungen unterhalb der inneren Wand und des Sohlenhorns |
| Starke MH | 4 | Loslösung dehnt sich über die Sohle bis zur äusseren Wand aus, Gewebe ist stark geschädigt |
| Starke MH | 5 | Ausgedehnte Gewebeschädigung unterhalb des Horns, Horn bis zur Klauenspitze abgelöst |

Alle Tiere der MH-Gruppe, sowohl Auen wie Lämmer, wurden immer von denselben zwei Personen beurteilt. Beide waren dazu vom BGK im Vorfeld entsprechend geschult worden.

Lämmer und Auen wurden nach jeder Wägung auf MH kontrolliert und der Score protokolliert. Hinkende Tiere wurden zusätzlich unabhängig vom Score wöchentlich beurteilt, die Klauen gereinigt, loses Horn entfernt und falls nötig (Scores 4 und 5) mit Chlortetracyclin-Spray (Cyclospray, Dr. E. Graeub AG, Bern) behandelt. Dies wurde separat protokolliert.

Für die Auswertung wurde jeweils der höchste der vier Klauenscores zur Beurteilung des Tieres berücksichtigt (Härdi-Landerer et al. 2012).

Schlachtkörperbeurteilung

Vor der Schlachtung wurde bei allen Lämmern das Lebendgewicht erfasst. Der Schlachtkörper wurde gewogen und immer vom selben Experten der Proviande nach CHTAX beurteilt.

BCS

Alle Auen wurden viermal im Abstand von ca. zwei Monaten bezüglich ihrer Körperkondition (Body Condition Score, BCS) beurteilt. Auch hier wurde die Beurteilung jeweils von der gleichen Person (Experte des BGK) durchgeführt. Die erste Beurteilung erfolgte Ende April, unmittelbar vor der Weideperiode.

Fertilität

Bei jeder Ablammung wurde die Anzahl Lämmer notiert. Auch alle Totgeburten während des Versuchs wurden erfasst. Damit liess sich für jede Herde eine Ausfallrate ermitteln.

Wollbeurteilung

Die Wollqualität wurde bei allen Auen am selben Tag vier Monate nach der ebenfalls am selben Tag durchgeführten Schur beurteilt. Zwei Experten arbeiteten parallel in beiden Gruppen, so dass sich ein allfälliger Beobachterfehler in beiden Herden gleich auswirken musste. Es wurden Stapellänge und -dichte, sowie Feinheit und Ausgeglichenheit des Wollkleides und allfällige Wollfehler notiert.

Statistische Auswertung

Alle Daten wurden mit Excel (Excel®, Microsoft Corporation) erfasst und deskriptiv zusammengefasst. Von den Gewichten wurden Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Median, Minimal- und Maximalwerte erfasst. Von den jeweils 4 MH-Scores pro Tier und Datum wurde der jeweils höchste als Einzeltier-Score bestimmt und hier ausschliesslich Median sowie Minimal- und Maximalwerte ermittelt. Auch Säulendiagramme wurden mit Excel erstellt. Alle übrigen Auswertungen und Graphiken wurden mit dem Statistikprogramm R 3.2.3 (R Core Team, 2015) durchgeführt. Für Gruppenunterschiede des Gewichtsverlaufs von Auen und Lämmern, des

Geburtsgewichts und der Mastdauer, aber auch für den Einfluss des MH Scores auf die Gewichtszunahme innerhalb der MH Gruppe wurden lineare gemischte Modelle (LGM) gerechnet. Die Variablenauswahl des endgültigen Modells wurde mittels Rückwärtselimination von Variablen mit p -Wert über 0.05 als Kriterium bestimmt. Normalverteilung und Annahme der konstanten Fehlervarianz wurden anhand graphischer Analyse der Residuen geprüft. Gruppenunterschiede bezüglich BCS der Auen wurden als ordinale abhängige Variable mittels „cumulative link model“ (R-Paket ordinal) untersucht (Christensen, 2015).

Nieuwhof-Modell

Ziel des Modells war, den Einfluss der MH auf die Gewichtszunahme zu ermitteln. Nieuwhof geht davon aus, dass nach einer gewissen Zeit der Infektion das Tier einen maximalen Gewichtsverlust aufgrund der MH erleidet. Danach wird das Tier weiterwachsen. Für dieses Modell haben Nieuwhof und Bishop (2005) neue Merkmale definiert, die für das Modell wichtig sind.

- Peak time: Zeit zwischen Infektionszeitpunkt und dem höchsten MH-Score.
- Maximum weight effect: die grösste negative Differenz des Gewichts zwischen einem gesunden und einem kranken Tier.
- Time of maximum weight effect: Zeit, wann dieser grösste Effekt auf das Gewicht stattfindet (seit der Infektion).
- Zeit zwischen maximum footrot and maximum weight loss.

Die Gleichung des Modells sieht wie folgt aus:

$$y_{ijklmn} = flock_i + group_j + sex_k + rearing\ type_l + dam\ age_m + b_1t + (b_2t^2) + (b_3t^3) + b_4day + b_5wtst + b_6j.t.group_j + b_7k.t.sex_k + e_{ijklmn} \quad (1)$$

Tabelle 3: Erklärung der Variablen des Nieuwhof Modells

| Variable | Erklärung |
|--------------------|---|
| Y | Lebendgewicht des Tieres n zur Zeit t seit der Infektion |
| flock | Effect der Ursprungsherde |
| group | Effekt der Behandlungsgruppe |
| sex | Effekt des Geschlechts |
| rearing type | Effekt des Aufzuchttyps |
| dam age | Effekt des Alters der Mutter |
| day | Datum der Geburt innerhalb des Jahres |
| wtst | Startgewicht |
| t | Zeit seit der Infektion [Wochen] |
| t.group | Interaktion von Gruppe und t |
| t.sex | Interaktion von Geschlecht und t |
| b _{1,2,3} | Lineare, quadratische and kubische Regression des Gewichts über die Zeit seit der Infektion |

| Variable | Erklärung |
|------------------|---|
| b ₄ | Lineare Regression des Gewichts zum Tag der Geburt |
| b ₅ | Lineare Regression des Gewichts zum Startgewicht |
| b _{6/7} | Gruppen- oder geschlechtsspezifische lineare Regressionen des Gewichts über die Zeit seit der Infektion |

2.1.3 Resultate

Übersicht über die Anzahl Tiere und Ablammungen

In der MH-Herde wurden von 68 Auen total 101 Lämmer geboren, in der KO-Herde gab es von 84 Auen 114 Jungtiere. Perinatal starben 15 beziehungsweise 12 Lämmer. Aus zwei Drillingsgeburten der KO-Herde wurde das jeweils schwächste aus der Herde entfernt und von Hand aufgezogen.

Die Tupferproben zur Bestätigung des MH-Status zeigte folgende Resultate: 38 Auen der KO-Herde: 100 % negativ; 14 Tiere der MH-Herde: 50 % positiv.

Tabelle 4: Zusammensetzung der MH- und der KO-Herde

| Tiere | MH | KO |
|---|-----------|-----------|
| Auen | 68 | 84 |
| Lämmer total | 101 | 114 |
| Lämmer perinatal gestorben | 15 | 12 |
| Ausgeschieden (Handaufzucht) | 1 | 3 |
| Todesrate Lämmer % | 14.9 | 10.5 |
| Lämmer/Aue | 1.49 | 1.35 |
| Ausfallrate Auen (Tod, Todgeburt, leer) % | 28.6 | 16.6 |
| Total Lämmer im Versuch | 85 | 99 |
| davon WAS | 31 | 79 |
| davon Suffolk | 3 | 11 |
| davon Texel | 9 | 9 |
| davon SBS | 8 | 0 |
| davon Charolais | 14 | 0 |
| davon Kreuzungen | 20 | 0 |
| Total Auen im Versuch | 54 | 70 |
| davon Altersgruppe < 3 Jahre | 1 | 21 |
| davon Altersgruppe 3 bis 6 Jahre | 27 | 25 |
| davon Altersgruppe >6 Jahre | 25 | 8 |
| davon Alter unbekannt | 1 | 16 |

Je ein Lamm aus der KO- und MH-Herde wurden als Waise ebenfalls von Hand aufgezogen (Tabelle 4). Sieben Lämmer aus der KO-Herde wurden auf Wunsch der Vorbesitzer nicht geschlachtet, sondern ihnen als Zuchttiere verkauft.

Auen

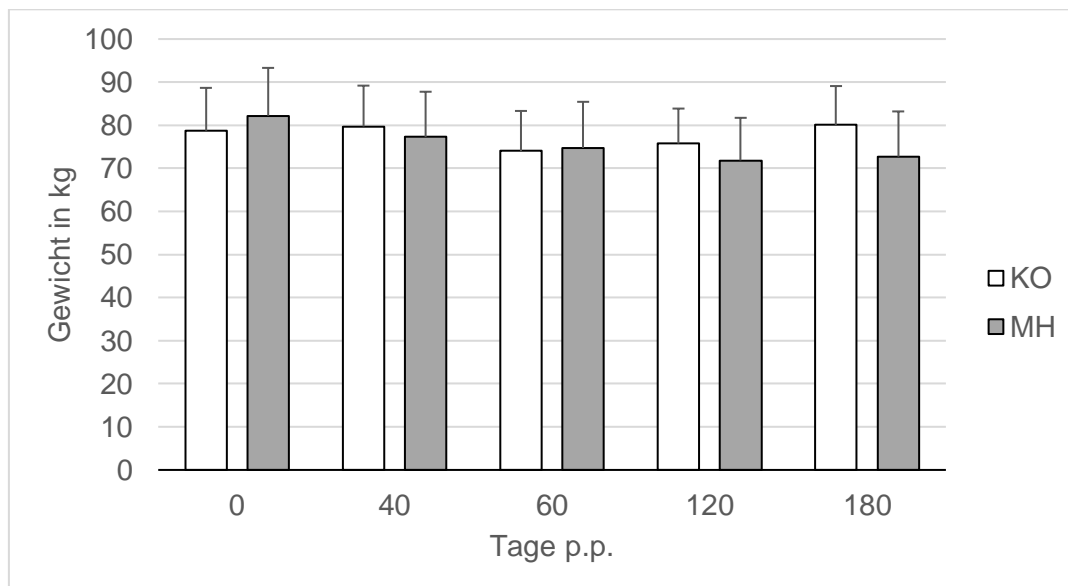
Die Geburten erfolgten hauptsächlich im März und April. Vierzehn Auen der KO-Herde und 2 Auen der MH-Herde wurden jedoch nach erfolgter Geburt im Februar eingestallt. Im Mai erfolgte noch eine Geburt in der KO-Herde und 8 Geburten in der MH-Herde. Alle Auswertungen wurden daher zusätzlich mit einer „outliner“ kontrollierten Gruppe aus Tieren, die alle im März und April ablammen beziehungsweise geboren wurden, getestet. Dabei konnten keine Unterschiede zur Gesamtpopulation gefunden werden.

Die unterschiedliche Altersverteilung hatte in keinem Modell einen signifikanten Einfluss.

Anfangs- und Endgewicht

Die MH-Auen starteten mit einem leicht höheren mittleren Gewicht als die KO-Auen. Allerdings erreichten letztere nach 6 Monaten ihr Ausgangsgewicht wieder, während die MH-Auen auf einem tieferen mittleren Gewicht verharren, (Abbildung 2).

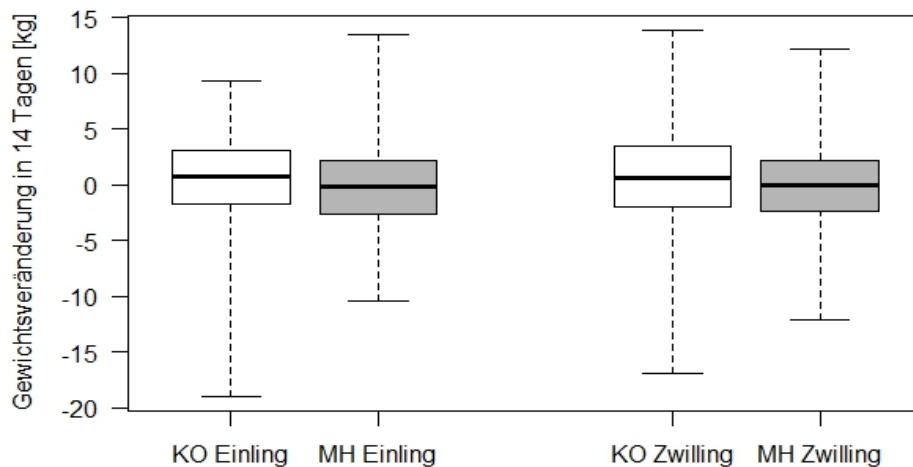
Abbildung 2: Verlauf der mittleren Gewichte der Auen über 6 Monate post partum



Mittlere Zu- und Abnahmen der Auen

Die mittleren Gewichtsveränderungen zeigten, dass die Auen nach der Geburt stark abnahmen und ab etwa der 14.-18. Woche nach der Geburt wieder zunahmen. Diese Zunahmen begannen bei den KO-Auen im Vergleich zu den MH-Auen etwas früher, und sie verloren zu Beginn der Messungen im Mittel auch weniger an Gewicht.

Abbildung 3: 14-tägliche Gewichtsveränderung der Auen aufgeteilt nach Gruppe und Einlings- und Zwillinggeburten



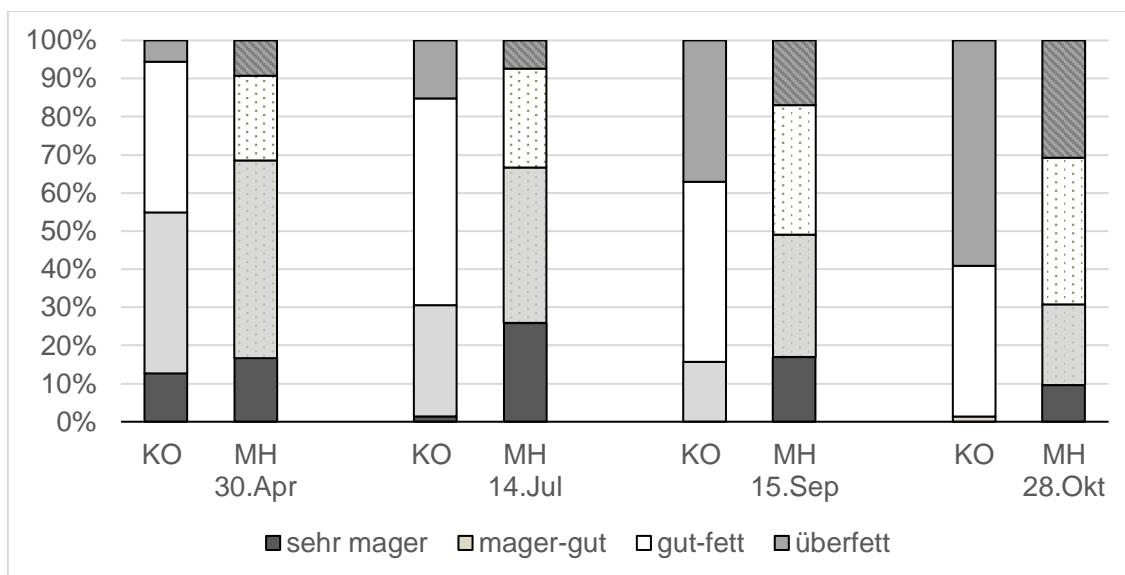
Für das LGM der Gewichtsveränderungen wurde als abhängige Variable die Gewichtsveränderung innerhalb von 14 Tagen untersucht. Als zufälliger Effekt wurde das Einzeltier eingesetzt. Als fixe Effekte wurden die Gruppenzugehörigkeit, die Zeit in Tagen *post partum* sowie die Anzahl Lämmer betrachtet. Im Modell unterschieden sich die Gruppen signifikant, mit 400 g Differenz aber eher unerheblich, hochsignifikant und erwartungsgemäss war hingegen der Effekt der Zeit *post partum*. Keinen signifikanten Effekt hatte die Anzahl Lämmer.

BCS Beurteilung

Bei der BCS-Beurteilung im April wurden 13 % der KO- und 17 % der MH-Gruppe als «sehr mager» (BCS von 1 und 2) eingestuft. In der KO-Herde wurden 5,6 % und in der MH-Herde 9,3 % als «überfett» (BCS von 5) eingestuft (Abbildung 4). Anschliessend sank der Anteil an sehr mageren Tieren, während der Anteil der gut bis fetten, beziehungsweise der überfetten in beiden Gruppen zunahm. Bei der letzten Beurteilung Ende Oktober lagen in der KO-Herde 60 % der beurteilten Auen im Bereich «überfett» und die restlichen 40 % im Bereich «gut-fett», während in der MH-Herde 30 % der Tiere als «überfett», aber noch immer 9 % als «sehr mager» und 38 % als «gut-fett» (BCS von 4) beurteilt wurden (Abbildung 4).

Für das „cumulative link model“ wurden die BCS-Scores als abhängige Variable von Gruppenzugehörigkeit und Messung getestet. Darin erwiesen sich die Gruppen als signifikant unterschiedlich. Auch die Messungen 3 (Sept.) und 4 (Okt.) unterschieden sich von der Messung 1 (April) signifikant

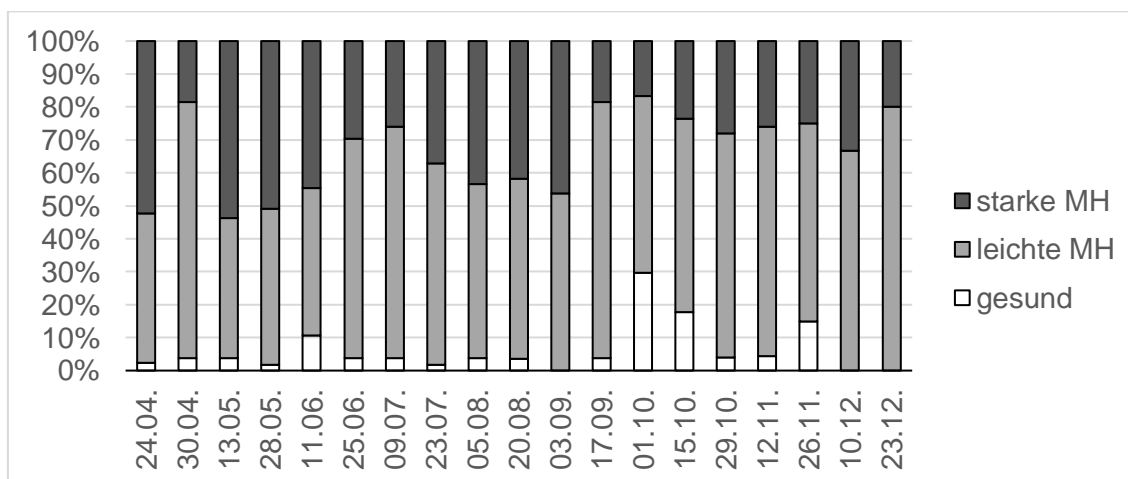
Abbildung 4: BCS Beurteilung der Auen



MH-Verlauf

Als starke MH wurden die Scores 3, 4 und 5, als leichte MH die Scores 1 und 2 zusammengefasst (Abbildung 5). Der Anteil Tiere in der MH-Herde mit gesunden Klauen war immer sehr tief. Tiere mit leichter Moderhinke stellten bei jeder Beurteilung den grössten Anteil, meist im Bereich von 50 %. Tiere mit starker Moderhinke waren in jeder Beurteilung vorhanden, jedoch variierte deren Anteil.

Abbildung 5: Verlauf der MH-Prävalenz bei den Auen während des Versuchs



Wollbeurteilung

Die mittlere Stapellänge der Wolle der MH-Tiere übertraf diejenige der KO-Auen signifikant (Abbildung 6). Die übrigen Kriterien wurden als Scores benotet, wobei signifikante Unterschiede bezüglich Stapeldichte und Ausgeglichenheit zwischen den Herden gefunden wurden. Bezüglich dieser qualitativen Beurteilung waren die KO-Tiere den MH-Auen überlegen (Abbildung 7).

Abbildung 6: Mittlere Stapellänge der Wolle

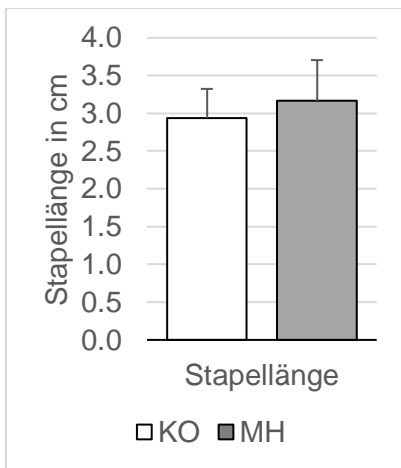
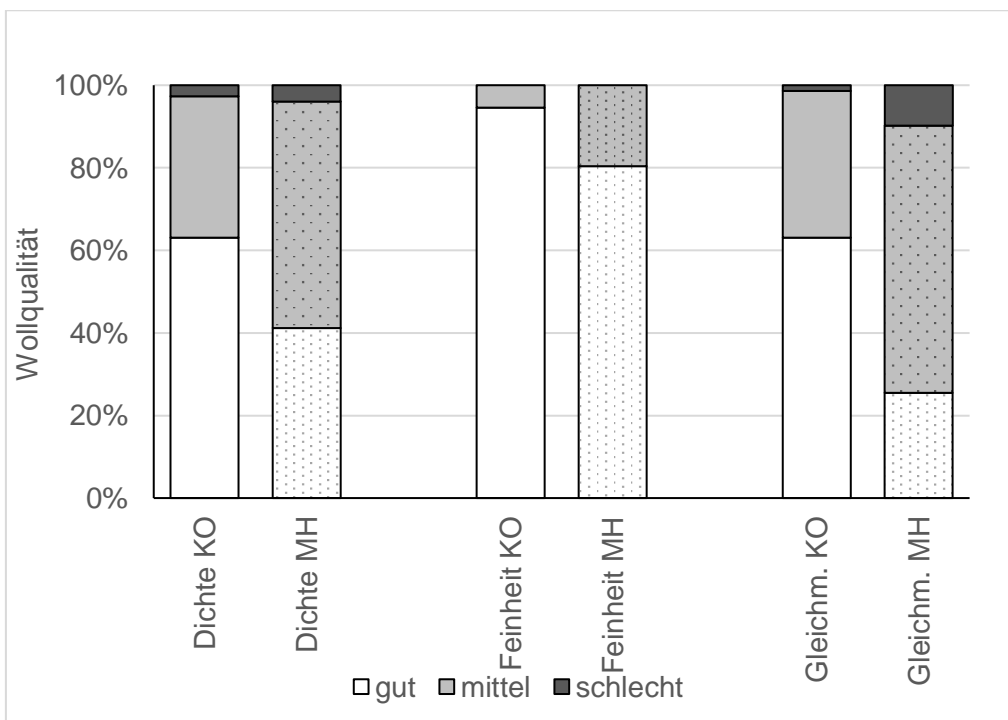


Abbildung 7: Beurteilung der Wolle bezüglich Stapeldichte, Feinheit und Ausgeglichenheit

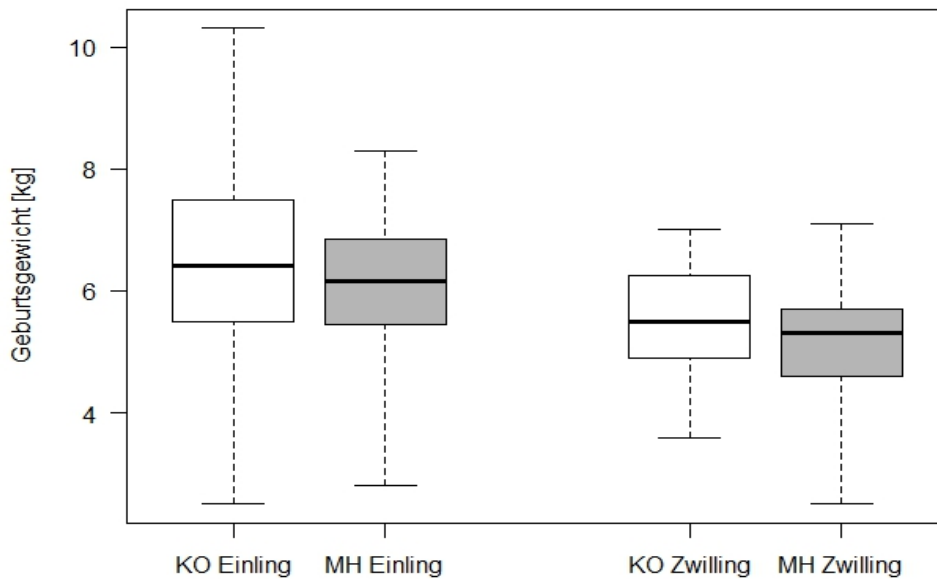


Lämmer

Geburtsgewicht

Das mittlere Geburtsgewicht der KO-Lämmer lag signifikant über dem mittleren Geburtsgewicht der MH-Lämmer (Abbildung 8). Noch deutlicher war der Effekt der Zwillingsgewichte, die hochsignifikant unter dem der Einlinge lagen.

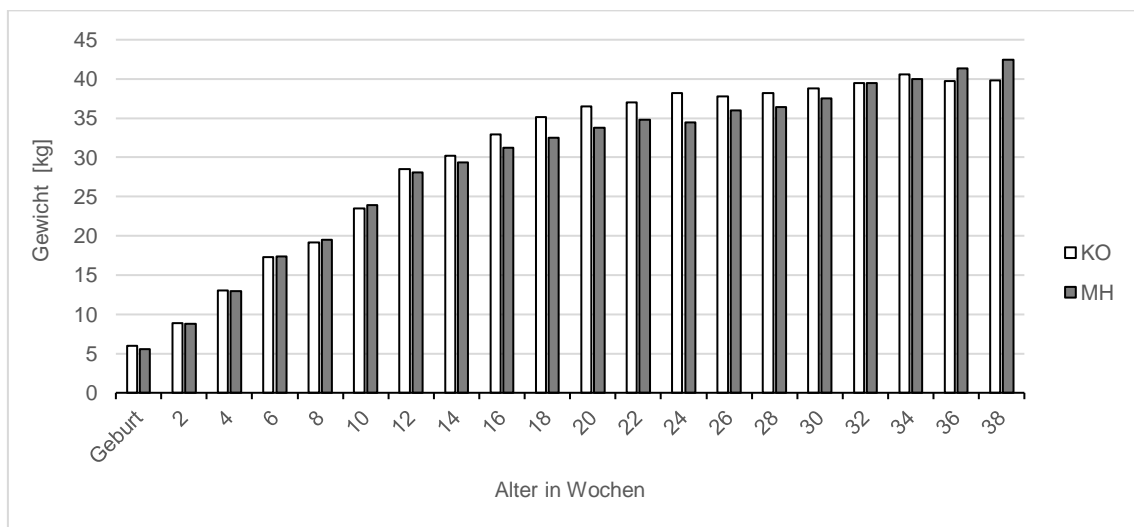
Abbildung 8: Geburtsgewichte der Lämmer nach Gruppe und Einling oder Zwilling



Gewichtverlauf

Bis zum Alter von 9 Wochen liess sich kaum ein Unterschied zwischen den Mittelwerten beobachten. (Abbildung 9). Anschliessend nahmen die KO-Lämmer deutlich schneller zu. Die Abflachung der Kurve zwischen 35 und 40 kg ist versuchsbedingt, da die jeweils schwereren Tiere das Schlachtgewicht erreichten.

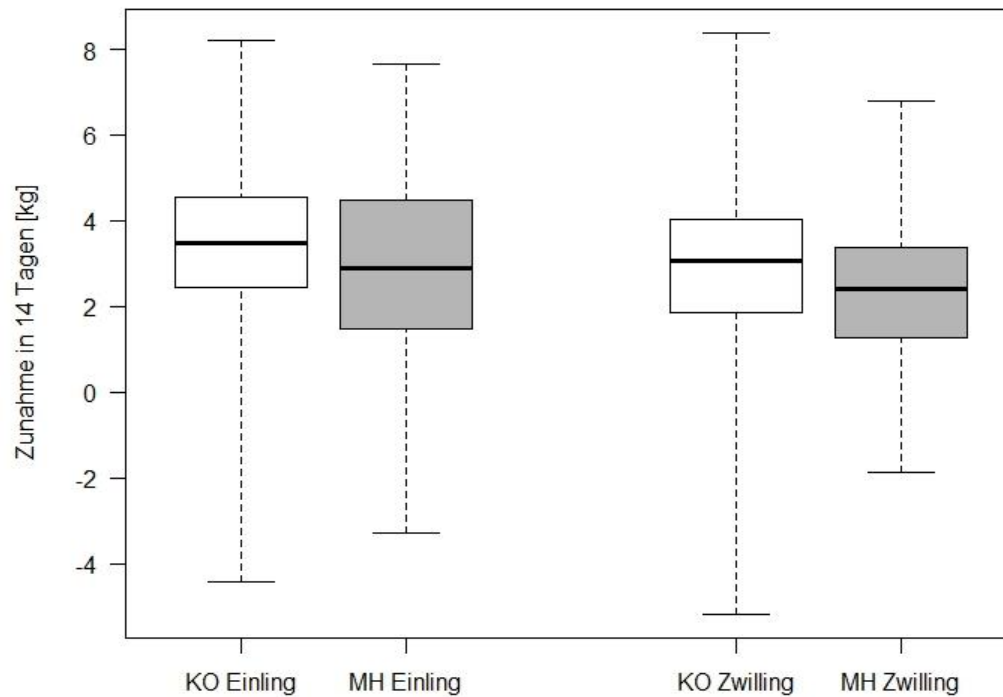
Abbildung 9: Gewichtverlauf der KO- und MH-Lämmer



Für das LGM wurden die Zunahmen während 14 Tagen als abhängige Variable berechnet. Der Effekt des Einzeltiers wurde als zufälliger Effekt eingesetzt, als fixe Effekte wurden die Gruppe, das Alter (in Tagen) sowie der Umstand, ob sie als Zwilling oder Einling geboren wurden, berücksichtigt. Alle Effekte hatten einen signifikanten

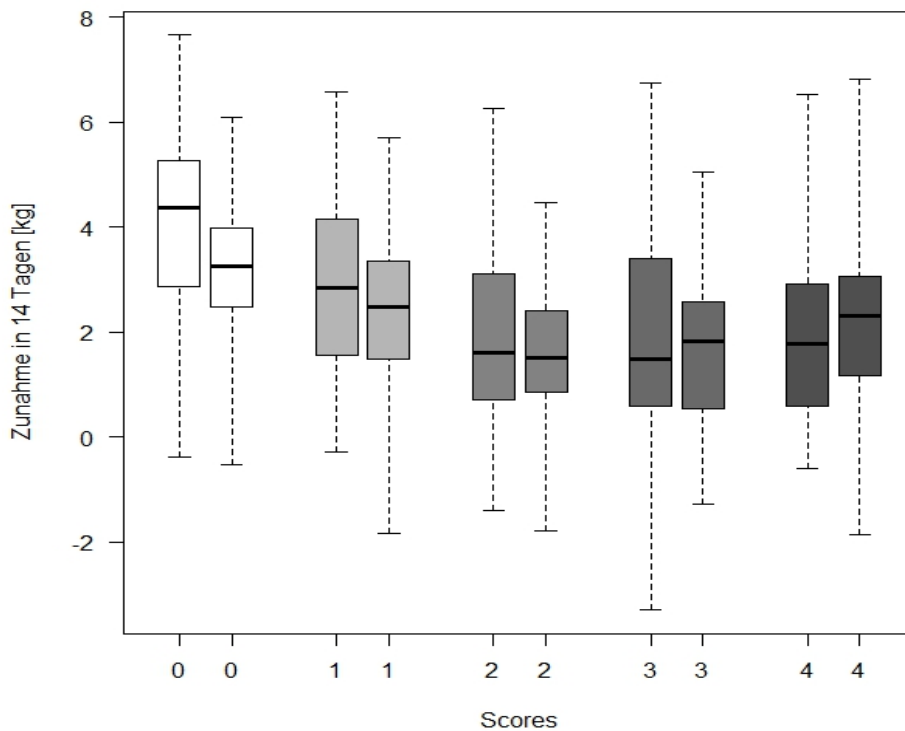
Einfluss auf die Zunahmen (Abbildung 10). Sowohl die Geburt (-310 g) in der MH-Gruppe als auch als Zwilling geboren zu sein (-950 g), verminderte die Zunahmen. Die Interaktion zwischen Alter und Geburt als Zwilling zeigt, dass der Effekt, als Zwilling geboren zu sein, sich mit der Zeit verringert.

Abbildung 10: Gewichtszunahme der Lämmer jeweils innert 14 Tagen nach Gruppe und Zwilling oder Einling



Innerhalb der MH-Gruppe wurde der Effekt des MH Scores untersucht. Zufälliger Effekt war das Einzeltier, der MH-Score zu Beginn der 14 Tage-Periode sowie Alter und Anzahl Geschwister wurden als fixe Effekte im LGM berücksichtigt.

Abbildung 11: Zunahmen der MH-Lämmer gemäss dem zu Beginn der 14 Tages-Zunahmeperiode beobachteten MH-Score, jeweils für links Einlinge und rechts Zwillinge

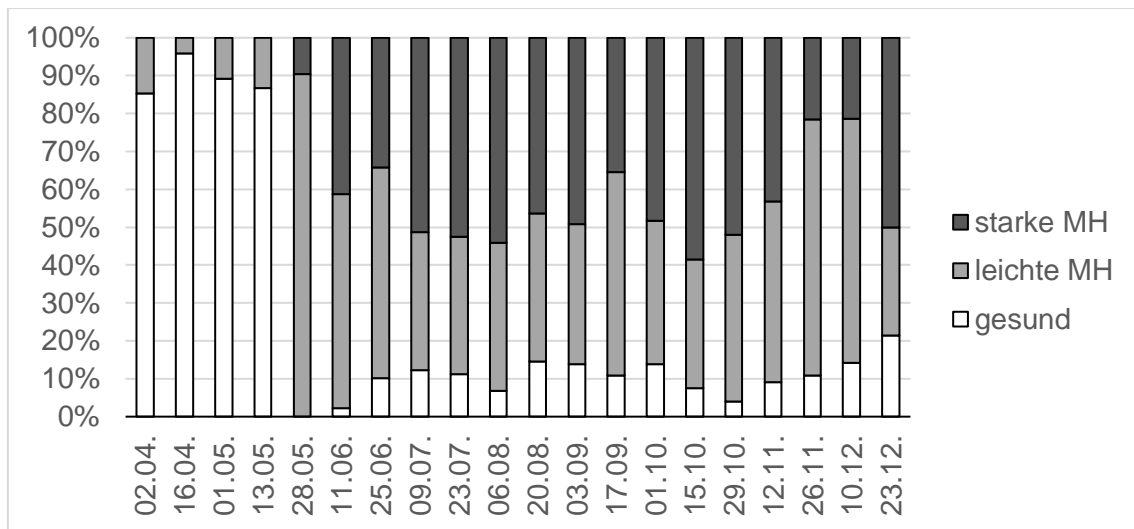


Wiederum beeinflussten alle fixen Effekte die Zunahme innerhalb der 14 Tagesperioden signifikant. Alle Scores, von 1 bis 4 (Score 5 wurde wegen der kleinen Anzahl mit Score 4 zusammengefasst) erniedrigten die Gewichtszunahme im Minimum um 1,3 kg gegenüber Score 0. Zwillinge zeigten um 1,0 kg niedrigere Zunahmen als Einzellämmer. Die signifikante Interaktion zwischen Alter und Scores zeigt, dass mit zunehmendem Alter die MH an Einfluss verliert.

MH-Verlauf

Ab Ende Mai breitete sich die MH bei den Lämmern sprunghaft aus (Abbildung 12). Ab Ende Juni blieb der Anteil Lämmer mit leichter MH bei rund 50 % und sank erst nach Einstellen wieder ab, allerdings waren dann nur mehr 16 Lämmer im Versuch.

Abbildung 12: Verlauf der MH-Prävalenz der Lämmer während des Versuchs

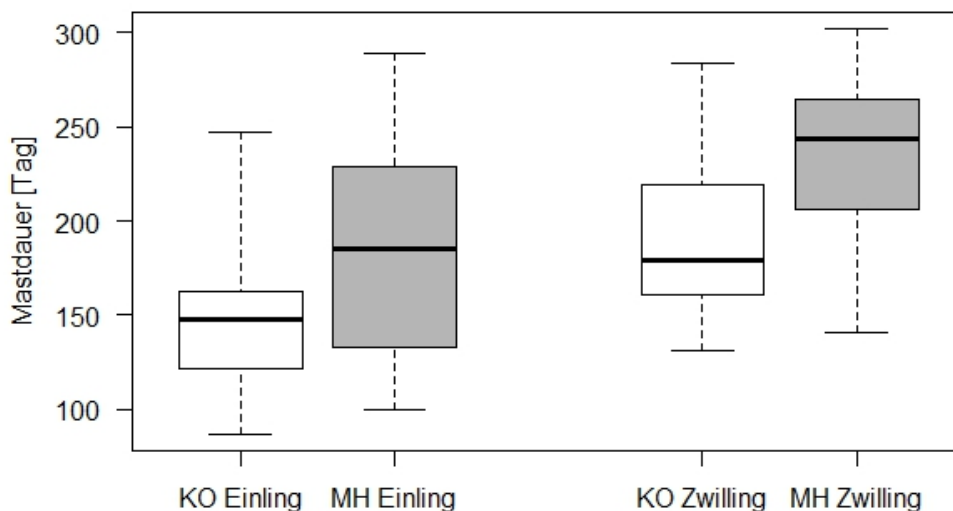


Schlachtung

Die Mastdauer der Lämmer dauerte signifikant länger für Tiere der MH-Herde. (Abbildung 13). Auch Einlinge und Zwillinge unterschieden sich deutlich und wurden daher im LGM berücksichtigt.

Alle fixen Effekte, also die Gruppe (+31,9 d), Anzahl Geschwister (+33,9 d) sowie das Geburtsgewicht (-14,5 d) hatten einen signifikanten Einfluss auf die Mastdauer. Lebend- und Schlachtgewichte sowie die Schlachtausbeute ergaben keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

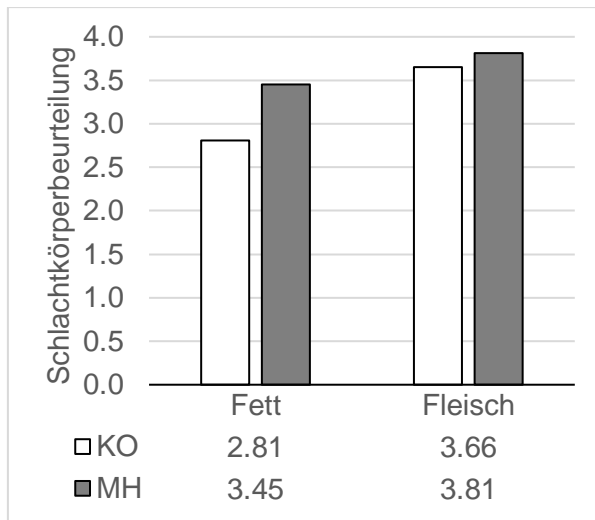
Abbildung 13: Mastdauer der Lämmer nach Gruppe und Zwilling/Einling



In den Beurteilungen für Fett und Fleisch gemäss CHTAX lagen die Lämmer aus der MH-Gruppe leicht über denjenigen aus der KO-Gruppe. Der Unterschied bei der

Fettbeurteilung erwies sich dabei als signifikant (Abbildung 14). Getestet wurde mittels Wilcoxon Rang Summentest.

Abbildung 14: Schlachtkörperbeurteilung der KO- und MH Lämmer nach CHTAX



Modellierung nach Nieuwhof

Im Nieuwhof Modell konnte gezeigt werden, dass die MH-Lämmer im Durchschnitt 5 % leichter sind, als die KO-Lämmer. Auch ist der MH-Score positiv korreliert mit der Gewichts Differenz zu den KO-Lämmern.

Der Einfluss der unterschiedlichen Rassen, sowie das Geburtsgewicht sind deutlich, hingegen spielt das Alter der Mutter keine signifikante Rolle.

MH-Lämmer nahmen im Mittel 2,4 % weniger zu als ihre Altersgenossen der KO-Herde. Mit MH-Score 1 verringerte sich die Zunahme um 0.7 %, mit Score 2 um 14 %, und mit Scores 3 und 4 um 13 %. Je nach Rasse variierte der Einfluss zwischen -2 % und 14 % im Vergleich zu den WAS-Tieren, wobei nur die Rasse Suffolk im Vergleich zur Rasse WAS einen negativen, alle übrigen hingegen einen positiven Effekt auf das Wachstum hatten.

Die Modelle zeigten eine Voraussagesicherheit bezüglich Gewicht von 88 % beziehungsweise 87 % bezüglich Gewichtszunahme.

2.1.4 Diskussion

Der Versuchsaufbau mit zwei Herden im selben Stall und derselben Umgebung wurde so gewählt, um alle Umwelteinflüsse insbesondere Fütterung, Haltung und Klima zu kontrollieren, so dass sich die beiden Herden ausschliesslich bezüglich der MH-Infektion unterschieden. Vorteil dieses Designs sind wesentlich kleinere Tierzahlen, die zu aussagekräftigen Resultaten führen. Die Alternative wäre eine Feldstudie gewesen, wofür aber pro Gruppe sehr viele Betriebe in die Studie hätten einbezogen werden

müssen, um den vielfältigen Strukturen der Schafhaltung in der Schweiz Rechnung zu tragen (Büchel und Anspach, 2012).

Der wichtigste Parameter dieser Studie betrifft die Mastdauer der Lämmer, da das Schlachtgewicht auf 42 bis 46 kg fixiert war. Hier unterschieden sich die Lämmer der beiden Herden sehr deutlich, indem die MH-Lämmer gemäss Modell über einen Monat länger brauchten bis zur Erreichung dieses Zielgewichts. Für den Landwirt ist dieser Faktor ein zentraler Punkt in der Kostenberechnung der Lammfleischproduktion (Büchel und Anspach, 2012). Es ist anzunehmen, dass die verlängerte Mastdauer ausschliesslich Folge des MH-Befalls sind, denn alle weiteren Einflussgrössen wie Zwillinge und Geburtsgewicht konnten mit dem Versuchsdesign berücksichtigt werden. Innerhalb der MH-Herde konnte zusätzlich gezeigt werden, dass mit der Erhöhung des MH-Scores auch das Wachstum in der unmittelbar daran anschliessenden Beobachtungsperiode entsprechend abnahm, was als deutlicher Hinweis auf die Bedeutung der MH für die Gewichtszunahme der Lämmer gewertet werden muss.

Auen

Die Tupferproben zu Beginn des Versuches bestätigten das Vorhandensein der virulenten Form von *D. nodosus* in der MH-Herde. Der Entwicklung der Krankheit verlief erwartungsgemäss und betraf innert kurzer Zeit immer eine Mehrheit der Auen dieser Gruppe. Durch die regelmässige Behandlung von Tieren mit offensichtlichen Symptomen, also Lahmheit, aber auch der Tiere mit schweren Befunden bei der 14 tägigen Kontrolle konnten gravierende Folgen verhindert werden. So waren Tiere mit Scores über 2 fast immer eine Minderheit von 20 bis 40 %. Es ist anzunehmen, dass ohne diese Behandlungen ein weit grösserer Teil der Herde unter schweren Symptomen gelitten hätte, was zu entsprechend grösseren Produktionsverlusten geführt hätte. So führt gemäss Raadsma und Egerton (2013) die schwere Form zu grossen Produktionsverlusten und die Hinweise auf Selbstheilung sind gering. Mit dem Nachweis der virulenten Bakterien kann also davon ausgegangen werden, dass die MH-Herde unter der schweren Form litt.

Anhand der Totgeburten und der Ausfälle von Lämmern innerhalb der ersten beiden Lebenswochen wurde für beide Herden eine Ausfallrate berechnet. Diese war für die MH-Herde mit 14,9 % etwas höher als für die KO-Herde mit 10,5 %. Andererseits war die Anzahl Lämmer pro Aue mit 1,49 höher als bei der KO-Herde (1.35). Aus diesen Angaben die Fruchtbarkeit zu beurteilen, ist nicht sinnvoll. Insbesondere stammten die Tiere aus ganz unterschiedlichen Betrieben, die Umstände während Deckperiode und Trächtigkeit waren nicht bekannt, genauso wie die Eigenschaften der jeweiligen Deckwidder. Auch der Anteil leerer Auen wäre hier eine wichtige Grösse, die mit dem Ankauf von trächtigen Auen von vornherein nicht beurteilbar war. Auch wurden die Ursachen der Totgeburten ausser dem Ausschluss kontagiöser Auslöser nicht abgeklärt.

Die 14-tägige Gewichtsveränderung der Auen zeigte einen signifikanten aber kleinen Unterschied zwischen den Herden. Allerdings wurde die deutliche Gewichtsreduktion *post partum* im Verlauf der Weideperiode nur in der KO-Gruppe vollständig aufgeholt. Offensichtlich war die Beeinträchtigung der betroffenen Auen durch MH trotz Behandlung der schwerwiegenden Fälle gross genug, um signifikant ins Gewicht zu fallen.

Auch der BCS, als guter Indikator für den Nährzustand unterschied sich signifikant zwischen den beiden Gruppen. Bei der ersten BCS-Beurteilung Ende April, also unmittelbar vor der Weideperiode mit vielen Auen in der Hochlaktation, lagen die Beurteilungen nahe beieinander. Mit Beginn der Weideperiode begann eine deutlich unterschiedliche Entwicklung, indem die MH-Herde bis Mitte Juli auf demselben Niveau verharrte und sich erst anschliessend und deutlich langsamer von der Laktation erholte. Offensichtlich konnten sich hier einige Tiere während der Weideperiode nicht völlig nach ihrem individuellen Bedürfnis genügend auffuttern.

Lämmer

Das Geburtsgewicht der Lämmer unterschied sich signifikant zwischen den Herden. Die MH-Lämmer waren leichter, obwohl sie von eher schwereren Auen geboren wurden. Das Geburtsgewicht hat einen wichtigen Einfluss auf die Mastleistung von Lämmern (Lüchinger, 1995). Interessanterweise holten sie den Rückstand in der ersten Wachstumsphase sofort auf. Doch am Ende wiesen sie dennoch eine um einen Monat verlängerte Mastdauer auf gegenüber den KO-Lämmern.

Auch die Gewichtszunahmen während des Versuchs unterschieden sich signifikant zwischen den beiden Gruppen. Die Zunahmen der MH-Lämmer lagen um 340 g pro 14 Tage unter denjenigen der KO-Lämmer. Ob als Zwilling oder Einling geboren, beeinflusste die Zunahmen zusätzlich, wobei letzteres mit zunehmendem Alter an Einfluss verlor (Interaktion von Zwilling und Alter), ein Umstand der auch von Lüchinger (1995) beschrieben wurde. Überraschend war der bereits erwähnte Vergleich der MH-Scores innerhalb der MH-Gruppe, wo bereits von Score 1 und 2 betroffene Lämmer signifikant schlechter zunahmen als gesunde Tiere. Alle diese Resultate konnten im Nieuwhof-Modell bestätigt werden. Offensichtlich ist das Ziel, MH zu kontrollieren, in dem schwere Fälle behandelt werden, ungenügend, um dieselbe Rentabilität zu erzielen wie mit gesunden Tieren. Dies steht im klaren Widerspruch zu Raadsma und Egerton (2013), welche bei geringgradigem Befall einer Herde von der Sanierung abraten. Die Interaktion Alter mit den einzelnen MH-Scores ist ebenfalls signifikant. Hier nimmt der negative Einfluss durch die MH mit zunehmendem Alter ab, allenfalls gewöhnen sich die Tiere an diese chronische Belastung. Dies würde auch die kleineren Einflüsse bei den Auen erklären.

Noch eindrücklicher sind die negativen Einflüsse der MH auf die Leistungsmerkmale, wenn die Rassen mitberücksichtigt werden. Obwohl geplant war, ausschliesslich mit

Tieren der Rasse weisses Alpenschaf (WAS) zu arbeiten, war vor allem die MH-Herde eine sehr heterogene Gruppe aus Schafen, die meist aus Wanderherden stammten. Entsprechend waren die Deckwidder, also die Väter der MH-Lämmer, weitestgehend unbekannt. Schon einige der Auen zeigten Hinweise auf andere Rassen, von den Lämmern wurden dann ca. 63 % der Lämmer aufgrund ihres Exterieurs als Kreuzungen beurteilt. Auch in der KO-Herde gab es einige andere Auen, bei den Lämmern waren aber nur gut 21 % nicht reinrassige WAS. Im Nieuwhof-Modell konnte der deutliche Effekt der Kreuzungen auf die Gewichtszunahme gezeigt werden. Alle Kreuzungstiere ausser den Suffolk-Kreuzungen nahmen signifikant besser zu als die reinen WAS-Lämmer, wobei von den Suffolk-Kreuzungen 11 Tiere in der KO- und 3 Tiere in der MH-Herde vorhanden waren. Auch bei der Fett- und Fleischbeurteilung der Schlachtkörper zeigte sich die Überlegenheit dieser Kreuzungen, indem die Lämmer der MH-Herde bei beiden Beurteilungen bessere Bewertungen erhielten, bei Fett sogar signifikant bessere, wobei mit besser hier der höhere Preis gemeint ist, der mit diesen Beurteilungen erzielt wird. In einer umfangreichen Untersuchung aus Deutschland wurden verschiedene Genotypen auf Mastleistung und Schlachtkörperqualität untersucht, unter anderem auch Gebrauchskreuzungen (Zupp 2005). Aus dieser Studie geht hervor, dass Gebrauchskreuzungen mit Fleischschafassen immer deutlich bessere Beurteilungen bezüglich Schlachtkörperqualität, aber teils auch bezüglich Mastleistungen erzielen. Interessanterweise wird dieser Umstand von Lüchinger (1995) nicht bestätigt. Dennoch gibt es kaum andere Gründe, um diesen Umstand zu erklären, denn in der MH-Herde waren überwiegend solche Gebrauchskreuzungen vorhanden. Die einzige Möglichkeit, diesem systematischen Fehler zu begegnen, wäre gewesen, reinrassige Herdebuchtiere zu kaufen und sie gleichmässig auf 2 Herden zu verteilen. Dabei hätte dann eine Herde künstlich mit MH infiziert werden müssen. Dies wurde aus tierschützerischen Gründen von Beginn weg ausgeschlossen.

Die MH breitete sich bei den Lämmern erst richtig aus, als sie auf die Weide gelassen wurden. Während der Stallperiode wiesen die meisten Lämmer gesunde Klauen auf, was wohl daran lag, dass die leichten Tiere im Stall im Gegensatz zu den Auen kaum in die tieferen, feuchten Zonen der Tiefstreu einsanken. Es wurde fast täglich frisch eingestreut und die ablamdenden Auen wurden von der Herde separiert und erst nach ein bis zwei Wochen in die Herde integriert. Entsprechend beschleunigten die feuchten Witterungsbedingungen während des ersten Weideaustriebes die sprunghafte Ausbreitung zu diesem Zeitpunkt, eine Tatsache, die häufig beschrieben wird (Raadsma und Egerton 2013). Auch hier bewirkte die regelmässige Behandlung der schwer erkrankten Lämmer wie bei den Auen eine schnelle Besserung. Beim nächsten Scoring wiesen behandelte Lämmer mehrheitlich noch einen Score von 1 bis 3 auf. Dennoch war die Prävalenz von schwerer MH (Scores 3 bis 5) deutlich höher als bei den Auen. Dies entspricht den Beobachtungen von Wassink et al (2004), der in einer Umfrage in England eine stark ansteigende Prävalenz im Frühling und Frühsommer in den Herden mit jungen Lämmern feststellte.

Ein Unterschied, der nicht berücksichtigt wurde, ist der Befall mit Endoparasiten (Magendarmnematoden und Kokzidien). Alle Lämmer wurden gemeinsam mit ihren Müttern unmittelbar vor dem Weideaustrieb entwurmt. Anschliessend wurden aufgrund von Einzeltierbeobachtungen einige Tiere nochmals, oder sogar mehrmals behandelt. Hier stehen nun 89 Behandlungen in der MH-Herde nur 46 Behandlungen in der KO-Herde gegenüber. Endoparasiten haben einen grossen Einfluss auf die Gewichtszunahme. So wird in einer Metaanalyse eine Gewichtszunahme von 77 % gegenüber 100 % bei wurmfreien Tieren beschrieben (Mavrot et al., 2015). Auch bei den KO-Lämmern konnten sprunghafte Zunahmen unmittelbar nach Entwurmungen gemessen werden, denen häufig sogar eine Gewichtsreduktion in der Periode vor der Behandlung vorausgegangen waren. Diese Behandlungen wurden nicht berücksichtigt in unseren Modellen. Interessant ist, dass entweder der Befall mit Endoparasiten in der MH-Herde weiter verbreitet war, oder aber die befallenen Tiere häufiger offensichtliche klinische Symptome zeigten. Da beide Herden mit denselben Voraussetzungen auf die Weiden kamen, kann argumentiert werden, dass es aufgrund der MH zur erhöhten Anfälligkeit der Lämmer oder aber zu einer stärkeren Kontamination der Weiden kommt. Ein Teil der Gruppenunterschiede bezüglich Gewichtszunahme könnte damit auch auf eine höhere Verwurmung zurückgeführt werden. Nicht stichhaltig ist dieses Argument allerdings bei den Unterschieden zwischen den MH-Scores, da diese Unterschiede innerhalb der MH- Gruppe, d.h. bei Tieren, die alle auf derselben Weide standen, gefunden wurden. Entsprechend ist von einem höchstens marginalen Fehler durch die Nichtbeachtung der unterschiedlichen Parasitenbehandlungen auszugehen.

2.1.5 Schlussfolgerungen

Sowohl die Auen wie die Lämmer zeigten bedeutende Unterschiede bezüglich ihrer Gewichtsentwicklung, was bei den Lämmern zur hochsignifikanten Verlängerung der Mastdauer führte. Insbesondere der Wachstums-Unterschied zwischen den Tieren innerhalb der MH-Gruppe und hier bereits zwischen gesunden und nur leicht betroffenen Tieren ist ein starkes Signal. Es weist darauf hin, dass die Kontrolle der MH, mit dem Ziel, ausschliesslich Tiere mit geringen Symptomen zu halten, wie es in vielen Schweizer Schafherden praktiziert wird, einer Herdensanierung sicher unterlegen ist.

Die Studie zeigt auch klare Limitationen auf. Die ganz offensichtlich ungleichmässige Rassenverteilung führte zu einem systematischen Fehler. Allerdings muss angenommen werden, dass ohne diesen Fehler der Unterschied wohl noch deutlicher ausgefallen wäre.

2.2 Einfluss auf das Liege- und Fressverhalten der Lämmer

2.2.1 Einleitung

Bezüglich Ursachen, Diagnose, Pathogenese und Klinik von Moderhinke sei auf die vorhergehenden Teile dieses Berichts verwiesen.

Die Erkrankung mit Moderhinke führt auch zur Beeinträchtigung des Tierwohls, indem eine infektiöse Entzündung im Klauenbereich ausgelöst wird (Fitzpatrick et al., 2006, Winter, 2008). Tierwohl ist ein komplexes Konstrukt, welches sich aus einer Kombination von subjektiven und objektiven (qualitativen und quantitativen) Aspekten der Lebensbedingungen eines Tieres zusammensetzt und die Gesundheit, beziehungsweise Freiheit von Krankheiten, miteinbezieht (Duncan and Fraser 1997, Fitzpatrick, Scott et al. 2006). Schafe gelten als stoische Tiere und zeigen nur wenige offensichtliche Anzeichen von Schmerzen oder Leiden. Es wird davon ausgegangen, dass Lahmheit mit Schmerzen verbunden ist und deshalb das Tierwohl beeinträchtigt (Winter 2008).

Ein häufig verwendeter Indikator, um das Tierwohl von Nutztieren in der Landwirtschaft zu quantifizieren, ist die Aktivität. Ein grosser Vorteil von Aktivitätsmessungen, wie beispielsweise der Untersuchung des Liegeverhaltens, ist die Nichtinvasivität. Bei Milchkühen wurde in mehreren Untersuchungen ein Zusammenhang zwischen erhöhter Liegezeit und Lahmheit (Singh, Ward et al. 1993, Walker, Smith et al. 2008, Chapinal, de Passillé et al. 2009, Ito, Von Keyserlingk et al. 2010, Blackie, Amory et al. 2011) und zwischen erhöhter Stehzeit und Mastitis (Medrano-Galarza, Gibbons et al. 2012) gefunden. Bei Ziegen wurden Unterschiede im Liegeverhalten verwendet, um herauszufinden, wie sie auf die Separation und Reintegration innerhalb einer Gruppe reagieren (Patt, Gygax et al. 2012, Patt, Gygax et al. 2013), um die Platzbedürfnisse von behornten und unbehornten Tieren zu vergleichen (Loretz, Wechsler et al. 2004) und den Einfluss von positiver Anreicherung der Umgebung zu bestimmen (Aschwanden, Gygax et al. 2009).

Die Untersuchung des Liegeverhaltens ist auch bei Schafen eine nützliche Methode, um das Tierwohl zu quantifizieren oder eine Krankheit zu erkennen (Gougoulis, Kyriazakis et al. 2010, McLennan, Skillings et al. 2015). Aktivitätsmessungen wurden beispielsweise im Zusammenhang mit Weidegang (Champion, Rutter et al. 1997), Parasitenbefall (Berriatua, French et al. 2001), mit reduziertem Liegeplatz und veränderter Stallform (Bøe, Berg et al. 2006) und mit mikroklimatischen Bedingungen während Schiffstransporten (Pines and Phillips 2013) untersucht. Es existieren jedoch noch keine Untersuchungen zum Liegeverhalten im Zusammenhang mit Klauenproblemen oder Lahmheit.

Da Videoanalysen und direkte Beobachtungen sehr zeitaufwendig sind und letztere die Tiere im Verhalten beeinflussen können, werden seit ein paar Jahren vermehrt Datenlogger mit Beschleunigungssensoren für Aktivitätsmessungen verwendet, unter anderem in Studien mit Ziegen und Rindern (Moreau, Siebert et al. 2009, Ledgerwood,

Winckler et al. 2010, Patt, Gygax et al. 2012, Zobel, Weary et al. 2015). In der vorliegenden Arbeit wurden für Aktivitätsmessungen von Lämmern mit und ohne Moderhinke MSR Datenlogger verwendet (MSR Electronics GmbH, Seuzach, Schweiz), welche in der Lage sind, die Beschleunigung in x-, y-, und z-Richtung über eine lange Zeitdauer zu messen.

Ziele der vorliegenden Arbeit waren herauszufinden, ob 1) sich eine gesunde und eine an Moderhinke erkrankte Herde bezüglich Anzahl und Dauer der Aktivitäten Liegen und Stehen unterscheiden, ob 2) es Möglichkeiten gibt, krankheitsbedingte Verhaltensweisen (beispielsweise auf den Knien fressen) anhand veränderter Daten zu erkennen und ob 3) die Messdaten erlauben, eine Aussage betreffend Tierwohl zu machen.

2.2.2 Tiere, Material und Methoden

Tiere und Versuchsaufbau

Es wurde eine Untergruppe der in Kapitel 2.1 beschriebenen Tiere verwendet. (Bewilligungsnummer ZG 67/15). Lämmer aus der KO-Gruppe wurden im Gewicht vergleichbaren Jungtieren aus der MH-Gruppe gegenübergestellt, wobei eine klinische Erkrankung bei letzteren erkennbar sein musste.

Abbildung 15: Lamm mit MSR Datenlogger vorne links und hinten links im Pilotversuch (Foto: Sereina Grieder).



Pilotversuch

In einem Pilotversuch während drei Tagen mit drei gesunden und drei kranken Lämmern sollte herausgefunden werden, ob typische Verhaltensweisen von mit Moderhinke erkrankten Lämmern (beispielsweise Fressen auf Knien) zu erkennen waren und allenfalls in den Messdaten zu validieren wären. Dafür wurden die Lämmer mit jeweils zwei MSR Datenloggern ausgestattet (vorne links und hinten links, Abbildung 15), sodass eventuelle Unterschiede zwischen den zwei Datenloggern erfasst werden konnten. Zusätzlich wurden die Tiere direkt visuell beobachtet. Je nach Erkenntnis sollten dann im Hauptversuch wiederum je zwei beziehungsweise nur noch ein Datenlogger pro Lamm verwendet werden. Für die Anbringung der Datenlogger wurde zuerst ein Schaumstoff (ca. 2 cm dick) zur Polsterung ums Bein gelegt und darüber der Logger mit Klettverschlussband angebracht. Mit selbstklebender Bandage wurde er gesichert und schliesslich ein Streifen Klauenpflegeband angebracht (Abbildung 15). Im Pilotversuch wurde auch überprüft, ob die Datenerfassung funktionierte und die Datenlogger mit dem Verband die Tiere nicht behinderten.

Hauptversuch

Für den Hauptversuch wurden 20 Lämmer mit den offensichtlichsten Lahmheitsanzeichen aus der MH-Herde ausgewählt. Danach wurden ebenfalls 20 bezüglich Körpergewicht passende Tiere aus der KO-Herde ausgesucht. Aufgrund von Erkenntnissen aus dem Pilotversuch wurden die Tiere nur noch mit einem Datenlogger vorne links ausgestattet. Die Anbringung am Bein erfolgte gleich wie im Pilotversuch.

Datenlogger mit Beschleunigungssensor

Die Aktivität wurde mit MSR Datenloggern 145 gemessen (MSR Electronics GmbH, Seuzach) (Abbildung 16). Die Geräte waren nebst der Beschleunigung in drei Dimensionen in der Lage, Temperatur und relative Feuchtigkeit zu messen. Die verwendeten Geräte hatten eine Grösse von 39 x 23 x 72 mm, waren ca. 20 g schwer und enthielten einen Lithium-Polymer Akku, der über einen USB-Anschluss aufladbar war. Die Speicherkapazität betrug über zwei Millionen Messwerte, wobei die Speicherrate zwischen 50 Hz (50 Messungen pro Sekunde) und einer Messung alle 12 Stunden einstellbar war. Die Beschleunigung war messbar in der x-, y-, z-Achse, wobei entweder 2 g oder 16 g ($1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$) als Messbereich des Beschleunigungssensors ausgewählt werden konnte. Die Daten konnten via USB Verbindung auf den Computer übertragen und in einer Microsoft Excel CSV Datei gespeichert werden. Für die Einstellung der Datenlogger sowie die Übertragung der Daten wurde die MSR-Software (Version 5.28.28) verwendet.

Abbildung 16: MSR Datenlogger mit Beschleunigungssensor in x-, y-, und z-Richtung



Datenerhebung

Die Tiere wurden jeweils am vorderen linken Bein oberhalb des Fesselgelenks lateral mit einem MSR Datenlogger ausgestattet. Die Logger wurden bei allen Tieren gleichzeitig während sieben Tagen befestigt. Für die Analyse wurden fünf Tage verwendet (Beginn der Versuchstage jeweils um 17:00 Uhr), während denen die Lämmer ununterbrochen auf der Weide waren.

Die Speicherrate des MSR Datenloggers wurde so eingestellt, dass alle zwei Sekunden in einem Messbereich von 2 g gemessen wurde. Somit waren die Datenlogger genügend genau eingestellt für das Erkennen von Liegen und Stehen und die Speicherkapazität reichte für die Datenerfassung während sieben Tagen aus.

Datenauswertung und statistische Analyse

Alle statistischen Analysen wurden mit R 3.1.3 (R Core Team, 2015) durchgeführt. Zuerst wurden die Liegezeiten von den Rohdaten der MSR Datenlogger mittels eines vorhandenen R-Skripts ausgewertet, das bereits für Ziegen validiert worden war. Es wurden ausschliesslich die Daten der Y-Achse verwendet (Abbildung 16), wobei der Wert 0 der Aktivität Liegen (waagrechte Position des Datenloggers) und der Wert -1 der Aktivität Stehen (senkrechte Position des Datenloggers) zugeordnet wurde. Der kritische Wert zwischen Liegen und Stehen wurde bei - 0.75 festgelegt.

Die Einflüsse auf die Liegezeiten wurden mit Hilfe eines linearen gemischten Modells (R Paket 'nlme', Pinheiro et al., 2015) getestet. Dafür wurden die Lämmer anhand ihres Moderhinkesstatus (Moderhinke Score gemäss BGK) in drei Gruppen eingeteilt (siehe Tabelle 2): Kontrolle (Score 0), schwache Moderhinke (Score 1 - 2) und starke Moderhinke (Score 3 - 4). Die Beurteilung der Klauen und Zuteilung zu den Krankheits-Scores wurde von derselben Person durchgeführt und für die Einteilung des Tieres jeweils der Fuss mit dem höchsten Score berücksichtigt.

Es wurden die Einflussvariablen Moderhinkestatus (Kontrolle, schwache Moderhinke, starke Moderhinke), Versuchstag sowie die Interaktion von Moderhinkestatus und Versuchstag auf die Zielvariablen Liegedauer pro Tag, Anzahl Liegeperioden pro Tag und Median der Liegeperiodendauer pro Tag untersucht.

Die Individuen wurden als zufällige Effekte, Tag und Moderhinkestatus sowie deren Interaktion als fixe Effekte im Modell definiert. Die Variablenauswahl des endgültigen Modells wurde mittels Rückwärtselimination mit p -Wert kleiner als 0.05 als Kriterium für die Beibehaltung bestimmt. Mittels grafischer Analyse der Residuen wurden die statistischen Annahmen (Normalverteilung, Annahme der konstanten Fehlervarianz) geprüft, bei Bedarf logarithmiert.

2.2.3 Resultate

Pilotversuch

Im Pilotversuch wurden keine für Moderhinke typischen Verhaltensweisen beobachtet, beziehungsweise validiert. Aus diesem Grund wurden die Tiere im Hauptversuch mit nur noch einem Datenlogger am vorderen linken Bein ausgestattet. Im Pilotversuch wurde ausserdem keine Behinderung der Tiere durch die Anbringung der Messgeräte festgestellt.

Hauptversuch

Im Hauptversuch wurden die Daten von 17 Lämmern aus der an Moderhinke erkrankten Gruppe sowie 19 Tieren aus der gesunden Kontrollherde für die Auswertung berücksichtigt. Drei kranke Lämmer mussten aufgrund von Zirkulationsproblemen, welche durch den Verband verursacht wurden, ausgeschlossen werden. Ein Lamm aus der gesunden Gruppe musste ausgeschlossen werden, da es während des Versuchs aus ungeklärten, jedoch versuchsunabhängigen Gründen starb.

Tabelle 5: Mittelwerte der fünf Versuchstage von Liegedauer, Anzahl Liegeperioden und Median der Liegeperiodendauer

| Gruppe | Anzahl Tiere/Gruppe | Liegedauer/Tag [h] | Anzahl Liegeperioden/Tag | Median Liegeperiodendauern [min] |
|-------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Kontrolle | 19 | 9,42 | 24,27 | 17,89 |
| Schwache MH | 5 | 11,42 | 32,08 | 15,08 |
| Starke MH | 12 | 13,74 | 60,32 | 10,91 |

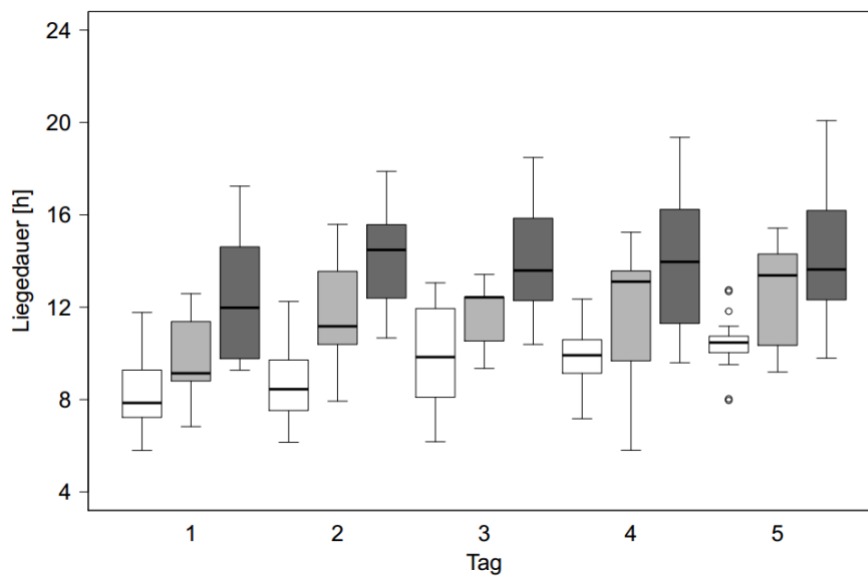
Liegedauer

Die totale Liegedauer (Abbildung 17) unterschied sich signifikant ($p < 0.0001$) zwischen den drei Gruppen Kontrolle, schwache MH und starke MH.

Der Mittelwert der Liegedauer aller fünf Tage der Kontrollgruppe lag bei 9.42 Stunden, derjenige der Gruppe mit schwacher Moderhinke bei 11.42 Stunden und derjenige der Gruppe mit starker Moderhinke bei 13.74 Stunden (Tabelle 5).

Auch die Versuchstage unterschieden sich signifikant ($p < 0.0001$), wobei vor allem am Tag 1 bei allen drei Gruppen eine deutlich tiefere Liegedauer gemessen wurde (Abbildung 17).

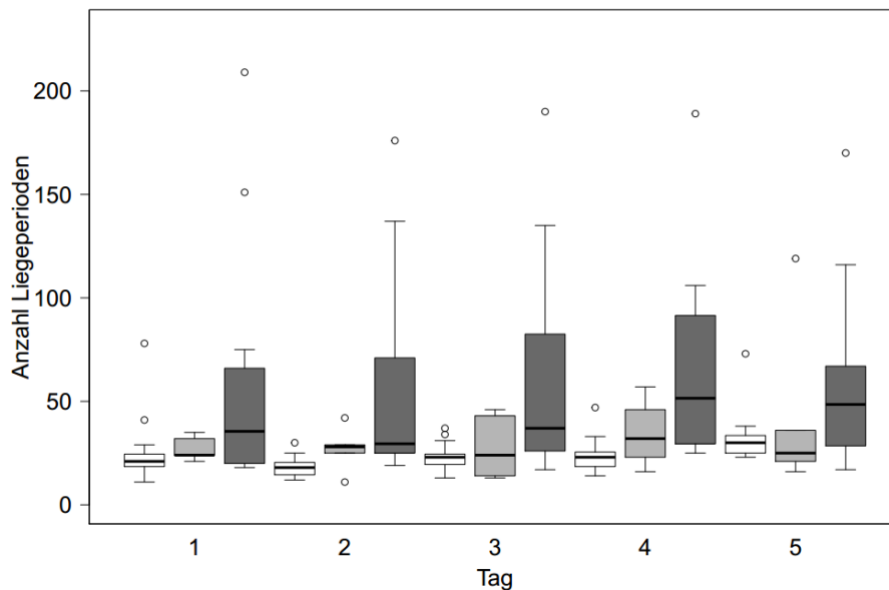
Abbildung 17: Liegedauer pro Tag in Stunden der drei untersuchten Gruppen: Kontrolle (weiss), schwache Moderhinke (hellgrau), starke Moderhinke (dunkelgrau) aufgeteilt in die fünf Beobachtungstage 1 bis 5



Anzahl Liegeperioden

Die Anzahl Liegeperioden (Abbildung 18) unterschied sich ebenfalls signifikant ($p = 0.0088$) zwischen den Gruppen.

Abbildung 18: Anzahl Liegeperioden pro Tag der drei untersuchten Gruppen: Kontrolle (weiss), schwache Moderhinke (hellgrau), starke Moderhinke (dunkelgrau) aufgeteilt in die fünf Beobachtungstage 1 bis 5



Die Versuchstage unterschieden sich signifikant ($p < 0.0001$) bezüglich Anzahl Liegeperioden. Ausserdem wurde eine signifikante Interaktion von Moderhinkestatus und Versuchstag festgestellt ($p = 0.0075$).

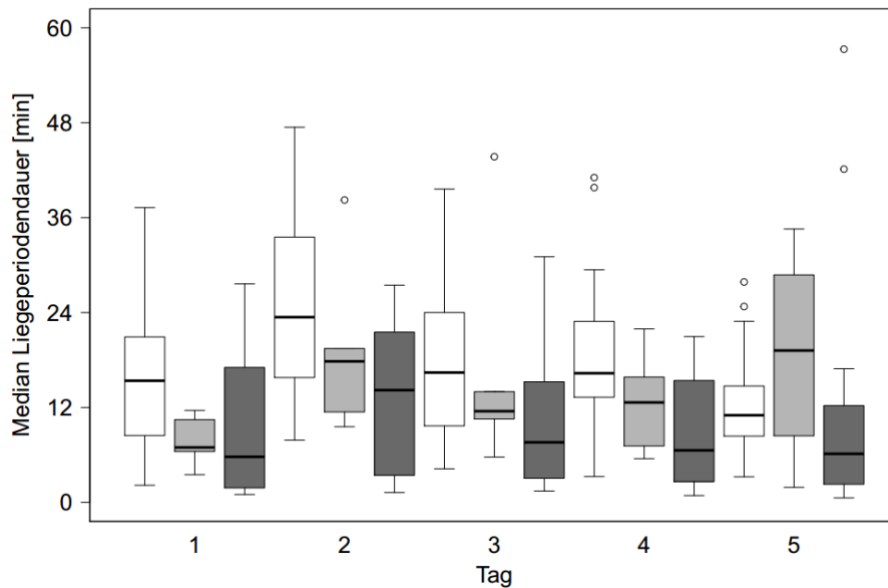
Median der Liegeperiodendauer

Der Median der Liegeperiodendauer (Abbildung 19) zeigte ebenfalls einen signifikanten ($p = 0.0146$) Unterschied zwischen den drei Gruppen.

Der Mittelwert der Liegeperiodendauer aller fünf Tage der Kontrollgruppe lag bei 17.89 Minuten, derjenige der Gruppe mit schwacher Moderhinke bei 15.08 Minuten und derjenige der Gruppe mit starker Moderhinke bei 10.91 Minuten (Tabelle 5).

Die Versuchstage unterschieden sich signifikant ($p < 0.0001$) bezüglich Median der Liegeperiodendauer.

Abbildung 19: Mediane der Liegeperiodendauer in Minuten der drei untersuchten Gruppen: Kontrolle (weiss), schwache Moderhinke (hellgrau), starke Moderhinke (dunkelgrau) aufgeteilt in die fünf Beobachtungstage 1 bis 5



2.2.4 Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass deutliche Unterschiede in den Liegezeiten von gesunden und an Moderhinke erkrankten Lämmern bestanden. Die gemessene, signifikant höhere Liegedauer der kranken Lämmer stimmt mit Studien zu Milchkühen überein, bei denen ebenfalls eine erhöhte Liegedauer im Zusammenhang mit Lahmheit gefunden wurde (Singh et al., 1993, Walker et al., 2008, Chapinal et al., 2009, Ito, Von Keyserlingk et al., 2010, Blackie et al., 2011). Zudem wurde festgestellt, dass die kranken Lämmer häufiger, dafür kürzer lagen. Dies war in den genannten Studien zu Milchkühen nicht der Fall. Dort zeigten die lahmen Tiere neben erhöhter totaler Liegezeit eine tiefere Anzahl Liegeperioden mit längerer Liegedauer pro Liegeperiode (Chapinal et al., 2009, Ito et al., 2010, Blackie et al., 2011). Dies könnte damit erklärt werden, dass ein Lamm, im Vergleich zu einer Kuh, mit weniger Kraftaufwand aufsteht und sich wieder hinlegt. Aus diesem Grund scheint ein Vergleich dieser zwei Tierarten bezüglich Liegeperioden nicht geeignet. Studien zur Untersuchung von Lahmheit auf das Liegeverhalten von Schafen oder vergleichbaren Tieren wie Ziegen konnten keine gefunden werden. Champion et al. (1997) haben bei zwölf gesunden Auen auf der Weide durchschnittlich eine Liegedauer von 8.2 Stunden und eine Anzahl Liegeperioden von 21 pro Tag gemessen, was mit den Resultaten der Kontrollgruppe dieser Untersuchung vergleichbar ist.

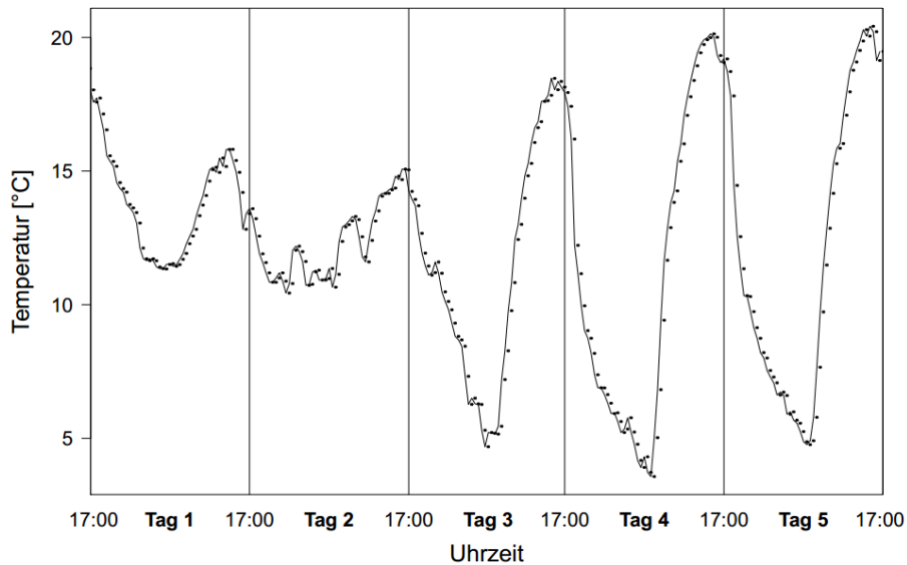
Bei der Anzahl Liegeperioden fällt auf, dass ein Schaf viel häufiger lag als der Rest der Gruppe mit starker Moderhinke; am ersten Tag insgesamt 209 Mal mit einer durchschnittlichen Liegeperiodendauer von 1 Minute und 14 Sekunden. Da es einen Moderhinke Score von 4 aufwies, ist das häufige Wechseln der Aktivitäten Stehen und

Liegen auf Schmerzen zurückzuführen, die auch im Liegen andauerten und damit zur chronischer Unruhe führten. Allgemein ist bei der Anzahl Liegeperioden zu sehen, dass die Kontrollgruppe im Vergleich zu den Gruppen mit Moderhinke eine sehr geringe Varianz innerhalb der Gruppe aufwies. Dies deutet darauf hin, dass sich die gesunden Lämmer mehrheitlich koordiniert hinlegten, was bei den kranken Tieren anscheinend nicht der Fall war. Dieses unterschiedliche Verhalten wurde auch während den direkten visuellen Beobachtungen im Pilotversuch festgestellt.

Wichtig ist auch die Feststellung, dass dieses veränderte Verhalten bereits auf die Gruppe der schwach mit Moderhinke erkrankten Tiere zutrifft. Obwohl die Aussage aufgrund der kleinen, nur fünf Tiere umfassenden Gruppe, eher als Trend zu verstehen ist, wiegt der Umstand umso schwerer, denn diese Tiere würden in grösseren Herden niemals auffallen, da sie nicht hinken. Offenbar führt Moderhinke bereits in dieser geringgradigen Form zu verändertem Verhalten, was offensichtlich eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens signalisiert.

Neben dem Moderhinkestatus hatte auch der Versuchstag einen signifikanten Einfluss auf die Liegezeiten bei allen drei Gruppen. Es wurden vor allem am ersten Tag deutlich tiefere Liegezeiten sowie kürzere Liegeperioden gemessen. Dies ist damit zu erklären, dass die Lämmer am ersten Tag vom Stall auf die Weide gebracht wurden, infolgedessen wahrscheinlich mehr Zeit mit Fressen verbrachten und somit aktiver waren. Der Einfluss des Versuchstags ist kaum auf unterschiedliche Wetterbedingungen zurückzuführen, da die Temperaturunterschiede zwischen den fünf Tagen gering waren und es kaum Niederschläge (durchschnittlich 0.01 mm) gab (Abbildung 20). Allgemein war das Wetter während des Versuchs mit einer Durchschnittstemperatur von 12.3 °C, einer Maximaltemperatur tagsüber von 20.4 °C und einer Minimaltemperatur nachts von 3.6 °C weder extrem warm noch extrem kalt. Somit sollten die Wetterbedingungen keinen grossen Einfluss auf die Liegezeiten gehabt haben.

Abbildung 20: Temperaturverlauf auf der Chamau während der 5 Beobachtungstage



Die MSR Datenlogger mit Beschleunigungssensoren erwiesen sich in dieser Untersuchung als geeignete Geräte, um die Aktivitäten von Stehen und Liegen der Lämmer zu messen. Allerdings wurden Probleme bei der Anbringung der Datenlogger an den Beinen der Tiere festgestellt. Wie bereits Zobel et al. (2015) bei Ziegen beschrieben haben, müssen die Geräte genügend satt angebracht werden, damit sie in der gewünschten Position bleiben, gleichzeitig aber nicht zu satt, damit keine Zirkulationsprobleme entstehen. Obwohl alle bisherigen Studien mit Datenloggern keine entsprechenden Probleme beschrieben haben, trat in der vorliegenden Untersuchung bei drei an Moderhinke erkrankten Tieren eine solche Zirkulationsstörung auf, die auf eine zu satte Anbringung oder ungenügende Polsterung zurückzuführen ist. Die drei hatten am Ende des Versuchs distal des Verbands stark geschwollene Beine. Es ist anzunehmen, dass diese Probleme aufgrund der entzündlichen Prozesse im Klauenbereich entstanden sind. Die dadurch veränderte Zirkulation führte zu erhöhter Empfindlichkeit gegenüber den veränderten Druckverhältnissen im Metacarpalbereich. Es ist durchaus denkbar, dass die Zirkulationsprobleme bei diesen Lämmern durch zusätzliche Schmerzen das Liegeverhalten beeinflusst haben. Aus diesem Grund wurden diese drei Lämmer nicht für die Auswertung berücksichtigt.

Aufgrund der aufgetretenen Probleme in dieser Studie muss der Schluss gezogen werden, dass bei Untersuchungen des Verhaltens von an Klauen erkrankten Tieren mit Verwendung von Datenloggern am Bein besondere Vorsicht geboten ist. Die Geräte sollten nicht zu satt angebracht und noch stärker gepolstert werden. Zudem ist eine häufigere Überwachung solcher Versuchstiere und eventuell eine kürzere Versuchsdauer angezeigt, um Zirkulationsprobleme zu vermeiden oder frühzeitig zu erkennen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die gesunde und die an Moderhinke erkrankte Herde, bezüglich Anzahl und Dauer der Aktivitäten Liegen und Stehen, stark unterscheiden und die Messdaten deshalb die Aussage erlauben, dass die Erkrankung mit Moderhinke zu einer Beeinträchtigung des Tierwohls führt. Eine Validierung von typischen Verhaltensweisen von an Moderhinke erkrankten Tieren (beispielweise auf den Knien fressen) war nicht möglich, da keine solchen beobachtet wurden.

2.2.5 Schlussfolgerungen

Die Resultate dieser Verhaltensstudie verdeutlichen, dass Moderhinke neben den ökonomischen Verlusten in der Schafhaltung auch zu einer schwerwiegenden Veränderung des Verhaltens führt. Es muss deshalb auf eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens der erkrankten Tiere geschlossen werden. Das Ziel, die Moderhinke der Schafe in der ganzen Schweiz flächendeckend zu bekämpfen, wie in der Motion von Nationalrat Hansjörg Hassler gefordert, erscheint aufgrund dieser Ergebnisse für das Tierwohl begrüssenswert. Die Entwicklungen im Kanton Graubünden haben gezeigt, dass eine flächendeckende Bekämpfung des Schafbestandes mittels des Bekämpfungskonzeptes des BGK trotz regem Tierverkehr zu deutlich geringerem Infektionsdruck geführt hat. Ein Bekämpfungskonzept auf nationaler Ebene zu etablieren, ist aus Sicht des Tierwohls der folgerichtige Schritt, um dieser still erduldeten, quälenden Krankheit zu begegnen.

3. Einfluss auf das Tierwohl

In den letzten Jahrzehnten hat das Tierwohl³ einen immer bedeutenderen Stellenwert für die landwirtschaftliche Produktion bekommen. Konsumenten setzen sich zunehmend kritisch mit den Produktionsbedingungen von Nahrungsmitteln auseinander, wobei eine Beeinträchtigung des Tierwohls negativ bewertet wird (Dwyer und Lawrence, 2008). Aus diesem Grund ist in der Gesellschaft eine Nachfrage nach einem tiergerechten Umgang grundsätzlich vorhanden. Dies kann z.B. anhand der höheren Zahlungsbereitschaft für Eier aus Freilandhaltung beobachtet werden. Das Tierwohl von Schafen erreichte im Rahmen der Debatte um die schweizweite Bekämpfung von Moderhinke eine höhere Aufmerksamkeit. Konkret wurden mit der Erwähnung der Schmerzen und des Leidens der an Moderhinke erkrankten Tiere wichtige Aspekte des Tierwohls bereits in der Motion Hassler dargelegt (Nationalrat, 2014). Die Betonung des Tierwohls ist im Bereich der Schafproduktion ungewöhnlich (Dwyer und Lawrence, 2008), weshalb dieser Gesichtspunkt bei der ökonomischen Untersuchung von Moderhinke bis anhin noch kaum vertieft analysiert wurde. Die Fragestellung dieses Projektteils ist deshalb, wie gross der Wert des verminderten Tierwohls ist, welches durch Moderhinke in der Schweiz verursacht wird. Vor dem Hintergrund der Kosten-Nutzen-Analyse ist es somit das Ziel zu ermitteln, wie das durch Moderhinke in der Schweiz verursachte Tierwohl monetär zu bewerten ist. Darüber hinaus wird auch ermittelt, inwieweit neben dem Tierwohl auch andere nicht monetär messbare Schäden eine Rolle bei den Kosten der Moderhinke spielen könnten.

Im Folgenden werden dazu zunächst die ökonomischen Grundlagen zur Entstehung von intangiblen (nicht monetären) Kosten aufgrund beeinträchtigtem Tierwohl erläutert. Anschliessend wird die angewendete Untersuchungsmethode, eine Expertendiskussion, vorgestellt. Es wird dabei aufgezeigt, wie die Zahlungsbereitschaft für Moderhinke im Rahmen einer Gruppendiskussion gemessen wurde. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Diskussionsrunden vorgestellt und Schlussfolgerungen mit Blick auf die weitergehende Kosten-Nutzen-Analyse gezogen.

3.1 Moderhinkebekämpfung und Tierwohl

Ökonomisch wird Tierwohl zur Gruppe der intangiblen Schäden gezählt, welche dadurch gekennzeichnet sind, dass sie nicht direkt monetär messbar sind. Dessen ökonomische Bewertung ist deshalb schwierig. Erschwerend kommt hinzu, dass es

³ Der Begriff Tierwohl wird in dieser Studie synonym zum Begriff Tiergerechtigkeit verwendet und umfasst Aspekte der Tiergesundheit, die Ausführbarkeit von natürlichen Verhaltensweisen und das Wohlbefinden. Diese Definition geht über das klassische Verständnis von Tierwohl (wie z.B. spezifische Haltungssysteme) hinaus.

beim Tierwohl oft zu Marktversagen kommt d.h. dass der Markt dafür keinen Preis definiert (Lusk und Norwood, 2011). Dies wird im folgenden Unterkapitel ausgeführt.

3.1.1 Verringerter Tierwohl als intangibler Schaden der Moderhinke

Tierwohl wird in der ökonomischen Literatur zumeist als öffentliches Gut angesehen. Dies liegt daran, dass Individuen nicht von dem Konsum ausgeschlossen werden können (Nicht-Ausschliessbarkeit) und der Konsum durch ein Individuum nicht den Konsum eines anderen Individuums reduziert (Nicht-Rivalität). Bei öffentlichen Gütern kommt es aufgrund dieser Eigenschaften in der Regel dazu, dass der Markt zu wenig davon bereitstellt, da sich kein adäquater Marktpreis dafür herausbildet. Blandford und Harvey (2014) weisen darauf hin, dass bei der Einordnung von Tierwohl als öffentliches Gut übersehen wird, dass dieses sehr wohl auch Eigenschaften privater Güter aufweist, da es vom Konsum von Tierprodukten abhängt, bei denen Ausschliessbarkeit und Rivalität vorliegen. Als Koppelprodukt von Tiererzeugnissen werden auch gewinnmaximierende Tierproduzenten das Tierwohl im Blickfeld behalten, da besser umsorgte Tiere mit höherem Tierwohl produktiver und infolgedessen profitabler werden können (Lusk und Norwood, 2011). Aus diesem Grund werden Schafhalter bereits ein bestimmtes Level an Tierwohl erzeugen. Da dies allerdings mit Kosten verbunden ist, werden die Landwirte das Tierwohl von sich aus nicht maximieren, und da das Tierwohl selbst keinen Preis hat, werden sie auch nicht die Nachfrage danach in ihre Produktionsentscheidung berücksichtigen. Es wird deshalb zu keinem gesellschaftlich optimalen Niveau von Tierwohl kommen (Lusk und Norwood, 2011). Labels können zwar dazu beitragen, dem Konsumenten Hinweise auf Haltungsformen mit erhöhtem Tierwohl zu vermitteln. Durch diesen Abbau von Informationsasymmetrien kann dem Tierwohl ein Preis gegeben werden. Allerdings ist die Nachfrage nach Tierwohl auf diese Weise immer noch an den Konsum von Tierprodukten gekoppelt. Personen, die keine Produkte von Schafen konsumieren aber eine Zahlungsbereitschaft für deren Tierwohl haben, werden somit von den Landwirten nicht berücksichtigt.

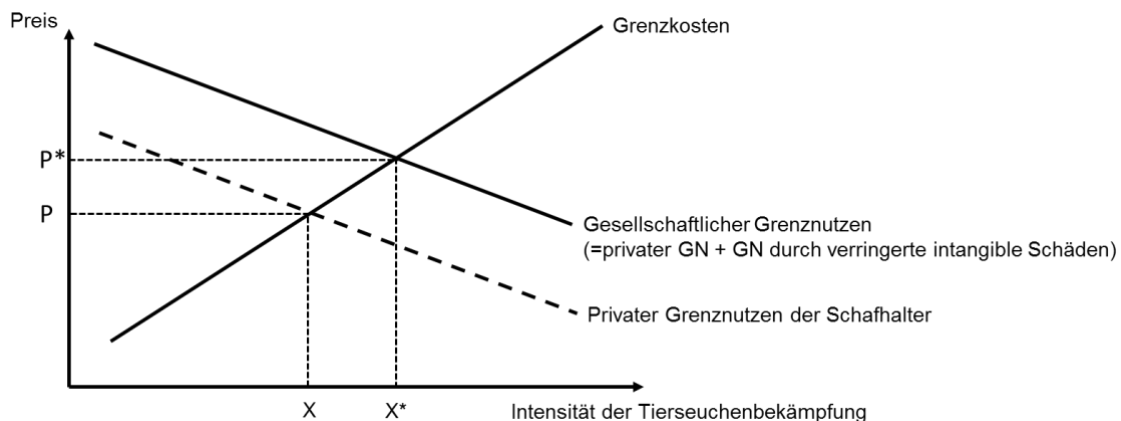
Schliesslich kann Tierwohl als meritorisches Gut (ein Gut, bei dem die Nachfrage der Privaten hinter dem gesellschaftlich gewünschten Ausmass zurückbleibt) angesehen werden (Blandford und Harvey, 2014). Dieses ist dadurch definiert, dass die gesellschaftliche Nachfrage höher ist als die Aggregation der Nachfrage von individuellen Konsumenten. Die Gründe hierfür sind verschiedenartiger Natur und zumeist auf Informationsdefizite der Nachfrageseite zurückzuführen (Mann, 2003). Bei meritorischen Gütern ist die Erfassung der Zahlungsbereitschaft beim Konsumenten problematisch. So ist es für den Einzelnen ohne spezifisches Fachwissen kaum möglich, die Beeinträchtigung des Tierwohls durch Moderhinke festzustellen. Auf Basis der Einordnung als meritorisches Gut argumentiert Mann (2003) dafür, komplexe Agrarumweltprogramme vermehrt von Experten bewerten zu lassen. Diese Einschätzung ist insofern relevant, als es sich bei der schweizweiten Bekämpfung von Moderhinke um ein veterinärmedizinisches Programm zur Verbesserung des Tierwohls

von Schafen handelt. Aus oben genannten Gründen zum Tierwohl nutzen die Produzenten solche Veterinärdienstleistungen nur unzureichend. Im anschliessenden Kapitel wird der Markt nach solchen Veterinärdienstleistungen dargestellt.

3.1.2 Tierseuchenbekämpfung bei Vorhandensein von intangiblen Kosten

Es ist seit langem bekannt, dass Tierkrankheiten eine bedeutende Beeinträchtigung des Tierwohls darstellen (Fitzpatrick et al., 2006). Aus oben genannten Gründen werden Landwirte bei der Bekämpfung von Tierkrankheiten allerdings kaum die Nachfrage nach dem Tierwohl berücksichtigen. Die Entscheidungen über Präventions- und Bekämpfungsmassnahmen werden nur unter Rücksicht auf die privat anfallenden Kosten gefällt, weshalb die Verbreitung von Tierseuchen wie der Moderhinke aus wohlfahrtsökonomischer Sicht zu hoch ist. Der Aspekt des öffentlichen resp. meritorischen Gutes überträgt sich somit auch auf die Bekämpfungsmassnahmen von Tierseuchen. Holden (1999) zeigt bereits die starken Charakteristika der Tierseuchenbekämpfung als öffentliches Gut auf. Diese Studie ging jedoch hauptsächlich auf die positiven externen Effekte durch verringerte Ausbreitung der Krankheit ein, ohne die Nachfrage nach dem Tierwohl zu berücksichtigen. Dies ist schematisch in Abbildung 21 dargestellt.

Abbildung 21: Tierseuchenbekämpfung als öffentliches Gut



Die Intensität der Tierseuchenbekämpfung ist auf der X-Achse abgetragen und wird von vielen Faktoren beeinflusst, wie z.B. der Anzahl behandelter Tiere und der Behandlungsart. In dem Diagramm werden Schafhalter gegen die Tierseuche nur bis zu dem spezifischen Punkt X vorgehen, wo der private Grenznutzen gleich den Grenzkosten ist. Eine weitergehende Bekämpfung würde mehr kosten, als sie für die Landwirte einbringt. Allerdings kann die Tierseuchenbekämpfung auch intangible Schäden reduzieren, z.B. in Form eines erhöhten Tierwohls. Dies wird durch die höher liegende, gesellschaftliche Grenznutzenkurve dargestellt. Der Abstand zwischen den

Kurven misst die Höhe der intangiblen Schäden.⁴ Wenn die Grenzkosten nur von den Landwirten getragen werden, so sind diese intangiblen Schäden nicht berücksichtigt. In diesem Fall ist die Moderhinke stärker verbreitet als es gesellschaftlich gewünscht ist. Ein Optimum stellt sich im Diagramm dort ein, wo sich die Grenzkostenkurve mit der gesellschaftlichen Grenznutzenkurve schneidet. Der Punkt der optimalen Tierseuchenbekämpfung X^* ist jedoch nicht bekannt. Deshalb ist es das Ziel dieser Untersuchung, die Höhe der intangiblen Schäden mittels Experteneinschätzungen zu ermitteln. Wenn dieser Unterschiedsbetrag zwischen den beiden Nutzenkurven bekannt ist, kann die gesellschaftliche Grenznutzenkurve und damit das optimale Bekämpfungsniveau hergeleitet werden.

Das Vorgehen zur Ermittlung der Tierwohl als Hauptfaktor der intangiblen Kosten wird im Folgenden erläutert.

3.2 Methode zur monetären Bewertung des durch Moderhinke verminderten Tierwohls

In der Literatur ist es eine typische Herangehensweise, die Präferenzen für Produkte aus tiergerechter Produktion in einem Fragebogen für Konsumenten abzufragen. Allerdings weisen Lusk und Norwood (2011) darauf hin, dass diese Vorgehensweise nicht alle notwendigen Informationen für eine Kosten-Nutzen-Analyse bereitstellt: Tierwohl wird von den Befragten in ihre Kaufentscheidung nicht vollständig eingepreist, da Einzelne nicht den vollen Betrag für dieses öffentliche Gut bezahlen werden. Eine andere Art der Messung von Konsumentenpräferenzen für Tierwohl ist die kontingente Bewertungsmethode. Hierbei wird die Zahlungsbereitschaft für einen Wechsel der Politik abgefragt. Hauptkritikpunkt an dieser Herangehensweise ist jedoch, dass dies eine hypothetische Frage darstellt und Konsumenten typischerweise deutlich höhere Werte angeben als ihre Zahlungsbereitschaft effektiv ist. Hinzu kommt, dass Konsumenten zumeist nicht über Moderhinke Bescheid wissen, und bei einer quantitativen Untersuchung vorab über die Krankheit und ihre Wirkung auf Schafe informiert werden müssten. Die Art dieser Beschreibung der Moderhinke hätte wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis der Studie.

Die Nachfrage nach meritorischen Gütern wie dem Tierwohl kann als ein zweistufiger Prozess verstanden werden (Mann, 2003). Demnach geht es den Konsumenten um die Erfüllung ihrer Primärbedürfnisse, etwa dem Erhalt von „glücklichen Tieren“ zu angemessenen Kosten. Im Gegensatz dazu befriedigen meritorische Güter sekundäre

⁴ Bei der Bekämpfung von Seuchen ist ein weiterer externer Effekt zu erwarten, der den Abstand der Kurven beeinflusst: einzelne Landwirte werden nicht berücksichtigen, wie sich der Infektionsdruck in der Region verändert (Holden, 1999). Dies haben wir in den epidemiologischen Simulationen durch eine veränderte Reinfektionsrate beachtet.

Bedürfnisse. Im Fall des meritorischen Gutes Tierwohl zählt hierzu z.B. das uneingeschränkte Laufverhalten von Lämmern. Die Bereitstellung eines meritorischen Gutes befriedigt die sekundären Bedürfnisse und damit „auf abstrakte und nicht sichtbare Weise“ die Primärbedürfnisse der Konsumenten (Mann, 2003). Die Konsumenten selbst sind nicht in der Lage, die Wirkung der Moderhinke auf diverse Aspekte des Tierwohls zu bestimmen. Bei einem derartigen Nachfrageprozess tendieren Konsumenten dazu, die Bewertung des meritorischen Gutes an Experten zu delegieren. Aus diesem Grund folgen wir Mann (2003) in seiner Argumentation, eine monetäre Bewertung des Tierwohls im Rahmen einer Expertendiskussion vorzunehmen.

Die Gruppendiskussion mit Experten ist ein qualitatives Verfahren, in dem die Beeinträchtigung des Tierwohls durch Moderhinke mithilfe des Wissens von Experten der Branche bewertet wird. Die wesentlichen Vorteile der Gruppendiskussion für die Ermittlung des Wertes der intangiblen Schäden von Moderhinke sind, dass sie die Variationsbreite des Meinungsspektrums abbilden können, die Aufmerksamkeit der Teilnehmer auf eventuell vernachlässigte Themenaspekte ermöglichen und aufgrund der Möglichkeit zur diskursiven gegenseitigen Beeinflussung eine realitätsgerechtere Einschätzung durch die unterschiedlich vorgeprägten Teilnehmer erlauben (Lamnek, 2005). Expertendiskussionen sind im Vergleich zu Konsumentenbefragungen zudem mit geringem zeitlichen und finanziellen Aufwand zu realisieren. Die monetäre Quantifizierung der Schäden von Tierwohl mithilfe von Expertendiskussionen wurde bisher noch nicht durchgeführt und ist somit ein neues Einsatzgebiet dieser Methodik. Die Nutzung von Expertenwissen zur (nichtmonetären) Einschätzung des Einflusses von Moderhinke auf den Schmerz von Schafen hat sich jedoch bereits in der Studie von Fitzpatrick et al. (2006) bewährt.

Um den gesellschaftlichen Wert des Tierwohls zu ermitteln, wurden im Rahmen dieser Studie Gruppendiskussionen mit Teilnahme von Schweizer Experten abgehalten. Im Anschluss wird das Vorgehen bei Konzeption und Durchführung dieser Gruppendiskussion beschrieben.

3.3 Vorbereitung der Gruppendiskussion

Zwei besonderen Aspekten musste bei der Planung der Gruppendiskussion Rechnung getragen werden. Zum einen ist die Zielsetzung, einen monetären Wert für die Beeinträchtigung des Tierwohls durch Moderhinke zu ermitteln, im Vergleich zu typischen Fragestellungen bei Gruppendiskussionen sehr konkret. Es steht weniger die explorative, soziale Interaktion der Gruppenteilnehmer im Vordergrund, sondern vielmehr der zielführende Austausch von Argumenten unter Experten aus unterschiedlichen Fachgebieten. Deshalb wurde ein Leitfaden für den Moderator der Gruppendiskussionen konzipiert, der die Diskussion derart strukturieren sollte, sodass der Wert des durch Moderhinke eingebüßten Tierwohls eindeutig und objektiv nachvollziehbar erhoben wird. Der Diskussionsleitfaden wurde in einem Pretest unter

Mithilfe von zwei Mitgliedern der Forschungsgruppe getestet und ist im Anhang dargestellt.

Zum anderen ist der Nutzen der Gruppendiskussion am grössten, wenn Vertreter aus möglichst unterschiedlichen Gesellschaftsgruppen (= Experten) daran teilnehmen. Die Experten sollten deshalb genügend Zeit haben, ihr spezifisches Vorwissen zu äussern, damit eine gemeinsame Bewertung des Tierwohls im intensiven Diskurs ermöglicht wird. Unter diesen Gesichtspunkten wurde eine Diskussionsrundengrösse von sechs bis acht Teilnehmern anvisiert. Im Gegensatz zu typischen Diskussionsrunden, welche nicht aus Experten zusammengesetzt sind, ist dies eine eher kleine Runde (Lamnek, 2005). Auf diese Weise wurde ermöglicht, dass bei einer eineinhalbstündigen Diskussion jeder Experte sein Wissen in die Diskussion einbringen konnte.

Für die Teilnahme am Workshop wurden Entscheidungsträger und Akteure aus der Wirtschaft und dem öffentlichen Sektor rekrutiert. Da es um die Bewertung der intangiblen Schäden aus gesellschaftlicher Sicht geht, ist es entscheidend, eine Vielzahl gesellschaftlicher Wertungsschemata in die Diskussion einfliessen zu lassen. Als Experte gilt somit nicht nur, wer Fachwissen über Moderhinke hat, sondern auch, wer eine Einschätzung über die Bewertungsprozesse der gesellschaftlichen Gruppe treffen kann, die er vertritt. Bei der Einladung der Diskussionsteilnehmer wurde darauf geachtet, dass die gesellschaftlichen Gruppen adäquat vertreten waren. Vertreter folgender Gruppen wurden eingeladen: Schafhalter mit kleinen und mit grossen Herden, Verarbeitung, Detailhandel, Proviande, Veterinärwesen, Administration/Verwaltung/Vollzug, Beratung, Konsumenten, Tierschutz.

Die Einladungen wurde von der Gruppe Agrarökonomie der ETH Zürich vorgenommen, wobei für die Expertenauswahl auf die Liste der bereits erfolgten Experteninterviews sowie Empfehlungen von Rita Lüchinger (BGK) zurückgegriffen wurde. Mit Ausnahme der Gruppen Detailhandel, Proviande und Tierschutz haben alle Gruppen an der Diskussion teilgenommen.⁵

Es wurden zwei Workshops organisiert, welche in der Gruppenvertretung ähnlich zusammengesetzt waren. Für den Fall, dass es bei einem Workshop zu einem atypischen Diskussionsverlauf ohne verwertbare Resultate gekommen wäre, hätten so noch nutzbare Ergebnisse aus dem anderen Workshop ermittelt werden können. Weil es geschlechtsspezifische Unterschiede in der Bewertung des Tierwohls geben könnte, wurde auf eine gleiche Verteilung der Geschlechter in den Workshops geachtet. Der erste Workshop bestand aus sechs und der zweite Workshop aus sieben Diskutanten.

⁵ Die geladenen Teilnehmer des Detailhandels und von Proviande haben der Einladung aus unterschiedlichen Gründen nicht folgen können. Die Vertreterin des Tierschutzes war zum Zeitpunkt der Diskussion verhindert.

Eine Liste der Teilnehmer ist im Anhang 3.A dieses Kapitels zu finden. Die auf eineinhalb Stunden angelegten Workshops fanden am 22. Oktober 2015 (im Folgenden: Workshop 1) und am 27. Oktober 2015 (Workshop 2) statt. Sie wurden in der agrarökonomischen Bibliothek der ETH Zürich abgehalten.

Moderator beider Diskussionen war Matteo Aepli, er wurde von Daniel Langmeier assistiert. Im Vorfeld der Gruppendiskussionen wurden zur Fixierung der Experten-Statements eine Pinnwand, farbige Karten und Stifte, sowie ein Excel-File vorbereitet. Das Excel-File wurde während des Workshops über einen Beamer wiedergegeben und vor den Augen der Diskutanten dazu genutzt, Auswertungen wie z.B. Mittelwertberechnungen vorzunehmen. Die Datenerfassung erfolgte mittels dieses Excel-Files sowie durch die Mitschrift von Christian Kuhlitz. Auf eine audiovisuelle Aufzeichnung wurde verzichtet, um eine weitestgehend offene Gesprächsatmosphäre zu schaffen.

3.4 Durchführung und Auswertung der Gruppendiskussion

Es wurde ein mehrstufiges Verfahren gewählt, um die Einschätzung der einzelnen Experten zu ermitteln. Die einzelnen Schritte werden im Folgenden besprochen und dabei die Ergebnisse präsentiert.⁶

3.4.1 Bestimmung wichtiger Aspekte durch die Experten

Zu Beginn der Diskussionen wurden die Experten aufgefordert, wichtige Aspekte des Tierwohls und anderer intangiblen Schäden von Moderhinke selber zu erarbeiten. Dieses partizipative Vorgehen wurde gewählt, damit 1) die unterschiedlichen Hintergründe und Sichtweisen der Experten berücksichtigt werden und 2) eine Eingrenzung des Themas vorgenommen wird. Als Vorabinformation hatte der Moderator eine Definition von intangiblen Schäden gegeben und auf eine Pinnwand verwiesen, auf welcher bereits drei Faktoren von intangiblen Schäden der Moderhinke dargestellt waren: „Tiergesundheit“, „natürliche Verhaltensweisen“ und „Andere“. Mit dieser Darstellung wurde bereits eine Schwerpunktsetzung auf das Tierwohl vorgenommen, ohne jedoch andere intangible Schäden vorab auszuschliessen. In der ersten Gruppendiskussion wurde „Tierwohl“ selbst als vierter Faktor präsentiert, dies wurde jedoch im Verlauf der Diskussion von den Experten als redundant eingestuft. Basierend auf dieser Erkenntnis wurde in der zweiten Gruppendiskussion von Anfang an mit drei Faktoren gearbeitet.

Auf dieser Grundlage wurde eine Kartenabfrage durchgeführt (Bogner et al., 2005). Die Teilnehmer schrieben ihre wichtigsten Diskussionspunkte auf Karten auf, welche anschliessend eingesammelt und auf der Pinnwand den drei Faktoren zugeordnet

⁶ Der Aufbau der Gruppendiskussionen ist im Diskussionsleitfaden im Anhang 3.B ersichtlich.

wurden. Zur Tiergesundheit zählten dabei Aspekte wie Schmerzen, Lahmheit und medizinische Symptome. Bei den natürlichen Verhaltensweisen wurde u.a. geringes Fressen, kniende Tiere, und Entlastungshaltungen genannt. Hauptaspekt im Bereich „Andere“ war das Image der Landwirtschaft, ausserdem fielen hierunter negative Effekte wie Auswirkungen auf Wildtiere. Die Zuordnung war nicht immer einfach und es gab bei den Experten z.T. Unsicherheit dabei, direkte und indirekte Kosten von den intangiblen Kosten zu unterscheiden.

3.4.2 Gewichtung der Faktoren intangibler Schäden

In einem zweiten Schritt sollte die Bedeutung der drei Faktoren ermittelt werden, um später ihren Beitrag zu den intangiblen Schäden monetär bewerten zu können. Hierzu hat jeder Teilnehmer Punkte erhalten, die er auf die drei Bereiche auf der Pinnwand verteilen sollte. Auf Basis der Anzahl der abgegebenen Punkte wurde dann die Bedeutung der Faktoren berechnet. Dies ist für die beiden Workshops in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 6: Gewichtung der Themenbereiche intangibler Schäden

| Themenbereich | Verteilung der Punkte bei Workshop 1 | Verteilung der Punkte bei Workshop 2 | Mittelwert |
|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| Tiergesundheit | 44 % | 48 % | 46 % |
| Natürliche Verhaltensweisen | 35 % | 41 % | 38 % |
| Andere | 21 % | 11 % | 16 % |

Bei beiden Workshops zeigt sich eine grosse Übereinstimmung in der Bewertung der drei Themenbereiche. Die Wirkung auf die Tiergesundheit wird als bedeutendster Aspekt beurteilt, gefolgt von der Beeinträchtigung der natürlichen Verhaltensweisen. In beiden Workshops wurde dem Bereich „Anderes“ die geringste Bedeutung zugemessen. Dies ist nicht nur in der eher geringen Wertung von 21 % bzw. 11 % zu sehen, sondern auch darin, dass der Bereich erst sehr spät und auf explizite Nachfrage des Moderators mit Aspekten gefüllt wurde. Der Abstand zu den anderen Themenfeldern und die qualitativen Statements der Experten zeigen, dass das Tierwohl als der bedeutendste intangible Schaden eingeschätzt wird. Dieses Ergebnis bestätigt den Fokus des Projektes auf das Tierwohl.

3.4.3 Bewertung des Schmerzes von Schafen

Bis zu diesem Zeitpunkt wurde noch keine Bewertung der Moderhinke selbst vorgenommen, es wurden lediglich die Teilaspekte gewichtet. In einem dritten Schritt ging es schliesslich um die Bewertung der negativen Wirkung auf das Tierwohl. Weil die Diskussionsteilnehmer zur Moderhinke sehr unterschiedliches Vorwissen haben, wurde ihnen nun zunächst die Krankheit erläutert, wobei Bilder von Schafklauen in

verschiedenen Krankheitsstadien gezeigt wurden. Zudem wurde erklärt, dass bei den folgenden Fragestellungen von einem mittleren Moderhinkescore (3) ausgegangen werden sollte. Auf diese Weise sollten alle Diskutanten eine gleiche Vorstellung des Untersuchungsgegenstandes erhalten. Die Krankheitsstadien der Moderhinke wurden im zweiten Workshop tiefgehend diskutiert.

Auf Grundlage dieser Informationen wurden die Teilnehmer gefragt, wie hoch der Schmerz der Moderhinke zu bewerten sei, da der Schmerz der Tiere ein wesentlicher Bestandteil des Tierwohls ist. Wie bei der Studie von Fitzpatrick et al. (2006), in der britische Experten Schmerzeinschätzungen vornahmen, wurde eine ordinale Skala angewendet, die von 0 (kein Schmerz) bis 10 (grösster erdenklicher Schmerz) reicht. Bevor eine Bewertung stattfand wurden den Teilnehmern ausgewählte Informationen der Auswertung von Fitzpatrick et al. (2006) zur Verfügung gestellt. Es wurde gesagt, dass auf der Schmerzskala von 0 bis 10 die chronische Mastitis einen Wert von 4, eine offene chirurgische Kastration einen Wert 5 und eine Kastration mittels Gummiring einen Wert von 6 erhalten habe. Basierend auf diesen Vorabinformationen gaben die Teilnehmer ihre Schmerzbewertung für die Moderhinke ab. In beiden Workshops wurde auf der Schmerzskala von 0-10 eine durchschnittliche Schmerzbewertung von 6 ermittelt. Die Werte reichten von 4 bis 7 in Workshop 1 und von 5 bis 7 in Workshop 2. Derjenige Experte mit der niedrigsten und derjenige mit der höchsten Bewertung hatten zwingend anzugeben, weshalb sie sich für ihre Werte entschieden haben. Bei allen folgenden Bewertungsverfahren (in Kapiteln 3.4.4 und 3.4.5) wurde auf diese Weise vorgegangen, wobei die Diskutanten jederzeit ihre Bewertung anpassen konnten. Im Fall der Schmerzbewertung hat keiner der Experten seine Meinung geändert.

Im Anschluss der Bewertung durch die Teilnehmer wurde ihnen mitgeteilt, dass auch Fitzpatrick et al. (2006) den Schmerz der Moderhinke schätzen liessen. Wie in beiden Workshops hat ihre Befragung von Schafexperten aus Grossbritannien einen durchschnittlichen Schmerzwert von 6 ergeben. Alle Experten waren mit der Nutzung des Durchschnittswertes einverstanden. Allerdings wurde in beiden Workshops darauf hingewiesen, dass bei der Bewertung der Schmerzen die Dauer des Schmerzes berücksichtigt werden müsse und es äusserst schwer sei, temporäre mit chronischen Schmerzen zu vergleichen.

3.4.4 Schätzung der intangiblen Schäden in Geldeinheiten

In der darauffolgenden Schlüsselfrage 5 wurde schliesslich der monetäre Wert der von Moderhinke verursachten intangiblen Schäden erfragt. Das Vorgehen hierfür war in den beiden Workshops unterschiedlich. Beim ersten Workshop am 22.10.2015 wurde zunächst nach der Einschätzung der gesamtschweizerischen Schäden gefragt. Hierbei sollte von einer schweizweiten Moderhinke-Prävalenz von 70 % ausgegangen werden. Im Anschluss wurde der Wert der intangiblen Schäden pro erkranktes Tier erfragt. Dann wurde der Wert pro Tier im Excel-File hochgerechnet auf die gesamte Schweiz

unter Annahme einer Prävalenz von 70 %. So wurde ein weiterer Wert für die intangiblen Schäden der Schweiz ermittelt. Die Experten wurden mit ihren unterschiedlichen Bewertungen für die gesamtschweizerische Situation konfrontiert und erhielten die Gelegenheit, ihren vorher genannten Wert für die gesamte Schweiz oder pro Tier anzupassen.

Der Mehrwert dieses Verfahrens stellte sich während des ersten Workshops als gering heraus. Den Experten fehlte bei der ersten Frage die Vorstellung für die Bewertung der gesamten Schweizer Tierpopulation. Generell wurden Berechnungen aus der Hochrechnung als zuverlässiger angesehen. Aus diesem Grund wurde der Fragebogen für den zweiten Durchgang angepasst wie es im Anhang angegeben ist. Hier wurde als erstes der Wert pro erkranktes Schaf erfragt, und darauf basierend die schweizweiten intangiblen Schäden in Excel hochgerechnet. Den Experten wurde dieser gesamtschweizerische Wert präsentiert und die Möglichkeit gegeben, ihren Einzeltierwert zu ändern. Wir gehen nicht davon aus, dass die Umstellung der Vorgehensweise in Workshop 2 einen bedeutsamen Einfluss auf die Ergebnisse hatte, da das Verfahren in beiden Workshops flexibel war und die Teilnehmer jederzeit Korrekturen vornehmen konnten. Ausserdem machten wir in beiden Diskussionen die Erfahrung, dass in den kleinen Gesprächskreisen offen diskutiert wurde und es im Verlauf der Diskussion durchaus zu Anpassungen der eigenen Bewertung kam. So nahmen auch an dieser Stelle einzelne Experten Änderungen vor.

Im Anschluss wurde den Diskussionsteilnehmern der Wert angezeigt, den die einzelnen Faktoren der intangiblen Schäden bekommen. Diese Bewertung wurde in Excel durch Multiplikation der Schadenseinschätzungen mit den Gewichten aus Tabelle 6 berechnet. Dies diente der Absicherung sowohl für die Bedeutsamkeit der Faktoren als auch für den angegebenen Schadenswert. Die Experten waren mit der Aufteilung der Schadensschätzungen auf die einzelnen Faktoren einverstanden und haben keine Änderungen an ihren individuellen Einschätzungen vorgenommen.

In Tabelle 7 sind die Einschätzungen zu den intangiblen Schäden der Moderhinke dargestellt.

Tabelle 7: Intangible Schäden der Moderhinke, schweizweit und pro Tier

| | Workshop 1 | Workshop 2 | Mittelwert |
|---------------------------------------|--|--|-------------------|
| Intangible Schäden, schweizweit | 23'234'167 CHF (560'000 – 57'400'000 CHF) | 82'820'000 CHF (14'350'000 – 287'000'000 CHF) | 53'027'084 CHF |
| Intangible Schäden, pro krankem Schaf | 56.74 CHF (1.37 – 140 CHF) | 202.00 CHF (50 – 1000 CHF) | 129.37 CHF |
| Davon: | | | |
| Tiergesundheit | 24.82 CHF | 97.51 CHF | 61.17 CHF |

| | Workshop 1 | Workshop 2 | Mittelwert |
|----------------------------|------------|------------|------------|
| Natürliche Verhaltensweise | 20.10 CHF | 83.07 CHF | 51.59 CHF |
| Andere | 11.82 CHF | 21.67 CHF | 16.75 CHF |

Anmerkung: Es wurde der Durchschnitt der Expertenbewertung angegeben, in Klammern die minimale und maximale Expertenschätzung.

Den intangiblen Schäden gaben die Experten demnach einen hohen Wert. So wurde für die Schweiz durchschnittlich ein Schadenswert im zweistelligen Millionenbereich geschätzt. Einen Hauptteil dieser Schäden machen die Beeinträchtigung der Tiergesundheit und der natürlichen Verhaltensweisen aus. Somit wird der Einfluss der Moderhinke auf das Tierwohl monetär sehr hoch eingeschätzt. Um von den individuellen Expertenschätzungen auf die gesellschaftliche Wertschätzung zu schliessen, müssen die einzelnen Expertenmeinungen gewichtet werden. Zur besseren Nachvollziehbarkeit und um eine willkürliche Gewichtung zu vermeiden, verwendeten wir den Durchschnitt der Expertenschätzungen als gesellschaftliche Wertschätzung der Schäden. Zur Absicherung dieses Vorgehens fragten wir die Experten, ob sie mit dem Mittelwert des jeweiligen Workshops einverstanden waren. Trotz der weiten Unterschiede ihrer individuellen Einschätzungen waren sie bereit, den Mittelwert der Schätzung zum jeweiligen Workshop zu akzeptieren. Die intangiblen Schäden, die der Gesellschaft durch Moderhinke entstehen, wurden demnach auf 53 Mio. Franken geschätzt.

Die Experten hatten sehr unterschiedliche Ansätze zur Berechnung der intangiblen Kosten. Dies trägt wesentlich zu den Unterschieden in der Kostenschätzung bei. Im zweiten Workshop hat die Person mit der höchsten Schätzung angegeben, dass sie diesen Wert „aus Sicht des Schafes“ berechnete. Als dieses, würde sie 1'000 CHF bereit sein zu zahlen, um von den Schmerzen und Bewegungseinschränkungen der Moderhinke für ein Jahr befreit zu sein. Die Person mit der geringsten Schätzung hingegen nutzte einen Taschenrechner, um den angenommenen, durch Moderhinke verursachten, Rückgang an Schlachtgewicht zu berechnen. Hieraus leitete sie her, wie viel ein Konsument wohl bereit sein könnte, pro Schaf für die Sanierung zu bezahlen. Im Verlauf der Diskussion konnte kein bestes Verfahren zur Schätzung der intangiblen Kosten eruiert werden.

3.4.5 Verringerung intangibler Schäden durch Sanierungsmassnahmen

Bisher wurden die intangiblen Schäden der Moderhinke bei einer schweizweiten Prävalenz von 70 % abgefragt. Im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse ist zusätzlich zu prüfen, ob sich diese Schäden mit der Ausbreitung der Krankheit proportional entwickeln. Deshalb wurden die Teilnehmer abschliessend um eine Einschätzung gebeten, wie hoch sie die Einsparung an intangiblen Schäden bemessen, wenn eine

schweizweite Sanierung stattfinden würde. Hierbei sollte jeder Experte je einen Wert in Franken angeben, wenn a) 20 %, b) 50 % oder c) 70 % der erkrankten Schweizer Tierpopulation geheilt würden. Es wurde vom Moderator zudem angegeben, dass es sich bei den angegebenen Heilungsraten um dauerhafte Werte handelt.

Tabelle 8: Verringerung der intangiblen Schäden durch ein schweizweites Sanierungsprogramm

| Szenario | Verringerung intangibler Schäden bei Workshop 1 | Verringerung intangibler Schäden Workshop 2 | Mittelwert der Workshops |
|--------------|---|---|--------------------------|
| 20 % Heilung | 2'810'000 CHF (0 – 10'000'000 CHF) | 12'675'357 CHF (0 – 57'400'000 CHF) | 7'742'678 CHF |
| 50 % Heilung | 12'150'000 CHF (400'000 – 35'000'000 CHF) | 35'577'214 CHF (5'000'000 – 143'500'000 CHF) | 23'863'607 CHF |
| 70 % Heilung | 18'757'333 CHF (744'000 - 50'000'000 CHF) | 58'163'429 CHF (9'350'000 – 200'900'000 CHF) | 38'460'380 CHF |

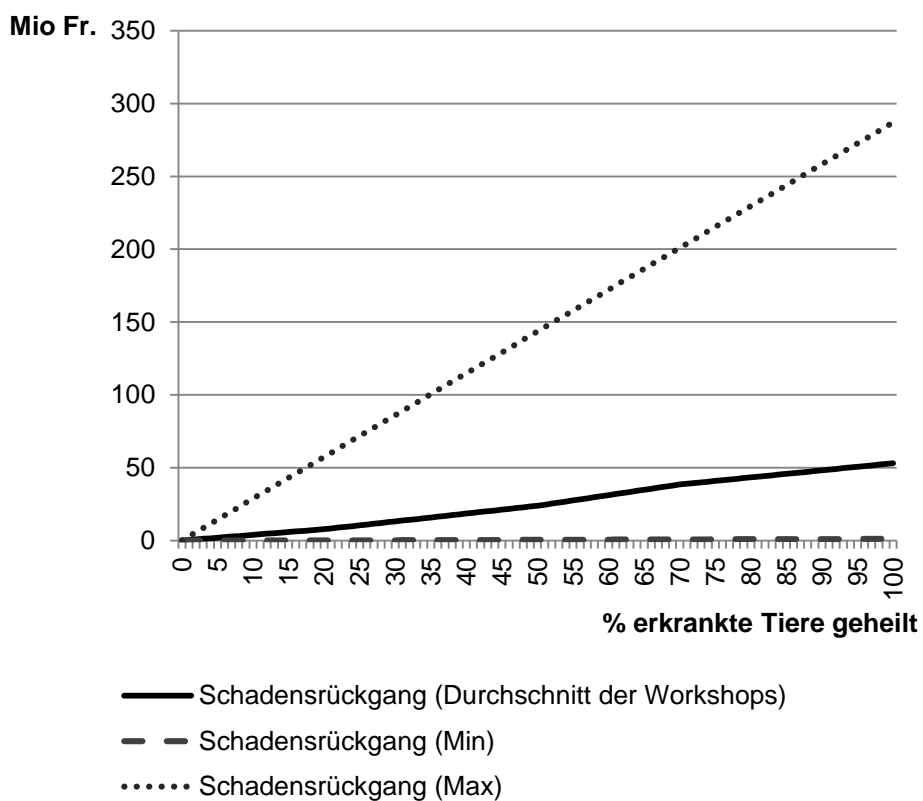
Anmerkungen: Der angegebene Wert ist der Mittelwert der Expertenmeinungen. In Klammern sind die Minimal- und Maximalschätzungen angegeben.

Die Teilnehmer gehen gemäss Tabelle 8 davon aus, dass die intangiblen Schäden mit zunehmendem Heilungserfolg überdurchschnittlich abnehmen. Eine Heilung von 20 % der schweizweit erkrankten Tiere wird folglich mit einer eher geringen Abnahme intangibler Schäden verbunden. In beiden Diskussionsgruppen gab es Teilnehmer, welche für die Heilung von 20 % der schweizweit erkrankten Tiere sogar 0 Franken, also keine Schadensabnahme, angaben. Dementsprechend ist der Schritt von 20 % zu 50 % geheilten Tieren besonders gross.

Als Grund für überproportionale Abnahme wurde hauptsächlich argumentiert, dass sich das Grundproblem der Schweiz bei einer geringen Heilungsrate nicht ändern würde. So sagte ein Teilnehmer: „bei 70 % haben wir wirklich etwas erreicht“. Dieses Argument bewog auch andere Diskutanten, ihre Bewertung nachträglich anzupassen. Darüber hinaus wurde erwähnt, dass das Gesamtbild der Schweizer Landwirtschaft sich bei kleinen Schritten nicht ändere. Es scheint somit auch das Image eine Rolle zu spielen.

Abbildung 22 veranschaulicht, um wie viel sich die intangible Schäden verringern bei unterschiedlichen Heilungsraten.

Abbildung 22: Reduktion intangibler Schäden durch eine Moderhinkebekämpfung



Hierfür wurde aus Kapitel 3.4.4 die Experteneinschätzung zum schweizweiten Schaden im Istzustand genutzt, um den Wert zu bestimmen, der bei einer kompletten Heilung (100 %) erreicht werden kann. Die dargestellten Kurven wurden berechnet als lineare Interpolation zwischen diesem Punkt und der Heilung um 70 %, 50 % und 20 %. Die Grafik veranschaulicht die starken Unterschiede in den einzelnen Einschätzungen der Experten. Nach der durchschnittlichen Expertenschätzung lassen sich bei einer 100 %igen Heilung Schäden in Höhe von 53 Mio. Franken verringern. Der Verlauf der Kurve ist hierbei bis zur 70 % Heilung unterproportional. Nach der höchsten Expertenschätzung können bei einer schweizweiten Ausrottung der Moderhinke Schäden in Höhe von 287 Mio. Franken reduziert werden. Der geringsten Expertenschätzung zufolge können bei einer Heilung aller Schafe lediglich Schäden in

Höhe von 1.09 Mio. Franken eingespart werden. Ausserdem tritt nach Meinung einiger Experten bis zu einer Heilung von 20 % der erkrankten Schafe noch keine Schadensreduktion ein.

3.5 Schlussfolgerungen

Die qualitative Auswertung zeigt, dass das Konzept intangibler Kosten nicht einfach zu erfassen ist. Zum einen zeigte sich, dass es im Rahmen eines Workshops nicht leicht war, die komplexen Konzepte der intangiblen Schäden und des Tierwohls für jeden verständlich zu machen. Zum zweiten sind jedoch auch die Konzepte selbst sehr komplex. So war bereits die Definition vom Krankheitsstatus der Moderhinke, der bewertet werden soll, schwierig. Generell zeigte sich, dass Praktiker (Landwirte, Veterinäre) sich mehr an der Diskussion beteiligten als Gruppen mit geringem Bezug zu Schafhaltung und Moderhinke. Dies geschah jedoch zumeist deshalb, weil Fachwissen mitgeteilt wurde, welches für die Meinungsbildung der anderen Experten hilfreich war. Zur gesellschaftlichen Bewertung der intangiblen Schäden von Moderhinke sind die Einschätzungen der Vertreter von grossen gesellschaftlichen Gruppen jedenfalls unabdingbar, auch wenn diese nur geringes Vorwissen zur Moderhinke haben. Vor diesem Hintergrund hat der Wissenstransfer unter den verschiedenen Experten funktioniert. In den kleinen, vertraulichen Diskussionsrunden fand ein intensiver Meinungs austausch statt. Es wurden zudem aus Sicht der Autoren keine strategischen Antworten gegeben.

Augenscheinlich ist allerdings die Divergenz in der monetären Bewertung von Moderhinke. Es zeigt sich auch unter den fachkundigen Experten eine deutliche Unsicherheit darin, wie die intangiblen Schäden der Moderhinke monetär zu bewerten sind. Die Grössenordnung der Schäden ist unbekannt, wodurch die Experten offenbar verunsichert waren. Es wurden innovative Herangehensweisen zur Berechnung der intangiblen Kosten gewählt, die zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führten. Die Anwendbarkeit der Berechnungsarten kann in dieser explorativen Arbeit nicht beurteilt werden. Die ermittelten Werte des Nutzens einer Heilung von intangiblen Schäden reichen von 1.36 CHF/Schaf bis zu 1000 CHF/Schaf. Auch wenn die Maximal- und Minimalwerte als Ausreisser betrachtet werden würden, sind die Expertenschätzungen immer noch um mehr als den Faktor 10 verschieden. Vor dem Hintergrund dieser quantitativen und qualitativen Resultate ist eine weitergehende Nutzung dieser Werte in der Kosten-Nutzen-Analyse als schwierig einzuschätzen. In der Kosten-Nutzen-Analyse wird deshalb auf die hier ermittelten intangiblen Kosten spezifisch eingegangen. Sie werden in den Kalkulationen separat und detailliert ausgewiesen. Für weitergehende qualitative Untersuchungen zu den intangiblen Kosten der Moderhinke

kann diese Studie Vergleichswerte liefern und dadurch eine wertvolle Unterstützung sein.

2. Paket: Verbreitung und Ausbreitungsszenarien (inkl. Definition der Bekämpfungsszenarien)

4. Experteninterviews (Hintergrundinformationen)

4.1 Auswahl der Methode

Experteninterviews sind eine qualitative Befragungsmethode der empirischen Sozialforschung und werden üblicherweise mit dem Ziel durchgeführt, qualitative Informationen über einen bestimmten Untersuchungsgegenstand zu gewinnen (Bogner et al. 2009).

Im Projekt „ökonomische Auswirkungen der Moderhinke“ wurden Experteninterviews durchgeführt, um aktuelles Fachwissen und Informationen zu vergangener Entwicklung der Moderhinke im Schweizer Schafbestand zusammen zu tragen. Um die Sichtweisen der verschiedenen Akteure, die sich mit der Thematik auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette auseinandersetzen, möglichst umfassend mit einzubeziehen, basiert die Auswahl der Experten auf einem „Purposive Sampling“⁷.

Im Lauf des Interviews reflektieren die Experten aktuelle Fragen zur Moderhinke basierend auf ihrem Fachwissen. Die Informationen dienten insbesondere zur Erstellung der standardisierten Umfrage bei den Schafhaltenden.

4.2 Expertenwahl und Definition des Expertenbegriffs

Experten werden im vorliegenden Bericht über ihr spezifisches Wissen zur Moderhinke aus ihrer beruflichen Tätigkeit definiert. In der durchgeführten Befragung wurden folgende Personen als Experten eingestuft:

- Personen aus Institutionen, die sich intensiv mit Moderhinke auf politischer und/oder wissenschaftlicher Ebene auseinandersetzen,
- Schafhaltende, die aufgrund der Erkrankung ihrer Schafe an Moderhinke betroffen sind oder waren,
- weitere Wissensträger aus der Schweiz, z.B. von Seiten der Forschung oder der Verwaltung bzw. des Vollzugs.

Die Auswahl der Experten wurde basierend auf folgenden Leitfragen getroffen:

- Hat die Arbeit des Experten einen hohen Stellenwert für die Moderhinke in der Schweiz, sodass diese Person in die Befragung miteinbezogen werden sollte?
- Trägt das Expertenwissen dazu bei, bedeutende Informationen über die Moderhinke und deren Entwicklung/Verbreitung in der Schweiz zu erhalten?

⁷ Purposive Sampling bedeutet eine gezielte Auswahl der Experten, welche sich mit der Thematik Moderhinke auseinandersetzen (Universität Luzern, 2015).

- Vertritt der Experte eine wichtige Institution, die sich mit der Problematik der Moderhinke intensiv auseinandergesetzt?

4.3 Durchführung

Die Interviews wurden als semi-strukturierte Interviews mit Leitfaden durchgeführt. Der Leitfaden wurde basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche erstellt. Die Experten wurden einzeln und mündlich befragt. Einzig mit den Experten der Proviande wurde ein Gruppeninterview durchgeführt. Die Fragen wurden bewusst nicht im Voraus versandt, um eine Informationsbeschaffung durch einzelne Experten zu verhindern und das effektive Wissen der Experten abzubilden. Neben den schriftlichen Notizen wurde das Interview digital aufgezeichnet, sodass die Gespräche im Anschluss qualitativ und effizient verarbeitet werden konnten. Ein Interview dauerte durchschnittlich 1.5 Stunden. Insgesamt wurden 15 Personen aus Verwaltung, Forschung und Beratung, Schafhaltung, Handel, Verarbeitung und Vermarktung befragt. Tabelle 9 gibt einen Überblick zu den befragten Gruppen und Personen und zur Durchführungsweise der Interviews:

Tabelle 9: Überblick über die ausgewählten Experten

| Gruppe | Person | Berufsfeld | Datum Interview | Form des Interviews |
|--|--------------------------|--|------------------|---------------------|
| Verwaltung | Dr. Lukas Perler | Leiter des Fachbereichs Tierseuchenbekämpfung, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen | 30. März 2015 | Einzeln, mündlich |
| Forschung und Beratung | Dr. Rita Lüchinger | 1. Leiterin der Sektion Schafe des Beratungs- und Gesundheitsdienstes für Kleinwiederkäuer | 2. 8. April 2015 | Einzeln, mündlich |
| | Prof. Dr. Adrian Steiner | Leiter der Nutztierklinik Bern | 14. April 2015 | Einzeln, per Skype |
| | Dr. Giochen Bearth | Stellvertretender Kantonstierarzt des Kantons Graubünden | 3. Juni 2015 | Einzeln, mündlich |
| Schafhaltung, Handel, Verarbeitung und Vermarktung | Bruno Zähler | Halter von Milchschaafen | 31. März 2015 | Einzeln, mündlich |
| | Paul Stucki | Halter von Mutterschaafen | 1. April 2015 | Einzeln, mündlich |
| | Duosch Städler | Halter von Mutterschaafen | 3. Juni 2015 | Einzeln, mündlich |

| Gruppe | Person | Berufsfeld | Datum Interview | Form des Interviews |
|--|---|---|-----------------|---------------------|
| Schafhaltung, Handel, Verarbeitung und Vermarktung | Christian Aeschlimann | Halter von Mutterschafen und Herdebuchleiter des Schweizerischen Schafzuchverbandes | 8. April 2015 | Einzel, mündlich |
| | Erwin Schenk | Halter von Mutterschafen und Weidelämmern, Verarbeitung und Vermarktung | 13. April 2015 | Einzel, mündlich |
| | Walter Huber | Halter von Mutterschafen, Weidelämmer und Handel | 12. Mai 2015 | Einzel, mündlich |
| | Ernst Vogel | Halter von Mutterschafen, Wanderhirte und Handel | 31. März 2015 | Einzel, mündlich |
| | Peter Schneider und drei weitere Experten | Leiter GB Klassifizierung und Märkte bei Proviande | 9. April 2015 | Gruppe, mündlich |

Zu Beginn des Interviews haben sich die Personen vorgestellt. Danach folgte eine erste Frage, die den Bezug zur Moderhinke herstellte. Da es sich um ein „purposive Sampling“ handelt und die Expertengruppe heterogen ausgewählt wurde, enthält der Leitfaden offene Fragen, welche je nach Experte während dem Interview leicht angepasst wurden. Dabei bestand auch die Möglichkeit, in gewissen Themengebieten vertiefende Fragen zu stellen. Die Fragen des Leitfadens lassen sich in fünf Kategorien einteilen und sind im Anhang einzusehen. Die einzelnen Kategorien sind wie folgt:

Kategorie 1: Allgemeine Situation der Moderhinke

Der erste Teil beinhaltet allgemeine Fragen zur Moderhinke in der Schweiz. Es werden Fragen zur Tragweite, Ausbreitung resp. den Ausbreitungsvektoren gestellt.

Kategorie 2: Tierbezogenen Faktoren betreffend Moderhinke

Hierbei geht es um tierspezifische Faktoren, die einen Einfluss auf die Moderhinke haben können wie z. B. Tiergewicht, Rasse, Geschlecht, etc.

Kategorie 3: Ausbreitung der Moderhinke und Tierverkehr

Dieser Teil befasst sich mit dem Tierverkehr und der Ausbreitung der Moderhinke.

Kategorie 4: Massnahmen gegen Moderhinke

In diesem Bereich werden die Experten zu Massnahmen zur Reduktion von Moderhinke auf Herden- sowie Einzeltierebene befragt.

Kategorie 5: Sanierung der Herde

Diese Kategorie enthält Fragen zu Sanierungsaspekten (Massnahme auf Herdenebene).

Kategorie 6: Weitere Aspekte

Der letzte Teil befasst sich mit Managementaspekten wie z.B. Auswirkungen der Haltung und Fütterung der Tiere auf das Auftreten von Moderhinke. Auch der Einfluss des Wissens der Schafhaltenden auf die Moderhinke wird geschätzt. Zudem werden präventive Massnahme gegen Moderhinke und deren Wirkung diskutiert.

4.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse. Der Kern dieses Verfahrens ist die Extraktion der benötigten Informationen, die basierend auf dem Leitfaden zusammengestellt wurden (Gläser und Laudel, 2009). In einem weiteren Schritt werden die Extraktionsergebnisse konsolidiert und interpretiert. Das Ziel der Auswertung besteht darin, Gemeinsamkeiten und Kontraste zwischen den befragten Experten herauszuarbeiten.

Nach den durchgeführten Interviews wurden die digitalen Aufnahmen unter Ergänzung der schriftlichen Notizen, die während dem Interview entstanden sind, transkribiert. Danach wurde das gesammelte Interviewmaterial verdichtet, indem die Antworten zu gleichen Themen zusammengefasst wurden.

4.5 Ergebnisse

Das folgende Kapitel fasst die konsolidierten Ergebnisse der Expertenbefragung zusammen. Die Ergebnisse stehen gewissermassen für den aktuellen Wissensstand zur Thematik der Moderhinke in der Schweiz.

Die hier vorliegenden Einschätzungen setzen sich aus den Meinungen verschiedener Experten zusammen. Sie widerspiegeln somit nicht die vollständige Meinung jedes einzelnen Experten. Wo immer möglich wird versucht darauf hinzuweisen, welche Gruppe von Experten was gesagt hat.

4.5.1 Allgemeine Situation der Moderhinke

In der Schweiz unterstützt der Bund Forschungsarbeiten aber auch Programme, die im Zusammenhang mit der Moderhinke stehen wie z.B. das Sanierungsprogramm des Beratungs- und Gesundheitsdienstes für Kleinwiederkäuer (BGK). Im Gegensatz zu anderen Tierkrankheiten hat der Bund im Bereich Moderhinke keine direkten Interventionsmöglichkeiten. Verstösse gegen das Tierschutzgesetz werden bei der Moderhinke kantonal gehandhabt.

Unter den Befragten ist man sich einig, dass Probleme mit Moderhinke in den Schweizer Schafbeständen bestehen. Allerdings werden diese hinsichtlich ihres Schweregrads unterschiedlich eingeschätzt. Bei der Frage nach der Einschätzung der schweizweiten Prävalenz an kranken Schafen bzw. Betrieben mit kranken Tieren gehen die Meinungen auseinander. Experten aus der Wissenschaft und Verwaltung schätzen die Prävalenz von klinischer Moderhinke in der Schweiz auf 20 bis 50 Prozent. Bei einer durchschnittlichen Herde wären auf Betriebsebene rund 10 bis 40 Prozent der Tiere betroffen, wobei hohe Unterschiede zwischen Betrieben vorliegen dürften. Experten, welche Schafe halten, schätzen den Anteil an kranken Tieren auf 30 Prozent, die sich auf 80 Prozent aller Schafhaltenden verteilen. Schätzungsweise die Hälfte der betroffenen Schafhaltenden wissen, wie mit Moderhinke umzugehen ist.

Moderhinke-krankte Tiere sind laut den Experten der Proviande an öffentlichen Märkten kaum anzutreffen, da kranke Tiere bei der Vermarktung nicht verkauft werden dürfen. Sie schätzen den Anteil kranker Tiere auf dem öffentlichen Markt auf 0.5 Prozent.

Insgesamt sind sich die Experten der Meinung, dass sich die schweizweite Problematik von Moderhinke in den letzten fünf bis zehn Jahren nicht stark verändert hat. Eine erhöhte Sensibilität hinsichtlich Moderhinke sei in der Ostschweiz festzustellen, da kantonale Programme (z.B. die Sanierung gemäss BGK) gefördert werden. Entsprechend vermuten einige Experten eine niedrigere Prävalenz in dieser Region.

Auf mikrobiologischer Ebene vermuten die Experten eine herdendeckende Verseuchung. Grund hierfür sei die sehr kurze Übertragungszeit, worüber jedoch nur wenige Informationen vorhanden sind. Daher war eine Quantifizierung von Neu- und Wiederinfektionen im Rahmen der Experteninterviews im Allgemeinen schwierig. Einige Experten konnten die Situation in Ihrer Umgebung abschätzen, wobei diese nicht auf die gesamte Schweiz projiziert werden darf.

Das Auftreten und die Verbreitung von Moderhinke ist ein multifaktorielles Problem. Laut Experten sei das Management der Schafhaltenden ein bedeutender Faktor um auf den Krankheitsverlauf in der Herde Einfluss zu nehmen. Neben Produktionsrichtung und Betriebsgrösse sowie -struktur beeinflussen nach Einschätzung der Experten folgende Faktoren die Moderhinke:

- Wetter: Feuchtwarmes, nasses Wetter. Nach Aussagen der Schafhaltenden bleibt der Schmutz zwischen den Klauen stecken und bietet dem Bakterium so eine günstige Umgebung. Im Weiteren wird beobachtet, dass der Kanton Wallis aufgrund des trockenen Wetters weniger Probleme hat als andere Regionen in der Schweiz.
- Sömmerung: Das Halten und Zusammenführen von Schafen unterschiedlicher Betriebe erhöht das Erkrankungsrisiko von Moderhinke unter der Voraussetzung, dass Moderhinke bereits im Bestand vorhanden ist. Zudem werden die Schafe über eine längere Zeitdauer zusammen und je nach Situation teilweise auch in engeren Platzverhältnissen (Einstallung über Nacht) gehalten.

- Politik: Das Sanierungsprogramm des BGK wird in der Ostschweiz stärker gefördert als in der Region Bern, womit Moderhinke in der Ostschweiz weniger stark verbreitet ist.

4.5.2 Einflussfaktoren des Tieres

In diesem Abschnitt wird das Expertenwissen über tierspezifische Einflussfaktoren auf Moderhinke, wie bspw. der Einfluss des Tiergewichts, des Geschlechts, der Rasse, etc., zusammengefasst. Die Experten beobachten grosse Unterschiede zwischen Einzeltieren innerhalb einer Herde, welche auf folgenden Faktoren zurückgeführt werden können:

- Tiergewicht: Je höher das Gewicht pro Klauenfläche ist, desto anfälliger sei das Tier. Auch bei Schafen mit höherem Klauenwuchs wird ein höheres Anfälligkeitsrisiko vermutet. Daher sollte man auf härtere Klauen achten, wobei allzu harte Klauen wiederum anfällig auf Brüche sind und entsprechend eine Angriffsfläche für Moderhinke bieten.
- Geschlecht: Die Experten vermuten, dass nicht das Geschlecht, sondern Faktoren wie Tiergewicht oder Tierverkehr einen Einfluss haben. Diese sind eng mit dem Faktor Geschlecht verbunden. So sind oftmals die Widder betroffen. Diese wiegen im Durchschnitt mehr als Auen und Lämmer. Dazu kommt, dass diese oft zwischen Betrieben verkehren und den Auen nachlaufen (mehr Bewegung, intensiverer Kontakt).
- Alter: Grundsätzlich wird kein Einfluss erwartet, obschon vereinzelt eine gewisse Immunitätsschwäche bei den Lämmern gegenüber den ausgewachsenen Tieren beobachtet wurde.
- Rasse: Es wird erwähnt, dass das Weisse Alpenschaf, wie auch Skudde, Heidschnugge und Merino Schafe anfälliger und Schwarznasenschafe resistenter seien. Folglich hat die Rasse einen Einfluss auf die Anfälligkeit gegenüber Moderhinke.
- Genetik: Die Experten rechnen diesem Faktor eine grosse Bedeutung zu. Es ist jedoch schwierig abzuschätzen, in welchem Ausmass er tatsächlich dazu beiträgt und wie er kontrolliert werden könnte.

4.5.3 Auswirkungen aufs Einzeltier

In der Mutterschafhaltung sind tiefere Zunahmen eine bedeutende Auswirkung der Moderhinke am Einzeltier. Moderhinke führe zu mageren Schafen und resultiere in einer Ertragsminderung. Kranke Auen liegen vermehrt, fressen weniger und produzieren weniger Milch. Folglich haben die Lämmer ein beschränktes Milchangebot, wachsen langsamer und sind anfälliger auf Krankheiten, so die Experten aus der Forschung und Praxis. Die Experten der Praxis schätzen bei den Lämmern eine reduzierte Gewichtszunahme von 30 bis 40 Prozent bzw. mit einem längeren Ausmästungsgrad von 2 Monaten. Moderhinke habe einen Einfluss auf die Bildung des Fettgewebes, wobei die Tiere oftmals weniger gut ausgemästet sind. Auch eine mindere Marmorierung ist festzustellen. Dies kann zu einer tieferen Einstufung in die

Handelsklassen und folglich zu einem tieferen Verkaufspreis des Tieres führen (ca. 50 CHF weniger pro Lamm). Zudem weist das Fleisch ein tieferes Safthaltevermögen auf. Im Weiteren wirke sich Moderhinke negativ auf die Wollqualität und –menge aus. Brüchige Wolle und einen geringeren Ertrag (rund 10 Prozent, gemäss Aussagen der Experten) seien die Folgen von Moderhinke.

In der Milchschafthaltung wird ein signifikant negativer Einfluss vermutet. Die Milchleistung von Moderhinke kranken Tieren brechen 30 bis 50 Prozent ein.

Die Experten aus der Forschung und Verwaltung weisen darauf hin, dass die Moderhinke keinen Einfluss auf die Lebensmittelsicherheit hat. Der Erreger ist weder in den Fleisch- noch in den Milchprodukten vorhanden und verfügt nicht über zoonotische Funktionen (Übertragung auf den Mensch).

Die Experten vermuten Unterschiede zwischen der Fleisch- und Milchschafthaltung in Bezug auf Moderhinke. In der Milchschafthaltung stellen die Experten eine erhöhte Betreuung des Tieres fest, da die Halter von Milchschaften regelmässiger Kontakt zum Tier haben. Im Weiteren beobachten die Experten, dass Milchschaftbetriebe weniger Tierverkehr aufweisen und weniger häufig mit anderen Betrieben sömmern. Folglich schätzen die Experten die Sensibilität gegenüber Moderhinke in der Milchschafthaltung höher ein als in der Mutterschafthaltung. Im Gegensatz sei eine Bekämpfung und Eliminierung von Moderhinke um einiges aufwändiger als bei der Mutterschafthaltung (z.B. durch reduzierte Separierungsmöglichkeit beim Melken). Auch sei der wirtschaftliche Verlust in Form von reduzierter Milchleistung direkter spürbar als in der Mutterschafthaltung.

Auch auf das Verhalten der Tiere hat Moderhinke einen Einfluss. Moderhinke-kranke Tiere halten sich öfters abgesondert von der Herde auf, da aufgrund von Schmerzen eine reduzierte Bewegung beobachtet werden kann.

4.5.4 Ausbreitung und Tierverkehr

Moderhinke ist basierend auf den vielfältigen Einflussfaktoren regional in unterschiedlicher Intensität vorhanden. Diese (kantonale) Unterschiede sind wie bereits erwähnt auf politische, wetterbedingte und weitere Gründe zurückzuführen. Auch die Ausbreitung innerhalb einer Herde ist sehr unterschiedlich. Die Ausbreitungsdauer innerhalb einer Herde beträgt zwischen einer und vier Wochen. Dazu kommt eine Inkubationszeit von ca. 4 Wochen. Beide hängen stark von den bereits erwähnten Faktoren ab.

Der Tierverkehr ist für die Ausbreitung zwischen Herden ein zentraler Faktor. Ein intensiver Tierverkehr führt zu einer hohen Durchmischung der Schafbestände von verschiedenen Betrieben. Die Problematik der Durchmischung besteht darin, dass auch Moderhinke-kranke Tiere (sowohl klinisch als auch subklinisch) gehandelt werden und dadurch das Risiko einer Infizierung von gesunden Tieren mit Moderhinke steigt.

Das Infektionsrisiko nimmt mit steigender Tierdichte und längeren Phasen des Zusammenseins tendenziell zu.

Die Sömmerung spielt laut allen Experten eine wichtige Rolle und führt zu einem erhöhten Tierverkehr. Während der Sömmerung werden die Schafe längere Zeit zusammen gehalten, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung steigt, sofern sich Moderhinke kranke Tiere in der Herde befinden. Laut Beobachtungen einzelner Experten werden immer wieder Moderhinke kranke Tiere gesömmert. Diese Handhabung ist insbesondere bei gemeinsamer Alpbeweidung (Tiere aus verschiedenen Herden) problematisch. Erfahrungsgemäss erfolgen die meisten Ausbrüche im August. Ein akuter Ausbruch von Moderhinke ist oftmals auch innerhalb eines Monats nach Rückkehr von der Sömmerung auf dem Talbetrieb zu beobachten.

Ein weiterer Übertragungsort sind die Ausstellungen, obschon hier das Risiko weniger hoch eingestuft wird als bei der Sömmerung. Einerseits haben die Schafe nur kurze Zeit und punktuell Kontakt untereinander. Andererseits legen die Züchter ein besonderes Augenmerk darauf keine kranken Tiere auszustellen. Folglich wird vermutet, dass Unterschiede zwischen Zuchtbetrieben und anderen Betrieben betreffend Moderhinke bestehen.

Auch das Transportfahrzeug zählt zu den Risikofaktoren für eine mögliche Übertragung. Dieser Aspekt gilt es besonders bei Neuzukauf oder Ausstellungen zu beachten.

Obschon dem Tierverkehr eine zentrale Funktion für die Ausbreitung zukommt, sei es schwierig, dieser zu kontrollieren. Unter den Schafhaltenden können grosse Unterschiede bezüglich Zukauf oder Eigenremontierung festgestellt werden. Es gibt Betriebe, welche eigenremontieren und teilweise einzelne Widder für neue Genetik zukaufen oder ausleihen. Andere wiederum kaufen zusätzlich Weidelämmer zur Ausmast. Je nach Strategie und Ausrichtung wird bei einem Zukauf das Kriterium Genetik höher gewichtet als die Gesundheit. Die Frage bleibt offen, ob ein saniertes Betrieb mehr oder weniger Aufwand betreibt und vorsichtiger ist im Tierhandel als unsanierte. Die Experten erwähnen, dass im Herbst das Infektionsrisiko jeweils für den Einzelbetrieb am höchsten ist, aber auch im Frühjahr zumindest für gewisse Betriebstypen ein erhöhtes Risiko besteht.

Eine Möglichkeit, die Ausbreitung der Moderhinke zu reduzieren wäre, dass der Tierverkehr mit Hilfe der Tierverkehrsdatenbank kontrolliert werden würde. Dabei wird an ein ähnliches, jedoch nicht so detailliertes Verfahren wie bei den Rindern gedacht. Dies hätte einen Ausbau der Tierverkehrsdatenbank zur Folge, wo z.B. auch gesperrte Betriebe ersichtlich werden sollen. Im Weiteren empfehlen die Experten die neuzugekauften Tieren unter Quarantäne zustellen. Einige erwähnen auch, die Tiere präventiv für 30 Minuten ins Klauenbad zustellen. Im Falle einer gemeinschaftlichen Alpfung empfehlen die Experten die Tiere auf einer sanierten Alp zu sömmern.

4.5.5 Massnahmen gegen Moderhinke

Laut Tierschutzverordnung (TSchV, Art. 3, Abs. 3) ist Moderhinke eine Krankheit, welche vom Tierhaltenden zu behandeln ist. In der Praxis ist eine Vielfalt von Behandlungsmassnahmen vorhanden, welche in der Schweiz umgesetzt werden wie z.B. Klauen schneiden, baden, sprayen, verbinden, Antibiotika verabreichen, impfen, schlachten der kranken Schafe, trennen der kranken von den gesunden Tieren, sanieren der Herde z.B. nach dem Schema des BGK. Je nach Situation und Befallsstärke des Tiers bzw. der Herde werden die Massnahmen einzeln oder auch in Kombinationen angewendet und können auf unterschiedliche Art und Weise umgesetzt werden. Entsprechend hängen die Kosten stark von der Wahl der Behandlung und deren Umsetzung ab, die wiederum mit den betriebsspezifischen Merkmalen (wie z.B. Herdengrösse, Intensität des Tierverkehrs, etc.) zusammenhängt.

Die mehrheitlich eingesetzte Massnahme gegen Moderhinke ist der zusätzliche Klauenschnitt und das Klauenbad, wobei auch der Klauenspray oftmals verwendet wird. Betriebe, die einen hohen Tierverkehr aufweisen und den Infektionsdruck reduzieren wollen, setzen vermehrt auf die Impfung. Allerdings wird die Wirkung des Impfstoffs von Expertenseite stark hinterfragt, da er nur unterstützend wirke.

Laut Experten aus der Praxis müssen die Klauen eines kranken Tiers drei bis viermal statt nur ein bis zweimal pro Jahr ausgeschnitten und gepflegt werden. Dabei schätzen sie den Mehraufwand auf 15 CHF pro Tier. Die Experten aus der Forschung weisen darauf hin, dass die Klauenresten kranker Tiere unbedingt nach dem Klauenschnitt gesammelt und entsorgt werden sollten. So werde ein wichtiger Übertragungsvektor eliminiert, wodurch der Erreger weniger gut im Stall überleben könne.

Das Klauenbad zeigt bereits in der Wahl der Wirksubstanz eine hohe Diversität. In der Schweiz werden im Allgemeinen Formalin, Zink- oder Kupfersulfat verwendet. Häufig genannte Nachteile von Formalin sind die Gefahr der Klauenverätzung und die zu starke Verhärtung des Horns, welche zu brüchigen Klauen führe. Zudem wird vermutet, dass Formalin für den Menschen gesundheitsschädlich sei. Ein Vorteil von Formalin ist die einfache Entsorgung, die bei der richtigen Durchführung keine Umweltbelastung zur Folge hat. Der Einsatz der anderen beiden Substanzen ist problematischer (Schwermetall). Sie müssten laut Experten der Praxis oftmals in der eigenen Jauchegrube entsorgt werden, da sich die Annahmestellen weigerten, diese zu entsorgen. Es laufen Abklärungen, was die Folgen solcherart entsorgter Wirkstoffe hinsichtlich Toxizität sind und wie die Essenzen am besten entsorgt werden.

Im Normalfall werden pro Bad mehrere Tiere für etwa 10 Minuten zeitgleich gebadet. Danach werden sie auf eine trockene Unterlage gestellt, damit die Klauen abtrocknen können und dadurch eine maximale Wirkung erzielt werden kann. Dieser Arbeitsprozess (inkl. Vor- und Nachbereitung) wird auf rund eine Stunde pro Durchführung geschätzt. Je nach Tierhalter wird das Klauenbad wöchentlich, teilweise

aber auch nur zweimal jährlich durchgeführt. Zu beachten gilt, dass im Falle von Milchsafen die Euter nach dem Bad und vor dem nächsten Melken aufgrund der Lebensmittelsicherheit gut gereinigt werden müssen. Das gilt insbesondere beim Einsatz von Zink- oder Kupfersulfat. Des Weiteren gilt es zu beachten, dass die Tiere während dem Baden unter Stress stehen, was wiederum negative Effekte auf den Genesungsverlauf haben kann.

Schlussendlich rechnen die Experten aus der Praxis bei einem durchschnittlich erkrankten Tier (zwei kranke Klauen) mit einem Mehraufwand pro Tier und Behandlung von fünf Minuten pro Tier bzw. drei bis vier Stunden pro Tier und Jahr. Bei einem kranken Tier wird mit einer vier- bis fünffachen Arbeitszeit bei der Klauenpflege im Vergleich zu einem gesunden Tier gerechnet. Für das Klauenbad rechnen die Experten mit Kosten von etwa 85 CHF pro Tier und einer Zeitdauer von drei bis sechs Monate, bis die kranken Tiere wieder gesund sind.

Es gibt auch einige Betriebe, besonders grosse Handelsbetriebe, die einen hohen Tierverkehr aufweisen und keine Möglichkeit haben, die Tiere in Quarantäne zu stellen oder die Herde zu sanieren. Hier wird oftmals versucht, die Krankheit zu unterdrücken und die Tiere, neben der erwähnten Impfung, regelmässig zu baden (alle zwei bis drei Wochen), um einen grossen Ausbruch zu verhindern. Bei intensivem Schafhandel und einer kurzen Umschlagszeit sei es schwierig, Moderhinke-frei zu bleiben. Allerdings sei hier zu bedenken, dass von solchen Betrieben ein hohes Verbreitungsrisiko ausgeht.

4.5.6 Sanierung der Gesamtherde

Die Sanierung bzw. das Sanierungsprogramm des BGK wurde politisch initiiert mit dem Ziel, Moderhinke systematisch zu bekämpfen. Die Methode basiert auf einer praktikablen Grundlage und setzt sich aus mehreren oben erwähnten Massnahmen in Form eines Programms zusammen (vgl. BGK 2010). Die Umsetzung wird kantonal unterschiedlich gehandhabt und ist in den Kantonen Glarus und Graubünden für alle Schafhaltenden obligatorisch (teilweise mit kleineren Abweichungen vom BGK-Schema). Auch Schafhaltende, die Schafe in den beiden Kantonen sömmeren bzw. zur Sömmern geben, unterliegen der Sanierungspflicht. Die Experten vermuten, dass die Motivation, die Sanierung umzusetzen mehrheitlich aufgrund des Obligatoriums durchgeführt wird. Rund 10 bis 20 Prozent aller Teilnehmenden würden aus Überzeugung das Programm umsetzen. Wichtig für den Erfolg eines Programms sei der Nutzen für den Schafhalter. Denn der Tierhaltende trägt mehrheitlich den Aufwand, womit die Umsetzung eine gewisse Eigenmotivation voraussetzt.

Wie bei den oben erwähnten Behandlungsmassnahmen entstehen bei der Sanierung oder einer Bekämpfung laufende (bspw. Arbeitsaufwand) und fixe Kosten (Vorrichtung Klauenbad). Hinzu kommt, dass Kontrollen durchgeführt werden. Die Experten schätzen die Gesamtkosten einer Sanierung pro Tier zwischen 11 und 25 CHF im ersten Jahr, je nach Herdengrösse. Die Kosten im zweiten und dritten Sanierungsjahr

sind entsprechend tiefer und werden auf 15 resp. 2 CHF geschätzt. Die Dauer der Sanierung beträgt rund drei bis sechs Monate.

Die Erfolgsquote bei abgeschlossener Sanierung wird unterschiedlich eingestuft und liegt zwischen 90-99 %. Diese hängt wesentlich vom Management ab, wie z.B. trockener Einstreu/trockener Untergrund.

Da das Schaf als Hauptwirt von Moderhinke fungiere, komme eine Reinfektion vorwiegend von anderen Schafen. Sowohl Ziegen als auch Steinböcke werden als weitere Träger von Moderhinke vermutet. Wie bei der Bekämpfung einer Erstinfektion ist auch bei einer erneuten Infektion die Vorgehensweise der Tierhaltenden heterogen. Einige Schafhaltende würden den Prozess an Behandlungsmassnahmen von vorne beginnen, andere würden ihre Tiere schlachten, da die Herkunft der Infektion zu unsicher sei. Diese Tiere werden dann nicht über den öffentlichen Markt gehandelt, sondern öfters bei Kleinmetzgereien verarbeitet.

Hinsichtlich einer schweizweiten Umsetzung des Sanierungsprogramms könnte man laut Experten aus der Verwaltung ähnlich wie bei der CAE-Sanierung der Ziegen vorgehen. Eine wirksame Bekämpfungsmassnahme müsste schweizweit in möglichst paralleler Zeitabfolge bei möglichst allen Schafhaltenden durchgeführt werden. Alternativ zur schweizweiten Sanierung oder Bekämpfung könnte man einzelne private Einheiten oder geografische Kompartimente bilden und dort die Moderhinke isoliert bekämpfen. Allerdings müssten hierfür Restriktionen im Tierverkehr eingeführt werden, wie z.B. keine Sömmerung, keine Ausstellungen oder andere Aktivitäten mit Schafhaltenden ausserhalb dieser Kompartimente.

4.5.7 Weitere Aspekte

Moderhinke ist im Grundsatz bekämpfbar. Man geht davon aus, dass Moderhinke nicht alleiniger Grund für die Aufgabe einer Schafhaltung war, wie sie in den letzten Jahren oft vorgekommen ist. In der Schweiz sei eine Auflösung eines Betriebes vielmehr die Summe verschiedener Ereignisse. Im Ausland konnte hingegen dies beobachtet werden, wobei aber die Herdengrösse eine wesentliche Rolle spielte.

Die Experten schätzen die Schafhaltenden als heterogene Gruppe ein, wobei der repräsentative Schafhalter so nicht existiere. Man geht davon aus, dass zwar alle Schafhaltenden bereits etwas über die Moderhinke gehört haben, jedoch der Wissensstand bei den Schafhaltenden mit kleineren Beständen geringer ist als bei den anderen. Der Wissensstand über Moderhinke hänge unter anderem mit der Herdengrösse und der Spezialisierung zusammen. Mittlere und grössere Betriebe könnten sich nicht leisten, nur wenig über die Moderhinke zu wissen. Ein ausgeprägtes Informationsdefizit sei vorwiegend bei einer (Re-)Infektion zu beobachten. Die Experten schätzen den Anteil an Schafhaltenden, die nicht wissen, was bei einer Infektion zu tun ist, auf rund 30 bis 50 Prozent. Betreffend Weiterbildung besteht in der Ostschweiz ein grösseres Angebot als in der Westschweiz und im Mittelland.

Hinsichtlich des Managements weisen die Experten auf folgende Faktoren hin, welche bei der Moderhinke zu beachten seien:

- Stallmanagement: Die Stallhygiene ist ein wichtiger Faktor. Ein trockener Untergrund(trockene Einstreu) sei essentiell.
- Weidemanagement und Fütterung: Eine hohe Tierdichte auf den Flächen und Triebwegen und das Weiden bei nassen Verhältnissen begünstige das Infektionsrisiko von Moderhinke. Auch das lange Weiden auf derselben Fläche würde das Ansteckungsrisiko erhöhen. Es wird vermutet, dass ein höherer Umtrieb der Ausbreitung der Moderhinke entgegenwirkt. Auch die Mischnutzung wurde als Möglichkeit zur Verhinderung von Moderhinke erwähnt. Es wurde zudem erwähnt, dass Tiere, welche auf einer Weide mit gehaltvollem Gras gehalten werden, grundsätzlich anfälliger sind. Schafe mit einer mineralarmen und eher mageren Fütterung seien weniger anfällig.

Im Vergleich zum Rind ist bei den Schafen der Anteil an Schafhaltenden, welche Schafe als Freizeitbeschäftigung halten, hoch. Einige Experten gehen davon aus, dass diese Gegebenheit auch einen Einfluss auf die Ausbreitung der Moderhinke haben kann.

Zusammenfassend raten die Experten, vermehrt auf den Tierverkehr zu achten, die Quarantäne einzuhalten und ein konsequentes Gesundheitsmanagement zu verfolgen wie z.B. regelmässiges Klauenbaden.

5. Befragung der Schafhalter

Um die Ausbreitung der Moderhinke in der Schweiz zu erfassen, wurde eine Befragung der Tierhalter durchgeführt. Hierzu wurde ein Fragebogen an alle Schafhalter in der Schweiz versendet. Neben Fragen bezüglich des Auftretens der Moderhinke und den damit verbundenen Problemen wurden Informationen zum Herdenmanagement und dem Tierverkehr eingeholt. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf den Behandlungsmassnahmen in Bezug auf die Moderhinke.

5.1 Erstellung und Versand des Fragebogens, Erstellung des Datensatzes

Der Fragebogen besteht aus den folgenden vier Hauptteilen:

1. Herdenmanagement und Tierverkehr
2. Gesundheitsaspekte
3. Moderhinke
4. Massnahmen gegen Moderhinke

Insgesamt wurden 31 Fragen gestellt, die zum Teil weitere Unterfragen enthielten. Dabei wurden folgende Fragen- und Antwortformate verwendet:

- Offene Fragen (z.B. Wie viele Auen halten Sie?)
- Ja/Nein-Fragen (z.B. Haben Sie im Jahr 2014 an Ausstellungen teilgenommen?)
- Ratingskalen (z.B. Hatten Sie im Jahr 2014 Probleme mit Moderhinke?)

Bei Fragen, deren Antwortstruktur einer Ratingskala entsprach, konnten die Befragten zwischen Antworten von 1 bis 4 auswählen. Die Antwort 1 steht jeweils für die tiefste Stufe der Häufigkeit bzw. Intensität, die Antwort 4 für die höchste.

Der Fragebogen wurde an 15'036 Schafhaltende in der Schweiz versandt. Dabei wurden Adressdaten aus der Tierverkehrsdatenbank (TVD) und dem Agrarinformationssystem (AGIS) kombiniert. Das Bundesamt für Landwirtschaft hat diese Daten im Rahmen des Forschungszwecks zur Verfügung gestellt. Der Versand der Fragebogen erfolgte in zwei Etappen mit jeweils zwei Erinnerungsschreiben. Letztere wurden getätigt, falls innerhalb eines Monats keine Antwort des Befragten erfolgt war (Tabelle 10).

Tabelle 10: Versanddaten der Frageboen

| | Versanddatum | Um Antwort gebeten bis |
|------------------------|--------------|------------------------|
| Versand 1 | 13.5.2015 | 29.05.2015 |
| Erinnerungsschreiben 1 | 8.6.2015 | 10.07.2015 |
| Versand 2 | 11.6.2015 | 08.07.2015 |

| | Versanddatum | Um Antwort gebeten bis |
|------------------------|--------------|------------------------|
| Erinnerungsschreiben 2 | 10.7.2015 | 24.07.2015 |

Insgesamt gingen 9'386 Fragebogen bei der ETH Zürich ein. Die Fragebogen wurden eingescannt und zu einem Datensatz zusammengefasst.

Von den 9'386 ausgefüllten Fragebogen wurden 1'550 als nichtbrauchbar eingestuft. Dies konnte aufgrund folgender Ursachen geschehen:

- Der Fragebogen wurde leer retourniert.
- Der Fragebogen wurde ohne Deckblatt retourniert und konnte nicht zugeordnet werden.
- Der Versand war unzustellbar und wurde durch die Post retourniert.
- Der Befragte retournierte zwei Fragebogen. Dies führte zu einer Doublette im Datensatz, die bereinigt werden musste.

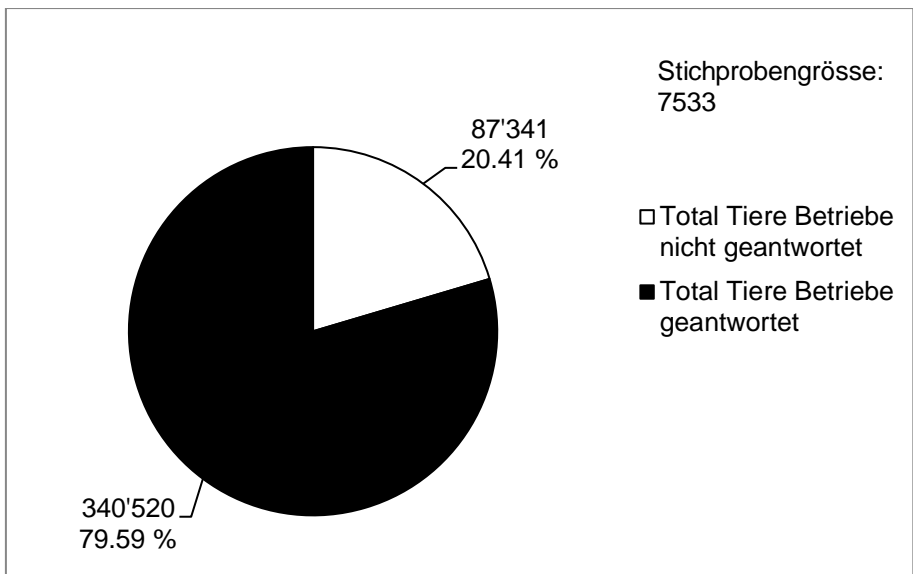
Schliesslich lagen 7'836 auswertbare Datensätze vor. Jedoch hatten nicht alle Teilnehmenden die 31 Fragen vollständig beantwortet. Bei den Grafiken der deskriptiven Auswertung wurde daher jeweils die effektiv verwendete Stichprobengrösse angegeben.

Um an Informationen zur Ausbreitung der Moderhinke zu kommen, sind mehrere Fragen gestellt worden. Einerseits wurde indirekt nach Problemen mit Lahmheit gefragt, andererseits auch direkt nach Problemen mit Moderhinke. Es wurde zudem abgefragt, wie sich die Moderhinkesituation über die letzten Jahre verändert hat.

5.2 Deskriptive Analyse der Daten

Die hohe Rücklaufquote des Fragebogens ermöglichte es, über 79 % aller in der Schweiz gehaltenen Schafe zu erfassen (Abbildung 23).

Abbildung 23: Gesamttierbestand der Schweiz



5.2.1 Ausbreitung der Moderhinke

Durch eine Analyse der Daten konnte gezeigt werden, dass Probleme mit Lahmheit und Moderhinke weit verbreitet sind. Im Jahr 2014 gaben 23.72 % aller Antwortenden an, Probleme mit Lahmheit gehabt zu haben (Abbildung 24). Auf die Frage nach Problemen mit Moderhinke haben 37 % mit Ja geantwortet (Abbildung 25).

Abbildung 24: Auftreten von Lahmheit im Jahr 2014

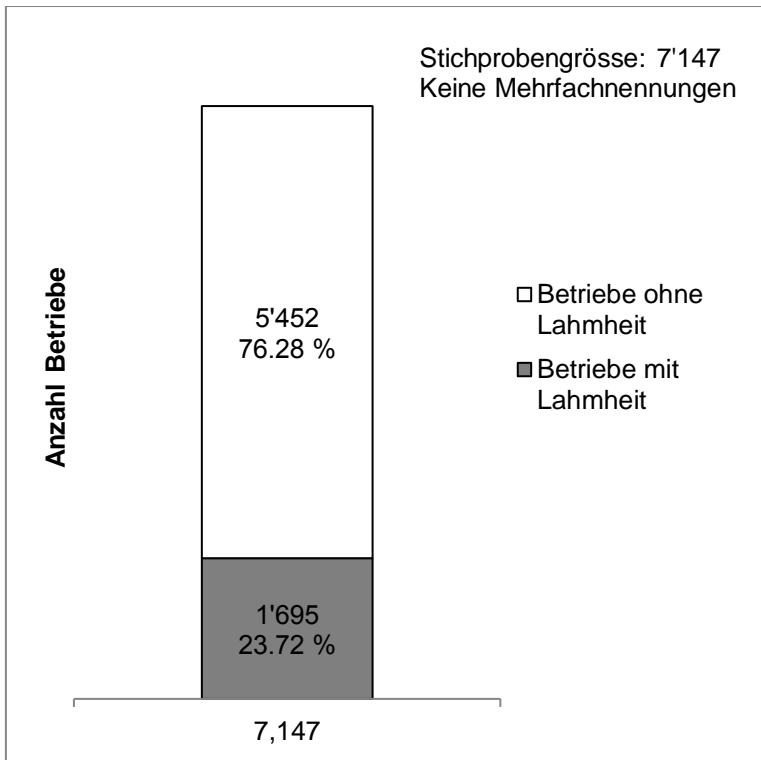
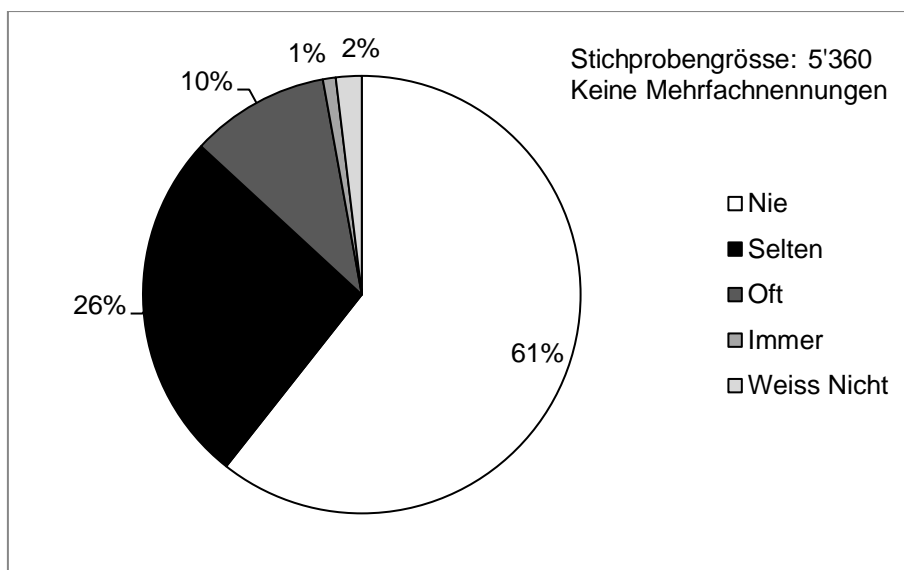
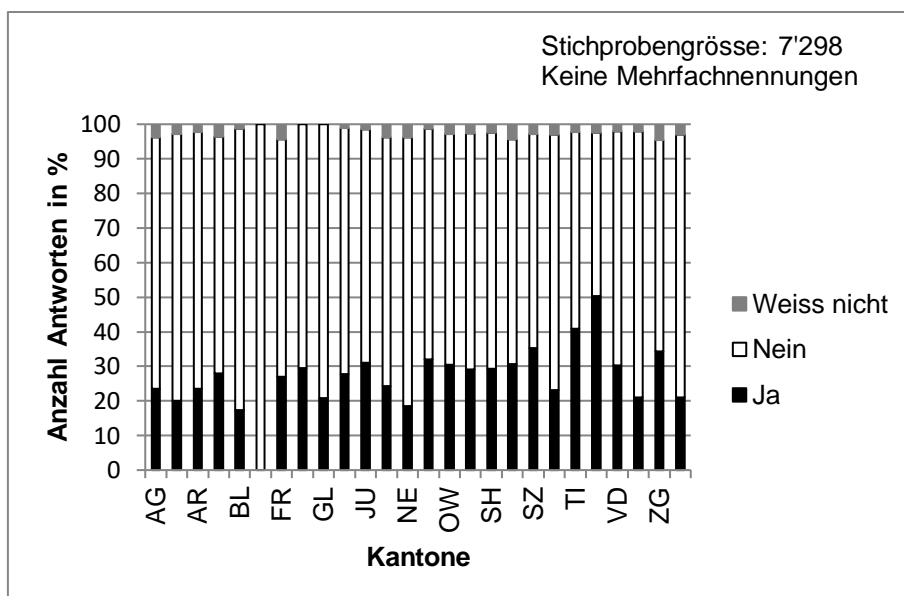


Abbildung 25: Probleme mit Moderhinke im Jahr 2014



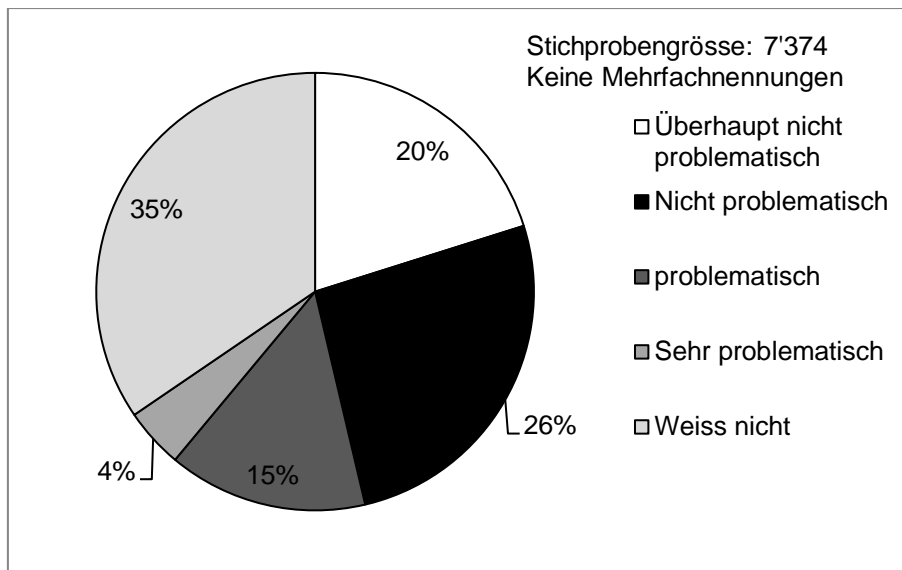
Auf kantonaler Ebene zeigt sich, dass (bis auf wenige Ausreisser) in den Jahren 2010 bis 2014 ebenfalls 20 bis 40 % der Schafbetriebe Probleme mit Moderhinke hatten (Abbildung 26). Am meisten Probleme traten laut unserer Befragung in den Kantonen Uri, Tessin, Schwyz, und Zug auf.

Abbildung 26: Problemen mit Moderhinke 2010 bis 2014 nach Kantonen



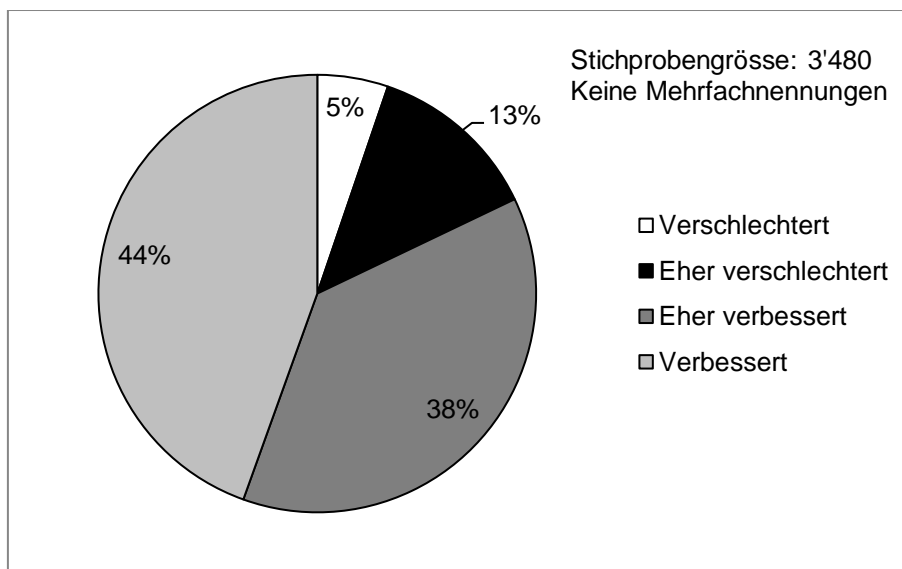
Analysiert man die Entwicklung der Moderhinkeproblematik über die letzten 5 Jahre, zeigt sich, dass 46 % aller Antwortenden die Situation als *nicht*, oder *überhaupt nicht* problematisch ansehen. Jedoch geben auch 35 % an, dass sie nicht wissen, wie sich die Problematik der Moderhinke über die letzten 5 Jahre entwickelt hat (Abbildung 27).

Abbildung 27: Einschätzung Moderhinke Problematik 2014 im Vergleich zu den letzten 5 Jahren



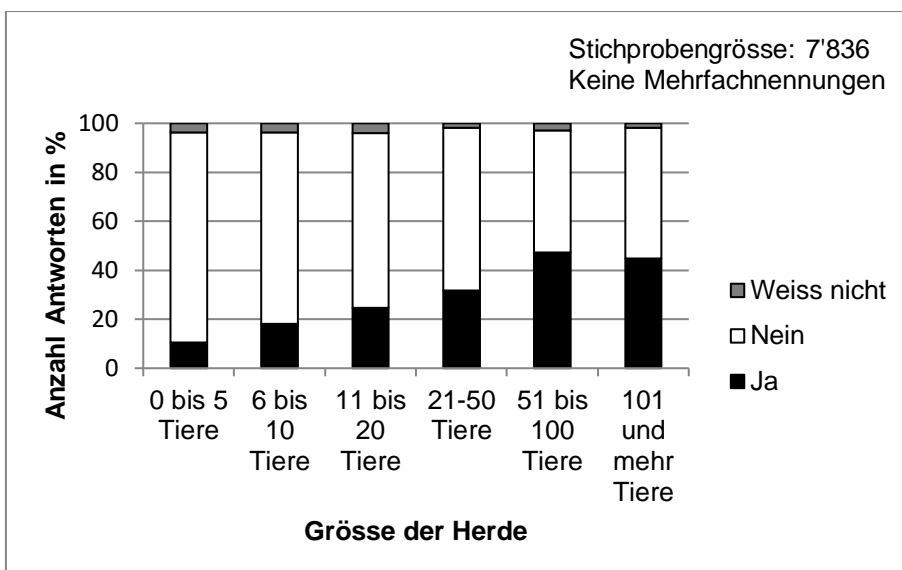
Dies erklärt wohl zum Teil die tiefe Stichprobengrösse bei der Frage, inwiefern sich die Moderhinkesituation 2014 im Vergleich zu früher verbessert oder verschlechtert hat. Von den 3'480 Personen haben 82 % angegeben, dass sich die Situation *eher verbessert* oder *verbessert* hat (Abbildung 28).

Abbildung 28: Moderhinkesituation 2014 zu früher



Analysiert man die Probleme mit Moderhinke auf der Ebene der Herdengrössen zeigt sich, dass zwar alle Herdengrössen von Moderhinke betroffen sind, ein Maximum aber bei den Herden von einer Grösse von 51 – 100 Tieren liegt. Bei Herden dieser Grösse gaben 47 % der Befragten an, Probleme mit Moderhinke gehabt zu haben (Abbildung 29).

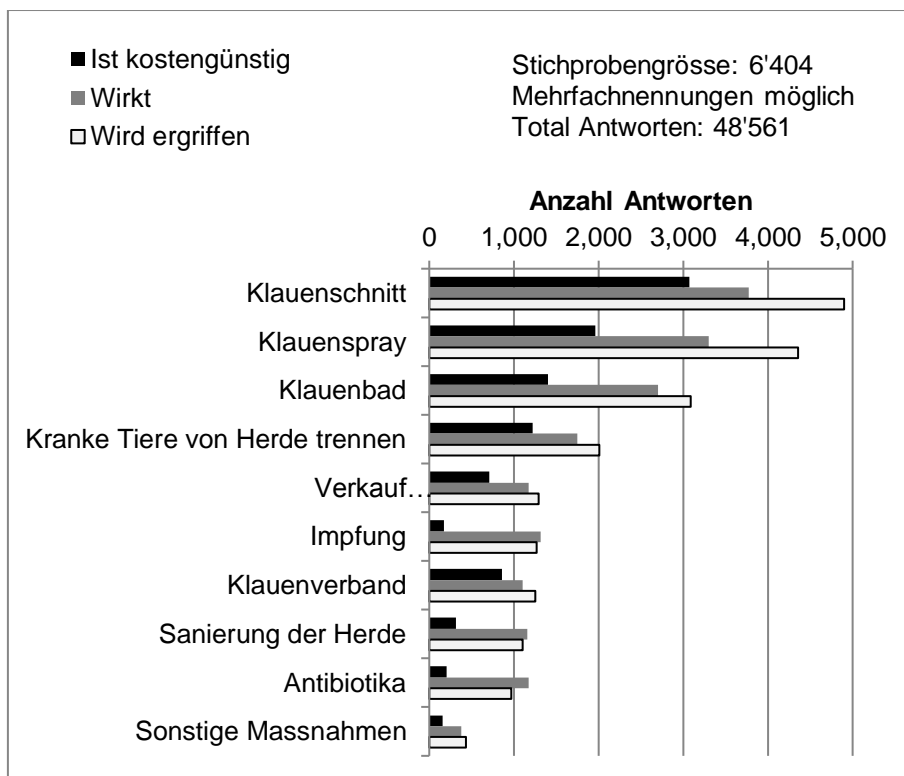
Abbildung 29: Probleme mit Moderhinke 2010 bis 2014 nach Herdengrösse



5.2.2 Massnahmen gegen Moderhinke

Eine hohe Anzahl der Antwortenden favorisiert als Massnahme gegen Moderhinke den Klauenschnitt, den Klauenspray sowie das Klauenbad. Diese Massnahmen werden nicht nur von vielen ergriffen, sie sind zudem auch als kostengünstig und wirksam bewertet worden (Abbildung 30).

Abbildung 30: Massnahmen falls Tiere an Moderhinke erkrankt sind



Analysiert man diese drei Massnahmen auf der Ebene Herde, zeigt sich, dass sie bei grösseren Herden öfters eingesetzt werden als bei kleinen (Abbildungen 31 bis 33). Dies ist wohl auf die Skaleneffekte zurückzuführen. Beim Klauenbad kommen zudem Installationskosten hinzu. Zusammen mit den Skaleneffekten führen diese dazu, dass das Klauenbad in kleinen Herden von 6 – 10 Tieren lediglich von 27 % aller Antwortenden als Massnahme ergriffen wird, bei Herden von 51 – 100 Tieren aber bereits von 61 %.

Abbildung 31: Massnahme Klauenschnitt nach Herdengrösse

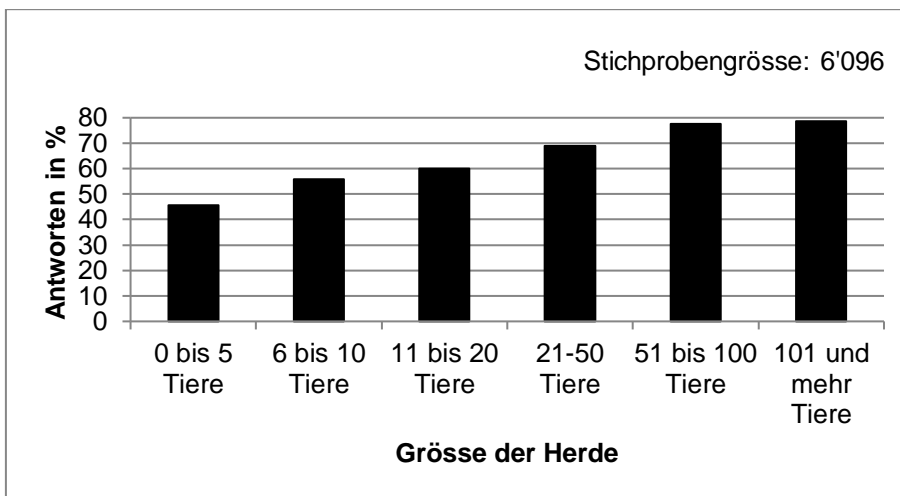


Abbildung 32: Massnahme Klauenspray nach Herdengrösse

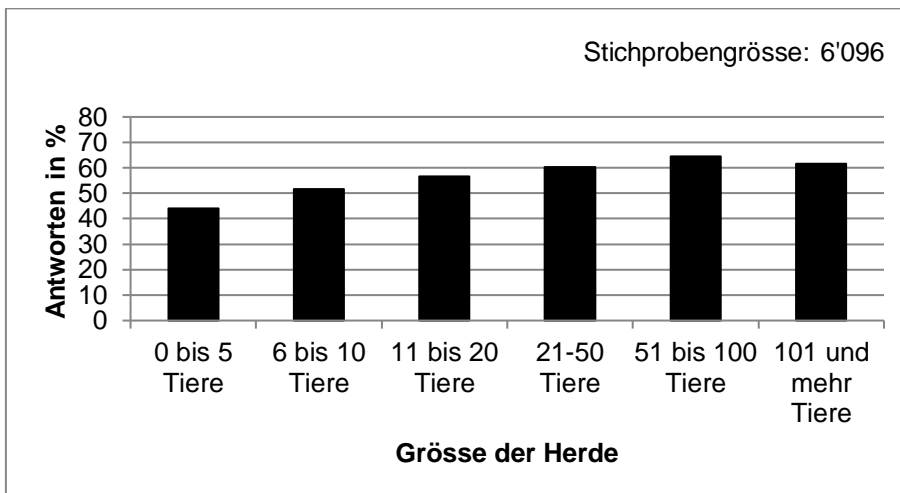
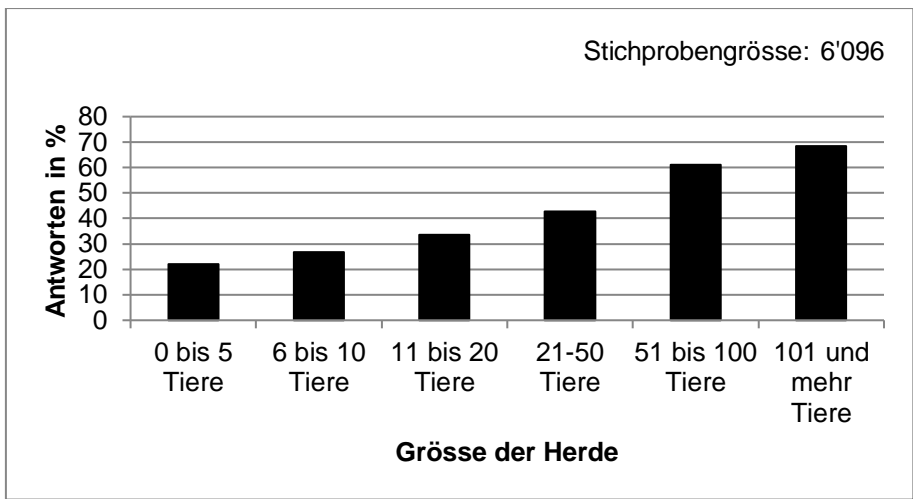


Abbildung 33: Massnahme Klauenbad nach Herdengrösse



Zusammenfassend kann gesagt werden, dass viele Betriebe von der Moderhinke betroffen sind. Die Situation wird von den Befragten aber grösstenteils als nicht problematisch eingestuft. Die meisten Befragten sind zudem der Ansicht, dass sich die Moderhinkesituation im Vergleich zu früher verbessert hat. Die gängigsten Massnahmen, um gegen Moderhinke vorzugehen sind laut unserer Befragung der Klauenschnitt, der Klauenspray und das Klauenbad. Diese Massnahmen werden bei grösseren Herden öfters eingesetzt als bei kleinen.

6. Schätzung der Verbreitung der Moderhinke anhand der Maximum Entropie-Methode

6.1 Einleitung

Die Befragung bildet die Grundlage zur Eruiierung des Status (Moderhinke Ja/Nein) vieler Betriebe in der Schweiz. Dies ist eine Grundlage für eine schweizweite Modellierung (Kapitel 8). Um den Status jedes Betriebes (Herde) ermitteln zu können, wird aufgrund jener Betriebe, deren Status durch die Befragung eruiert werden konnte, eine Schätzung für die restlichen Betriebe durchgeführt.

6.2 Theoretischer Hintergrund der Maximum Entropie

Der Maximum Entropie-Ansatz ist eine Methode der Bayesschen Statistik und wird bei fehlenden Informationen über Wahrscheinlichkeitsverteilungen angewendet. Die Entropie ist ein grundlegendes Konzept der Informationstheorie und wird nach Shannon (1948) beschrieben als ...”measure of how much ‘choice’ is involved in the selection of an event.”

Nach Janes (1957) wird die Entropie einer A-priori Wahrscheinlichkeiten eines Ereignisses in Abwesenheit von Informationen maximiert unter der Bedingung, dass alle bekannten Informationen über die unbekannte Verteilung berücksichtigt werden (Prinzip der Maximum Entropie). Die Berechnung der Entropie erfolgt über einen Optimierungsansatz, welcher wie folgt beschrieben werden kann.

$$\max_p H(p) = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i) \quad (2)$$

wobei p_i die Wahrscheinlichkeit über das Vorhandensein von Moderhinke ist. Ziel der Optimierung ist das Finden einer Wahrscheinlichkeit, welche die folgenden Bedingungen erfüllt:

$$y_i = \sum_{j=1}^n X_{ji} p_j, j = 1, \dots, J \text{ („moment constraint“)} \text{ und} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \text{ („normalization constraint“)}, \quad (4)$$

wobei y_i ein bekannter Datenvektor ist und X_{ji} eine bekannte Matrix ist (Wittenberg, 2010). Dieser Modellierungsansatz wird in vielen Disziplinen angewandt. So wird er in der Biogeographie zur Modellierung der Ausbreitung von Pflanzenarten eingesetzt (vgl. Stevens et al. 2006). Im Weiteren kommt der Ansatz in der Computerlinguistik und in den Wirtschaftswissenschaften zur Anwendung (vgl. Rosenfeld, 1994; Berger et al., 1996; Voit, 2000).

In der vorliegenden Arbeit wird die Methode eingesetzt, um für jede Schafhaltung (jeden Betrieb) eine a priori Wahrscheinlichkeit unter den gegebenen Informationen zuzuweisen, ob Moderhinke auftritt (d.h. in der Herde kranke Tiere sind) oder nicht.

6.3 Modellwahl

Um die Ausbreitung von Moderhinke in der Schweiz zu modellieren, wird zwischen zwei Ereignissen unterschieden:

- Die Schafhaltung weist Moderhinke auf
- Die Schafhaltung weist keine Moderhinke auf

Im Gegensatz zu anderen Modellen hat die zu erklärende Variable y_i eine qualitative Bedeutung und nimmt folgende Werte an:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{Moderhinke ist vorhanden} \\ 0 & \text{keine Moderhinke vorhanden} \end{cases}$$

Das Ergebnis y_i ist binär und eine Abbildung einer randomisierten Variable Y_i , welche einen Wert zwischen Null und Eins mit der Wahrscheinlichkeit π_i bzw. $1 - \pi_i$ annimmt. Y_i ist Bernoulli verteilt und hat den Erwartungswert von $E_i = \mu = \pi_i$ und eine Varianz von $\text{var}(Y_i)\sigma_i^2 = \pi_i(1 - \pi_i)$.

Neben der Maximum-Likelihood Schätzmethode (ML), einer Kategorie der Maximum Entropie Schätzmethoden, existieren weitere Ansätze wie bspw. die allgemeine Maximum Entropie Schätzmethode von Golan et al. (1996), welche im Unterschied zur Maximum-Likelihood den Störterm während der Schätzung mitberücksichtigt. Die Einbindung des Störterms bringt Vorteile, wenn die Stichprobengrösse klein ist, die Prädikatoren stark korrelieren oder die Matrix schlecht definiert ist. In der vorliegenden Arbeit ist die Stichprobe mit über 4'000 unabhängigen Beobachtungen gross. Um Multikollinearitäten zwischen den Prädikatoren zu verhindern, wurde der Varianz-Inflationsfaktor (VIF) berechnet, welcher weiter unten erläutert wird. Ein Vergleich der beiden Schätzmethoden, Maximum-Likelihood und allgemeine Maximum Entropie nach Golan et al. (1996), hat anhand eines Logit-Modells gezeigt, dass keine Vorteile durch letztere Schätzmethode erreicht werden können. Folglich wurde zur besseren Vorhersage das Maximum-Likelihood Schätzverfahren gewählt. Dieses findet in der Wissenschaft breite Anwendung und ist Grundlage zahlreicher Forschungsergebnisse im Bereich der Maximum Entropie (vgl. Freedmann, 2009; Menard, 2002; Walker et al., 1967).

Verschiedene Modelle werden für die ML-Schätzung verwendet, wie z.B. Probit, Logit, Log-Log, etc. Um die Wahrscheinlichkeiten von Moderhinke (Prozess einer nicht beobachtbaren Variable Y_i) zu schätzen, kommt ein Logit Modell mit Fixed Effects zur Anwendung. Das Modell ist ein nicht lineares Wahrscheinlichkeitsmodell und gliedert sich in die Kategorie der latenten Variablenmodelle. Da die zu schätzende Variable y_i den Wert zwischen Eins und Null annimmt, wird sie mit der sogenannten Logit Transformation umgewandelt. Nach Cramer (2003) kann mithilfe des Logit-Modells die Wahrscheinlichkeit π_i , dass $y_i = 1$, anhand einer Funktion von verschiedenen beobachtbaren, unabhängigen Variablen, x_1, \dots, x_p , wie folgt berechnet werden:

$$\text{logit}(P(y_i = 1|x_1, \dots, x_i)) = \log\left(\frac{P(y_i = 1|x_1, \dots, x_i)}{1 - P(y_i = 1|x_1, \dots, x_i)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i \quad (5)$$

Dies impliziert

$$\pi_i = P(y_i = 1|x_1, \dots, x_i) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i)} \quad (6)$$

Das Ergebnis y_i weist dabei einen Erwartungswert von $E(y_i | x_i) = \Pr(y_i = 1 | x_i)$ und eine kumulative Verteilungsfunktion von

$$F(x_i \beta) = \frac{\exp(x_i \beta)}{1 + \exp(x_i \beta)} \quad (7)$$

auf, welche logistisch verteilt ist und von $(-\infty, \infty)$ reicht. Somit wird gewährleistet, dass die Wahrscheinlichkeit zwischen Null und eins liegt. Die Logit Verteilungsfunktion liegt symmetrisch bei null.

Da es sich um eine nichtlineare Regression handelt und die geschätzten Koeffizienten nicht wie bei einer linearen Regression interpretiert werden können, werden die Koeffizienten in Quotenverhältnisse (sog. ‚Odds‘) transformiert (Cramer, 2003). Hierbei wird die Eintrittswahrscheinlichkeit für Moderhinke ($y_i = 1$) zur Gegenwahrscheinlichkeit ($y_i = 0$) ins Verhältnis gesetzt. Diese werden nach der Formel

$$\text{Odds}(y_i = 1) = \frac{\pi_i(y=1)}{1 - \pi_i(y=1)} \quad (8)$$

umgerechnet, wobei die Odds wie folgt mit dem Logit-Modell zusammenhängen (Cramer, 2003):

$$z = \text{logit}(\pi_i) = \log(\text{Odds}) \quad (9)$$

Die Schätzung des Modells wurde mit einem Maximum Likelihood Verfahren durchgeführt.

6.4 Vorhersage

Nach erfolgter Schätzung der Parameter wurden die Vorhersagen für die Beobachtungen sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Stichprobe, wie auch für die Grundgesamtheit an Schafhaltenden im Jahr 2014 kalkuliert. Die Vorhersage wurde unter der Annahme eines positiven Ergebnisses (Schafhaltung hat Moderhinke) für jede einzelne Schafhaltung berechnet. Die Vorhersage misst die erwartete Wahrscheinlichkeit, dass eine Schafhaltung Moderhinke hat unter der Annahme, dass die anderen Variablen im Durchschnitt konstant gehalten werden. Die Berechnung basiert auf den Koeffizienten der vorhergehenden Logit-Schätzung der jeweiligen Schafhaltung und wird wie folgt festgehalten:

$$p_i = F(x_i' \beta) \quad (10)$$

wobei der Wert für die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit p_i aus der kumulativen Normalverteilung F resultiert. Die kumulative Normalverteilung ist eine Funktion, die

sich aus dem Datenvektor der i -ten Beobachtung (x_i') und dem Vektor der geschätzten Koeffizienten β ergibt.

In einem ersten Schritt wurden die Vorhersagen für alle Schafhaltungen innerhalb der Stichprobe berechnet. In einem zweiten wurden Vorhersagen für alle Schafhaltungen ausserhalb der Stichprobe getroffen. Im letzten Schritt wurden die Vorhersagen aller Schafhaltungen (in- und ausserhalb der Stichprobe) nach den Kantonen bzw. Regionen zusammengefasst.

Für die Schätzung des Logit-Modells und die Berechnung der Vorhersagen wurde die Software STATA (Version 13.0) verwendet.

6.5 Schätzverfahren

Das Logit-Modell wurde mit einer Maximum Likelihood Funktion geschätzt. Das Prinzip das Maximum Likelihood Verfahren ist das Schätzen von unbekanntem Modellparametern $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$, sodass der vorliegenden Stichprobe die maximale Wahrscheinlichkeit zukommt (Rodriguez, 2007; Wooldridge 2010). Unter der Annahme eines normalverteilten und unabhängigen Störterms wird das Logit-Modell mit der folgenden Likelihood-Funktion (abhängig von θ) geschätzt (ein Vektor von unbekanntem Parametern):

$$\ln L(\theta) = \sum_{i=1}^n [Y_i \log(P(x_i, \theta)) + (1 - Y_i) \log(Q(x_i, \theta))] \quad (11)$$

wobei Y_i das Ergebnis der jeweiligen Beobachtung i und $P(x_i, \theta)$ bzw. $Q(x_i, \theta)$ die kumulativen Verteilungsfunktionen der Modellparameter x_i und dem Vektor unbekannter Parameter θ beschreiben. Die Loglikelihood-Funktion entspricht der Summe der Wahrscheinlichkeiten beider Ergebnisse ($y_i = 1$ und $y_i = 0$) über alle Beobachtungen. Die Maximierung von $\ln L(\theta)$ erfolgt über die unbekanntem Parametern, welche im Vektor θ zusammengefasst sind, und ergibt die Schätzwerte $\hat{\theta}$ der Modellparametern x_i (Rodriguez, 2007; Wooldridge, 2010).

Das Logit Modell wurde mit Cluster-robusten Standardfehlern geschätzt. Das Clustering wurde auf Ebene Region angewendet und berücksichtigt Variationen bei den Schafhaltungen, die aus derselben Region stammen. Damit können korrekte Standardfehler berechnet werden, auch wenn die einzelnen Schafhaltungen in einer Region miteinander korrelieren.

6.6 Goodness of Fit

Um den Fit des Logit-Modells im Vergleich zu den Vorhersagen zu bestimmen, wurde der Hosmer-Lemeshow Test und der Brier Score angewandt.

6.6.1 Hosmer-Lemeshow Test

Ein Hosmer-Lemeshow Test wurde durchgeführt um den Fit des Modells zu bestimmen. Der Test wird oftmals in Risikovorhersagen angewandt. Der Test schätzt,

ob die Rate der beobachteten Ereignisse mit der Rate der vorhergesagten erwarteten Ereignisse übereinstimmen. Dieser Test wird in Untergruppen durchgeführt, wobei die geschätzte Stichprobe in 10 Gruppen unterteilt wird. Wenn getestete Raten der beobachteten mit den vorhergesagten Ereignissen übereinstimmen, ist das gewählte Modell gut kalibriert (Hosmer, 2013). Der Hosmer-Lemeshow Test ist definiert durch

$$H = \sum_{g=1}^G \frac{(O_g - E_g)^2}{N_g \pi_g (1 - \pi_g)} \quad (12)$$

O_g bzw. E_g beschreiben die beobachteten bzw. die vorhergesagten Ereignisse. N_g steht für die Anzahl Beobachtungen und π_g ist das erwartete Risiko der Untergruppe g . G ist die Anzahl der Untergruppen. Die Teststatistik ist χ^2 verteilt mit Freiheitsgraden von $G - 2$. Die Anzahl der Untergruppen wird teilweise auch abhängig von der Anzahl der Regressoren im Modell gewählt.

Im vorliegenden Test wurde die Unterteilung in 10 Untergruppen gewählt. Diese Unterteilung wird in der Literatur am häufigsten angewendet (Hosmer, 2013). In Tabelle 11 ist ersichtlich, dass sich die vorhergesagten von den beobachteten Ereignissen in den jeweiligen Untergruppen mit einem p-Wert von 0.117 nicht unterscheiden. Laut dem Hosmer-Lemeshow Test erweist sich das gewählte Logit-Modell als passend für die Schätzung der Ausbreitung von Moderhinke.

Tabelle 11: Kontingenztabelle für Hosmer-Lemeshow Test

| Gruppe | kumulierte Häufigkeit | Beobachtet 1 | Erwartet 1 | Beobachtet 0 | Erwartet 0 | Anzahl Beobachtungen pro Gruppe |
|------------------------------------|-----------------------|--------------|------------|--------------|------------|---------------------------------|
| 1 | 0.1961 | 63 | 59.7 | 346 | 349.3 | 409 |
| 2 | 0.2631 | 84 | 94.2 | 325 | 314.8 | 409 |
| 3 | 0.3092 | 120 | 117.1 | 288 | 290.9 | 408 |
| 4 | 0.3436 | 118 | 133.7 | 291 | 275.3 | 409 |
| 5 | 0.3822 | 140 | 148.2 | 268 | 259.8 | 408 |
| 6 | 0.4179 | 161 | 163.3 | 248 | 245.7 | 409 |
| 7 | 0.4594 | 195 | 179.1 | 214 | 229.9 | 409 |
| 8 | 0.5124 | 211 | 197.7 | 197 | 210.3 | 408 |
| 9 | 0.5945 | 238 | 225 | 171 | 184 | 409 |
| 10 | 0.9999 | 268 | 280.1 | 140 | 127.9 | 408 |
| Stichprobengrösse | | 4'086 | | | | |
| Anzahl Gruppen | | 10 | | | | |
| Hosmer-Lemeshow Chi-Quadrat (df:8) | | 12.84 | | | | |
| Signifikanz | | 0.117 | | | | |

6.6.2 Brier Score

Der Brier Score ist eine Aggregation der Differenzen zwischen den beobachteten und vorhergesagten Ergebnissen. Ein Brier Score von Null entspricht einer perfekten

Vorhersage und Eins einer perfekten Fehlvorhersage (StataCorp, 2013). Der Brier Score des Logit-Modells liegt bei 0,214 und erweist sich ebenfalls als passend für die Schätzung der vorliegenden Stichprobe.

6.7 Daten

6.7.1 Fragebogendaten

Für die Maximum Entropie Schätzung wurden die Fragen der Umfrage ausgewertet, welche Informationen über das Vorhandensein von Moderhinke auf Betriebsebene enthalten. Ziel war es, die Betriebe danach nach dem Moderhinke-Status ihrer Schafherde (Ja/Nein) basierend auf Daten von 2014 einzuteilen. Aus der durchgeführten Umfrage bei den Schafhaltenden wurden die Fragen 2.2 im zweiten Teil und die Fragen 6 und 7 im dritten Teil des Fragebogens ausgewertet. Anhand dieser Information wurde die abhängige Variable des Modells gebildet.

6.7.2 AGIS- und Tierverkehrs-Datenbank des Bundesamtes für Landwirtschaft

Das Bundesamt für Landwirtschaft erhebt mit dem Agrarinformationssystem AGIS und der Tierverkehrsdatenbank Daten zur Kontrolle und Weiterentwicklung der Agrarpolitik. Die AGIS-Daten umfassen Betriebs-, Struktur-, Milch- und Beitragsdaten (Direktzahlungen) seit 1998. Die Tierverkehrsdatenbank erfasst seit 2000 spezifische Daten und vergibt Identitäten in Form von eindeutigen beschrifteten Ohrmarken an alle in der Schweiz gehaltenen Klautiere. Die Datenbezugsmöglichkeiten sind in der landwirtschaftlichen Datenverordnung (SR Nr. 919.117.71) geregelt. In jeweils definiertem Umfang können AGIS- bzw. TVD-Daten für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt werden.

Adressdaten

Es wurden Adressdaten aller schafhaltenden Personen bzw. Betriebe, die gemäss Erhebungsnorm Schafe im Jahr 2014 gehalten haben, zum Versand der oben beschriebenen Umfrage verwendet. Um alle Schafhaltenden, insbesondere auch jene mit wenigen Schafen zu erreichen, wurden Adressdaten aus der TVD- und AGIS-Datenbank kombiniert. Um Doppelversände zu vermeiden, wurde nach Angabe des BLW die Adressdaten anhand von drei Kriterien (TVD-, Personen- und Betriebsnummer) eineindeutig bestimmt. Es wurde jedoch festgestellt, dass trotz Anwendung dieser Regel, Personen die Umfrage zweimal erhalten haben. Dies lässt vermuten, dass die in den Datenbanken festgehaltenen Informationen nicht deckungsgleich sind und gewisse Inkohärenzen bestehen. Insgesamt wurden 15'036 Personen angeschrieben.

Strukturdaten

In einem zweiten Schritt wurden für die Schätzung einerseits anonymisierte Einzelbetriebsdaten zu Betrieb und Tiere aller Personen, die Schafe in den Jahren 2004 bis 2014 gehalten haben, genutzt. Andererseits wurden Daten zu Flächen und Tieren auf Gemeindeebene ausgewertet. Von 13'769 Personen, die im Jahr 2014 Schafe gehalten haben, waren diese Informationen vorhanden, wobei die Personen im Fürstentum Lichtenstein nicht mitberücksichtigt wurden (45 Personen). Von den übrigen 1'267 angeschriebenen Personen waren keine Strukturdaten vorhanden und konnten nicht in die weiteren Auswertungen einfließen.

6.7.3 Verknüpfung der Daten aus der Umfrage mit AGIS

Ziel der Schätzung ist eine a priori Wahrscheinlichkeit über das Vorhandensein von Moderhinke für jede Schafhaltung in der Schweiz zu berechnen. Dafür ist eine Verknüpfung der Umfragedaten, welche Informationen zur Moderhinke enthalten, und der AGIS-Strukturdaten notwendig. In einem ersten Schritt wurde die Einwilligung der Schafhaltenden für die Verknüpfung mittels Umfragebogen eingeholt. Insgesamt haben 4'096 Personen dem Vorhaben zugestimmt, von welchen die Informationen aus dem Fragebogen und der AGIS Daten vorhanden war.

Damit sind zwei Gruppen entstanden. Die eine Gruppe enthält Daten aus der Umfrage und der AGIS und die andere ausschliesslich aus der AGIS.

Für das erste Schätzverfahren, wobei die Einflüsse von Strukturen auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke mit einem Logit-Modell bestimmt werden, konnten ausschliesslich die Gruppe mit der Verknüpfung genutzt werden. Zur Berechnung der Vorhersage von den a priori Wahrscheinlichkeiten jeder einzelnen Schafhaltung wurden zuerst die Personen innerhalb der Stichprobe, danach diejenigen ausserhalb der Stichprobe, und am Schluss alle Schafhaltungen genutzt.

6.7.4 Regionale Ausstellungen

Um den Schafverkehr aufgrund von Ausstellungen abzubilden, wurden Daten über interkantonale Schafmärkte des Schweizer Schafzuchtverbands (SZV) ausgewertet. Hierbei wurde die Anzahl Schafe, die an den jeweiligen Ausstellungen teilgenommen haben, ihrer Herkunft auf Regionsebene zugeordnet. Neben diesen Ausstellungen gibt es, laut Auskunft des SZV, weitere lokale Ausstellungen, wozu keine Daten vorhanden sind.

6.8 Empirische Spezifikation

Um die aktuelle Prävalenz von Moderhinke auf Betriebsebene zu schätzen, wurden die Berechnungen für das Jahr 2014 erstellt. Aufgrund der erwähnten Kompatibilitätsprobleme wurde die Schätzung basierend auf den Angaben der AGIS-Datenbank mit 13'769 Schafhaltungen (ohne Fürstentum Lichtenstein) erstellt.

Insgesamt haben 4'096 Schafhaltungen bei der Umfrage die Verknüpfung eingewilligt, wovon 4'086 Datenpunkte für das erste Schätzverfahren genutzt werden konnten (bei 10 Beobachtungen waren keine Werte zur Moderhinke vorhanden). Entsprechend umfasst die Gruppe ausserhalb der Stichprobe 9'759 und die Grundgesamtheit 13'769 Datenpunkte.

In Tabelle 12 sind die abhängigen und unabhängigen Variablen zusammengefasst, welche für die Modellierung implementiert wurden.

Tabelle 12: Informationen zur Stichprobe nach Kanton

| Kanton | Anzahl Schafhaltungen | Anteil an Schafhaltungen mit Moderhinke | Durchschnittlicher Schafbestand pro Schafhaltung | Durchschnittliche Anzahl Sömmerungstage pro Schafhaltung | Durchschnittliche Anteil an Schafhaltungen mit Widder | Anteil an Schafhaltungen mit RAUS-Programm | Durchschnittliche LN pro Schafhaltung (in ha) | Durchschnittlicher Wachstum pro Jahr und Schafhaltung | Durchschnittliches Alter des Schafhaltenden | Durchschnittliche Anzahl ausgesellter Schafe pro Region |
|--------------|-----------------------|---|--|--|---|--|---|---|---|---|
| AG | 273 | 34.8 % | 24.4 | 0.3 | 54.6 % | 7.0 % | 8.1 | 2.8 % | 55.6 | 93.8 |
| AI | 37 | 40.5 % | 25.1 | 2.7 | 78.4 % | 21.6 % | 16.0 | 3.6 % | 49.4 | 420.0 |
| AR | 89 | 32.6 % | 25.9 | 1.3 | 67.4 % | 12.4 % | 10.7 | 3.9 % | 52.0 | 420.0 |
| BE | 1040 | 45.3 % | 21.8 | 5.6 | 42.0 % | 16.3 % | 7.4 | 4.1 % | 55.3 | 919.3 |
| BL | 65 | 35.4 % | 21.9 | 0.7 | 58.5 % | 3.1 % | 5.8 | 1.7 % | 54.8 | 395.3 |
| BS | 4 | 50.0 % | 7.8 | 0.0 | 75.0 % | 0.0 % | 1.1 | 0.2 % | 58.3 | 486.0 |
| FR | 164 | 36.0 % | 26.7 | 3.1 | 50.0 % | 12.2 % | 7.2 | 4.7 % | 56.4 | 852.4 |
| GE | 13 | 15.4 % | 24.7 | 0.2 | 76.9 % | 7.7 % | 8.5 | 0.8 % | 43.5 | 8.0 |
| GL | 35 | 25.7 % | 48.0 | 3.2 | 65.7 % | 11.4 % | 10.6 | 4.3 % | 55.6 | 155.0 |
| GR | 350 | 26.6 % | 83.4 | 6.8 | 78.9 % | 14.0 % | 16.1 | 3.8 % | 52.0 | 71.3 |
| JU | 72 | 47.2 % | 20.7 | 1.1 | 51.4 % | 11.1 % | 20.2 | 3.2 % | 53.4 | 65.0 |
| LU | 228 | 36.0 % | 16.8 | 1.5 | 46.9 % | 10.1 % | 7.8 | 4.1 % | 52.0 | 812.0 |
| NE | 33 | 15.2 % | 14.2 | 0.0 | 45.5 % | 9.1 % | 20.3 | 1.7 % | 57.3 | 65.0 |
| NW | 49 | 55.1 % | 42.0 | 11.4 | 65.3 % | 28.6 % | 7.7 | 2.9 % | 53.8 | 931.0 |
| OW | 42 | 33.3 % | 24.9 | 7.5 | 66.7 % | 11.9 % | 4.8 | 3.6 % | 54.9 | 931.0 |
| SG | 346 | 42.2 % | 44.9 | 2.7 | 62.4 % | 9.2 % | 9.3 | 4.4 % | 52.5 | 261.5 |
| SH | 14 | 35.7 % | 28.1 | 0.0 | 71.4 % | 14.3 % | 28.5 | 2.9 % | 53.4 | 54.0 |
| SO | 66 | 39.4 % | 31.6 | 1.0 | 69.7 % | 19.7 % | 16.5 | 6.2 % | 52.2 | 463.5 |
| SZ | 160 | 48.8 % | 52.6 | 4.9 | 74.4 % | 7.5 % | 11.1 | 3.2 % | 49.4 | 931.0 |
| TG | 177 | 38.4 % | 28.9 | 0.7 | 62.1 % | 7.3 % | 8.3 | 9.8 % | 52.9 | 247.0 |
| TI | 111 | 52.3 % | 56.1 | 4.4 | 64.0 % | 11.7 % | 9.5 | 1.7 % | 56.7 | 5.0 |
| UR | 75 | 68.0 % | 44.0 | 10.3 | 62.7 % | 30.7 % | 6.3 | 4.5 % | 50.6 | 931.0 |
| VD | 114 | 45.6 % | 26.7 | 1.3 | 43.0 % | 16.7 % | 15.1 | 1.7 % | 56.1 | 360.4 |
| VS | 290 | 26.2 % | 92.4 | 4.5 | 71.0 % | 11.4 % | 10.5 | 3.1 % | 49.9 | 438.0 |
| ZG | 23 | 52.2 % | 30.4 | 0.9 | 52.2 % | 30.4 % | 10.3 | 2.8 % | 48.6 | 379.0 |
| ZH | 216 | 30.6 % | 23.6 | 0.6 | 32.4 % | 7.9 % | 8.3 | 2.7 % | 54.4 | 141.6 |
| Total | 4086 | 39.1 % | 38.0 | 3.7 | 55.8 % | 12.7 % | 9.8 | 3.9 % | 53.6 | 514.3 |

Die abhängige Variable ist eine binäre Variable und beantwortet die Frage, ob in der Schafhaltung Moderhinke vorhanden ist (=1) oder nicht (=0). Die unabhängigen Variablen wurden in verschiedene Ebenen eingeteilt. Variablen auf der Ebene der Schafhaltung beziehen sich auf die einzelnen Schafhaltungen. Die Grössen der Gemeinde-Variablen beziehen sich auf alle Schafhaltung, die in derselben Gemeinde wohnen. Die Variablen auf den Ebenen Kanton und Region fassen Gemeinsamkeiten von Schafhaltungen auf den jeweiligen Ebenen zusammen.

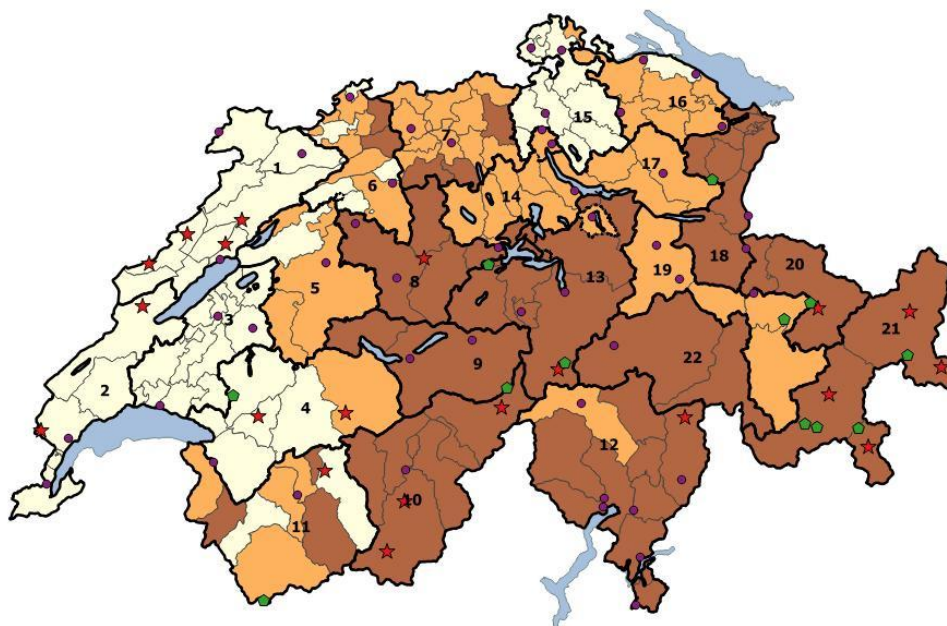
Tabelle 13: Informationen zu den Modellvariablen

| | Dummy | Mittelwert | Standard Abweichung | Min | Max |
|---|-------|------------|---------------------|-------|------------|
| Abhängige Variable | | | | | |
| Moderhinke | d | 0.39 | 0.49 | 0.00 | 1.00 |
| Unabhängige Variablen | | | | | |
| Ebene Schafhaltung | | | | | |
| Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | | 3.73 | 9.88 | 0.00 | 180.00 |
| Widder | d | 0.56 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| Anzahl Schafe pro Betrieb | | 37.97 | 78.51 | 0.00 | 1151.00 |
| Anteil Schafe am Gesamttierbestand | | 0.62 | 0.37 | 0.00 | 1.00 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in m2 | | 97624.12 | 203922.90 | 0.00 | 9209074.00 |
| Anzahl Schafe pro LN | | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.87 |
| RAUS | d | 0.13 | 0.33 | 0.00 | 1.00 |
| Alter zwischen 18-53 Jahre | d* | 0.43 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| Alter zwischen 54-99 Jahre | d | 0.46 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des totalen Schafbestands seit Bestehen oder max. 11 Jahren | | 0.04 | 0.13 | -0.21 | 5.13 |
| 0-1 Jahre Erfahrung | d | 0.06 | 0.24 | 0.00 | 1.00 |
| 2-3 Jahre Erfahrung | d | 0.11 | 0.31 | 0.00 | 1.00 |
| 4-5 Jahre Erfahrung | d | 0.12 | 0.33 | 0.00 | 1.00 |
| Mehr als 5 Jahre Erfahrung | d* | 0.71 | 0.45 | 0.00 | 1.00 |
| Ebene Gemeinde | | | | | |
| Anzahl Schafe pro Weidefläche | | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 1.33 |
| Weidefläche (m2) pro Arbeitskraft und Betrieb | | 269.59 | 459.76 | 0.00 | 12966.40 |
| Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | | 8.30 | 12.61 | 0.00 | 110.53 |
| Anzahl Schafbetriebe pro Total Betriebe | | 0.34 | 0.23 | 0.00 | 4.00 |
| Ebene Kanton | | | | | |
| AG | d | 0.07 | 0.25 | 0.00 | 1.00 |
| AI | d | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 1.00 |
| AR | d | 0.02 | 0.15 | 0.00 | 1.00 |
| BE | d | 0.25 | 0.44 | 0.00 | 1.00 |
| BL | d | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 1.00 |
| BS | d | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 1.00 |
| FR | d | 0.04 | 0.20 | 0.00 | 1.00 |
| GE | d | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 1.00 |

| | Dummy | Mittelwert | Standard Abweichung | Min | Max |
|--|-------|------------|---------------------|------|---------|
| GL | d* | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 1.00 |
| GR | d | 0.09 | 0.28 | 0.00 | 1.00 |
| JU | d | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 1.00 |
| LU | d | 0.06 | 0.23 | 0.00 | 1.00 |
| NE | d | 0.01 | 0.09 | 0.00 | 1.00 |
| NW | d | 0.01 | 0.11 | 0.00 | 1.00 |
| OW | d | 0.01 | 0.10 | 0.00 | 1.00 |
| SG | d | 0.08 | 0.28 | 0.00 | 1.00 |
| SH | d | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 1.00 |
| SO | d | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 1.00 |
| SZ | d | 0.04 | 0.19 | 0.00 | 1.00 |
| TG | d | 0.04 | 0.20 | 0.00 | 1.00 |
| TI | d | 0.03 | 0.16 | 0.00 | 1.00 |
| UR | d | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 1.00 |
| VD | d | 0.03 | 0.16 | 0.00 | 1.00 |
| VS | d | 0.07 | 0.26 | 0.00 | 1.00 |
| ZG | d | 0.01 | 0.07 | 0.00 | 1.00 |
| ZH | d | 0.05 | 0.22 | 0.00 | 1.00 |
| Ebene Region | | | | | |
| Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | | 514.32 | 415.19 | 5.00 | 1236.00 |
| Region 1 | d | 0.04 | 0.19 | 0.00 | 1.00 |
| Region 2 | d | 0.02 | 0.12 | 0.00 | 1.00 |
| Region 3 | d | 0.03 | 0.17 | 0.00 | 1.00 |
| Region 4 | d | 0.03 | 0.16 | 0.00 | 1.00 |
| Region 5 | d | 0.11 | 0.31 | 0.00 | 1.00 |
| Region 6 | d | 0.06 | 0.24 | 0.00 | 1.00 |
| Region 7 | d | 0.07 | 0.25 | 0.00 | 1.00 |
| Region 8 | d | 0.10 | 0.30 | 0.00 | 1.00 |
| Region 9 | d | 0.04 | 0.20 | 0.00 | 1.00 |
| Region 10 | d | 0.05 | 0.23 | 0.00 | 1.00 |
| Region 11 | d* | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 1.00 |
| Region 12 | d | 0.03 | 0.17 | 0.00 | 1.00 |
| Region 13 | d* | 0.08 | 0.27 | 0.00 | 1.00 |
| Region 14 | d | 0.04 | 0.20 | 0.00 | 1.00 |
| Region 15 | d | 0.03 | 0.18 | 0.00 | 1.00 |
| Region 16 | d | 0.06 | 0.23 | 0.00 | 1.00 |
| Region 17 | d | 0.04 | 0.20 | 0.00 | 1.00 |
| Region 18 | d* | 0.07 | 0.25 | 0.00 | 1.00 |
| Region 19 | d | 0.02 | 0.14 | 0.00 | 1.00 |
| Region 20 | d | 0.02 | 0.13 | 0.00 | 1.00 |
| Region 21 | d | 0.02 | 0.14 | 0.00 | 1.00 |
| Region 22 | d* | 0.03 | 0.18 | 0.00 | 1.00 |
| Bemerkungen: d* = Referenzvariable; Bei den Dummies entspricht der Wert 0 = Nein und 1 = Ja. | | | | | |

Die Definition der Regionen findet sich in Abbildung 34.

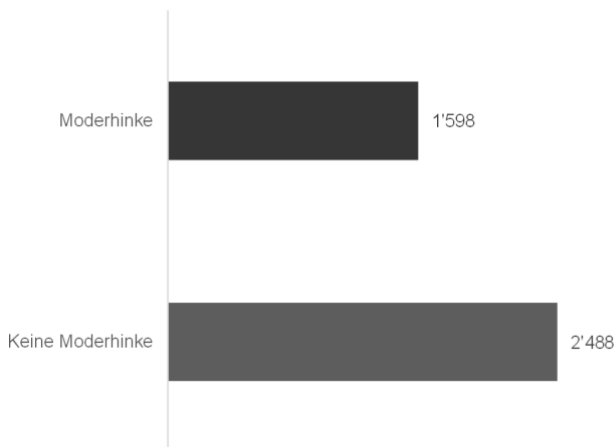
Abbildung 34: Definition der Regionen (22 Regionen. Die Farben geben die Terzile der Schafbetriebsdichte (Anzahl Betriebe pro landwirtschaftliche Nutzfläche) wieder: Weiss: 0 – 0.54; Ocker: 0.54 – 1.05; Braun: 1.05 – 6.43)



6.8.1 Abhängige Variable

Die abhängige Variable ist binär und Bernoulli- bzw. zufallsverteilt. Entsprechend hat sie zwei Versuchsausgänge. Die Variable gibt Auskunft, ob in einer Schafhaltung im Jahr 2014 Moderhinke vorlag oder nicht. Im Jahr 2014 hatten schweizweit 1'598 Schafhaltungen Probleme mit Moderhinke (Abbildung 35).

Abbildung 35: Verteilung der abhängigen Variablen



6.8.2 Unabhängige Variablen

Moderhinke ist eine multifaktorielle Erkrankung und wird von diversen Faktoren beeinflusst. Im vorliegenden Modell wurden vorwiegend strukturelle Faktoren auf drei verschiedenen Ebenen berücksichtigt, welche in Tabelle 14 ersichtlich sind.

Tabelle 14: Erklärende Faktoren für die Eintrittswahrscheinlichkeit, welche im Modell verwendet werden

| Ebene Schafhaltung | Ebene Gemeinde | Ebene Kanton | Ebene Region |
|---|--|--------------|----------------------------|
| Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | Anzahl Schafe pro Weideland und Schafhaltung | Dummy Kanton | Anzahl ausgestellte Schafe |
| Dummy Widder | Weideland pro Arbeitskraft und Schafhaltung | | Dummy Region |
| Anzahl Schafe | Anzahl Tiere pro Sömmerungsbetrieb | | |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) | Anteil Schafhaltungen pro landwirtschaftlichem Betrieb | | |
| Anteil Schafe am Gesamttierbestand | | | |
| Anteil Schafe pro LN | | | |
| Dummy Beiträge für regelmässigen Auslauf im Freien (RAUS) | | | |
| Alter des Schafhaltenden | | | |
| Ø-jährliche Wachstumsrate des Gesamtschafbestands | | | |
| Anzahl Jahre in der Schafhaltung tätig | | | |

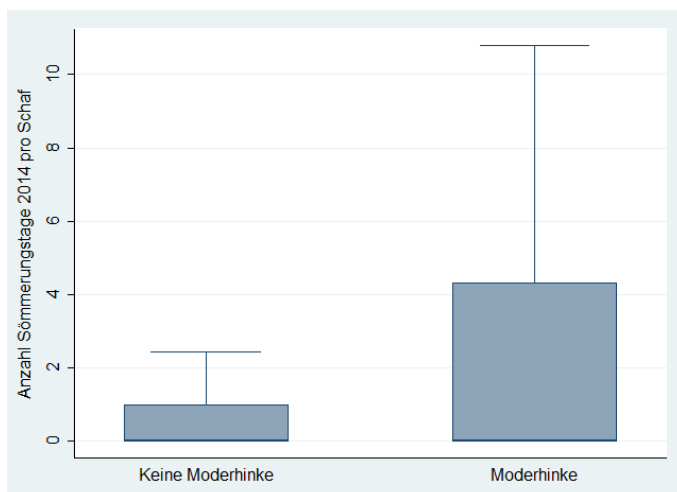
Die Faktoren auf der Ebene Schafhaltung beinhalten sowohl strukturelle Eigenschaften der Schafhaltung, des gesamten Betriebs (inkl. andere Betriebszweige) und sozioökonomische Faktoren, wie Alter oder Erfahrung der haltenden Person. Obschon die Schafe von mehreren Personen betreut werden können, beziehen sich die sozioökonomischen Faktoren auf die Referenzperson, welche die Formulare für die Datenerfassung ausfüllt. Die Variablen auf Gemeindeebene beinhalten strukturelle Einflussfaktoren, während die Dummies auf Ebene Kanton die Variation von politischen Einflüssen kontrollieren. Mit den Regionen-Dummies werden Wetter- und Klimafaktoren abgebildet.

Die Auswahl der Einflussfaktoren basiert einerseits auf der Datenverfügbarkeit und andererseits auf den Erkenntnissen aus der Literatur und den Experteninterviews. Mit dem Pearson's Produkt-Moment-Koeffizienten wurden die Abhängigkeiten zwischen den unabhängigen und der abhängigen Variable überprüft (siehe Anhang). Der Varianzinflationsfaktor (VIF) wurde angewendet, um mögliche Multikollinearitäten zwischen den unabhängigen Variablen zu messen und die Prädiktoren auszuwählen, welche die Daten am besten erklären.

Variablen auf Ebene Schafhaltung

Insgesamt wurden 10 Variablen auf Ebene der Schafhaltung gewählt. In den Experteninterviews wurde mehrmals erwähnt, dass die Sömmerung einen positiven Einfluss auf Moderhinke-Wahrscheinlichkeit hat. Folglich würde das Risiko der Moderhinke bei jenen Schafen steigen, welche länger auf Sömmerungsbetrieben gehalten werden. Gleiche Tendenzen sind der Abbildung 36 zu entnehmen.

Abbildung 36: Einfluss der Anzahl Sömmerungstage pro Schaf auf Moderhinke, 2014



Im Weiteren wird vermutet, dass Schafhaltungen mit Widder einen intensiveren Tierverkehr aufweisen. Es ist jedoch nicht ersichtlich, ob der Widder nur in jenem Bestand verweilt, wie angegeben, oder ob er ausgeliehen bzw. an verschiedenen

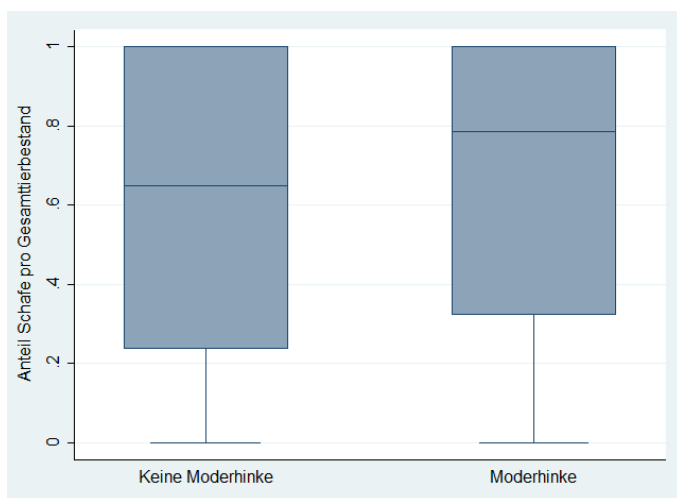
Standorten gehalten wird. Es wird jedoch angenommen, dass durch das Halten eines Widders die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke in einer Schafhaltung positiv beeinflusst wird (Tabelle 15).

Tabelle 15: Anteil der Schafhaltenden mit und ohne Widder bzw. Moderhinke, 2014

| | | Moderhinke | |
|--------|------|---------------|-------------|
| | | Nein | Ja |
| Widder | Nein | 1'181 47 % | 623 39 % |
| | Ja | 1'307 53 % | 975 61 % |

Die Spezialisierung einer Schafhaltung wird über den Anteil an Schafen im Vergleich zum Gesamttierbestand gemessen. Je höher der Anteil, desto spezialisierter ist der Betrieb. Es wird angenommen, dass spezialisierte Betriebe vertiefte Kenntnisse und Erfahrungen aufweisen. Entsprechend wird in solchen Schafhaltungen eine tiefere Wahrscheinlichkeit für Moderhinke kranke Schafe erwartet.

Abbildung 37: Anteil Schafe pro Gesamttierbestand mit und ohne Moderhinke, 2014 (Schafe am Gesamttierbestand)



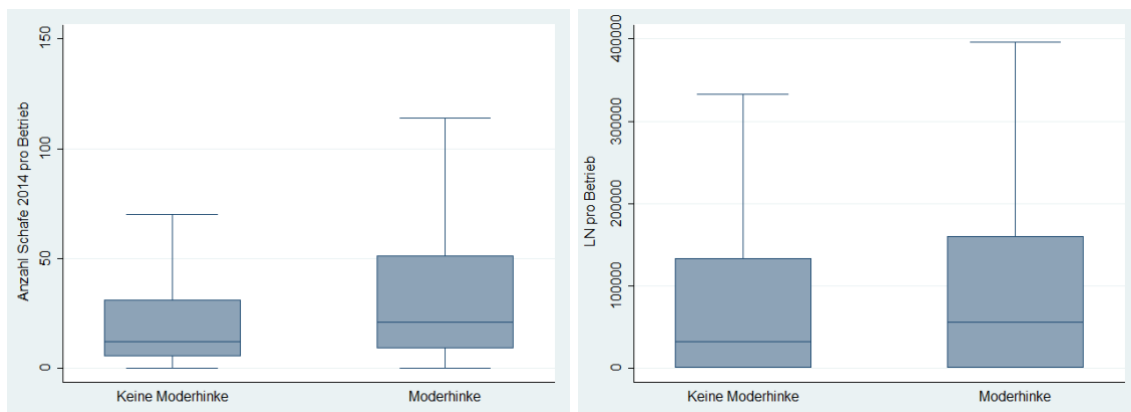
Der Einfluss der Haltung von Schafen wird über RAUS (regelmässiger Auslauf im Freien) erfasst und mithilfe einer Dummy Variablen modelliert. Unter der Bedingung, dass die anderen Parameter konstant bleiben, wird erwartet, dass RAUS zu einer geringeren Dichte der Schafhaltung und einer Reduktion des Keimdrucks in den Herden führt. Daher würde man einen negativen Effekt auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke erwarten (Tabelle 16). Jedoch ist die Moderhinke auch stark abhängig vom Wetter, was wiederum einen Einfluss auf den Auslauf hat (z.B. Bodenbeschaffenheit).

Tabelle 16: Anteil an Schafhaltungen mit und ohne RAUS bzw. Moderhinke, 2014

| Dummy RAUS | | Moderhinke | |
|------------|------|---------------|---------------|
| | | Nein | Ja |
| RAUS | Nein | 2'196 88 % | 1'370 86 % |
| | Ja | 292 12 % | 228 14 % |

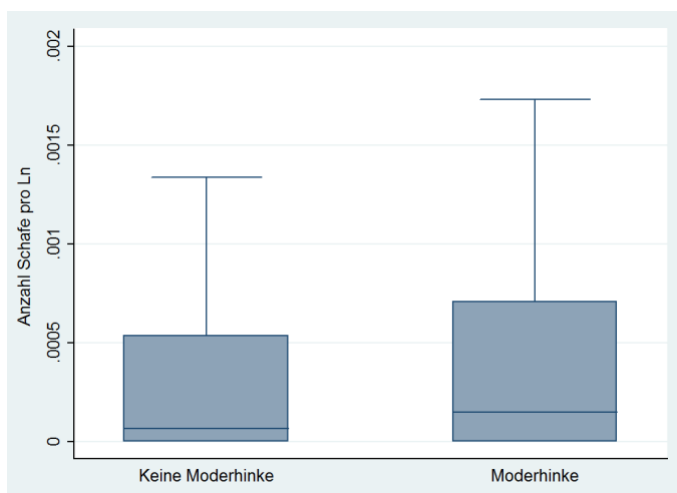
Moderhinke wird laut Experten auch über die Grösse einer Schafhaltung beeinflusst. Bei der Annahme, dass die Arbeitskraft und weitere Einflussparameter konstant bleiben, reduziert sich bei steigender Anzahl Tiere die Betreuungszeit pro Tier. Gemäss Abbildung 38 lässt bei einer niedrigeren Betreuungszeit pro Tier eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke erwarten. Eine weitere Kontrollvariable für die Struktur ist die landwirtschaftliche Nutzfläche.

Abbildung 38: Anzahl Schafe pro Betrieb (linker Teil) und Landwirtschaftliche Nutzfläche pro Betrieb (rechter Teil) mit und ohne Moderhinke, 2014



Der Anteil Schafe pro landwirtschaftliche Nutzfläche gibt Auskunft über die Dichte der Schafhaltung. Es wird vermutet, dass eine höhere Schafdichte zu einem höheren Keimdruck und letztendlich zu einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke führen kann (Abbildung 39).

Abbildung 39: Anzahl Schafe pro LN mit und ohne Moderhinke, 2014



Die sozioökonomischen Variablen beinhalten sowohl das Alter der Person, welche in der AGIS-Erhebung angegeben wurde, wie auch die Dauer der Schafhaltung (Anzahl Jahre). Für das Alter wurden zwei Klassen gebildet, wobei die erste 18- bis 53-jährige und die zweite 54- bis 99-jährige beinhaltet. Das Alter bildet unterschiedliche Einflüsse der Lebenssituation der Person, wie z.B. Ambitionen ab. Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, dass ältere Personen, insbesondere Pensionierte, mehr Zeit für die Betreuung der Schafe aufwenden, wodurch das Risiko von Moderhinke reduziert wird. Jedoch sind ältere Personen oftmals weniger ambitioniert und verfolgen daher möglicherweise ein weniger striktes Gesundheitsmanagement als jüngere. In Tabelle 17 ist ersichtlich, dass der Anteil an älteren Personen mit Moderhinke-kranken Schafen höher ist als derjenige der jungen.

Tabelle 17: Anteil an Schafhaltungen nach Altersklassen mit und ohne Moderhinke, 2014

| Alter nach Klassen | Moderhinke | |
|----------------------------|---------------|-------------|
| | Nein | Ja |
| Alter zwischen 18-53 Jahre | 169 70 % | 74 30 % |
| Alter zwischen 54-99 Jahre | 1'171 62 % | 725 38 % |

Die Dauer des Bestehens einer Schafhaltung gibt Auskunft über die Erfahrung der Schafhaltenden. Es wurde eine Klassierung mit vier Kategorien vorgenommen. Alle Schafhaltenden, die im Jahr 2014 und 2013 mit der Schafhaltung begonnen haben, werden in der ersten Gruppe zusammengefasst. Die zweite Klasse fasst alle Schafhaltenden zusammen, die seit zwei oder drei Jahren bestehen. Die dritte Kategorie beinhaltet Schafhaltende mit vier bis fünf Jahren Erfahrung. Und die letzte Klasse beinhaltet alle Schafhaltungen, die seit sechs bis elf Jahren bestehen (Beginn

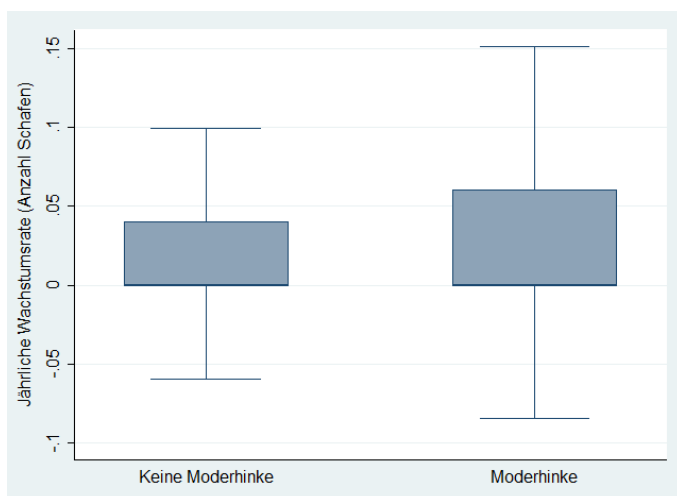
der Erhebung). Je mehr Erfahrung eine Person in der Schafhaltung hat, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Moderhinke auftritt. Innerhalb der Stichprobe weisen die meisten Schafhaltungen Erfahrungen von vier bis fünf Jahren auf. Interessanterweise ist bei den unerfahrenen schafhaltenden Personen nur ein kleiner Anteil von Moderhinke betroffen (Tabelle 18).

Tabelle 18: Anteil an Schafhaltungen nach Erfahrungsjahren mit und ohne Moderhinke, 2014

| Erfahrung nach Klassen | Moderhinke | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|
| | Nein | Ja |
| 0-1 Jahre Erfahrung | 169 70 % | 74 30 % |
| 2-3 Jahre Erfahrung | 336 68 % | 160 32 % |
| 4-5 Jahre Erfahrung | 1'692 58 % | 1'209 42 % |
| Mehr als 5 Jahre Erfahrung | 292 56 % | 228 44 % |

Der Einfluss der Änderung der Schafherdengrösse wird über die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des totalen Schafbestands einer Schafhaltung abgebildet. Eine wachsende Herde führt zu einer sinkenden Betreuungszeit pro Tier, einer höheren Dichte pro Tier und zu einer höheren Wahrscheinlichkeit, dass Schafe an Moderhinke erkranken, unter der Annahme, dass alle anderen Parameter konstant gehalten werden. Eine höhere Variation des Wachstums ist bei Schafhaltungen mit Moderhinke festzustellen (Abbildung 40).

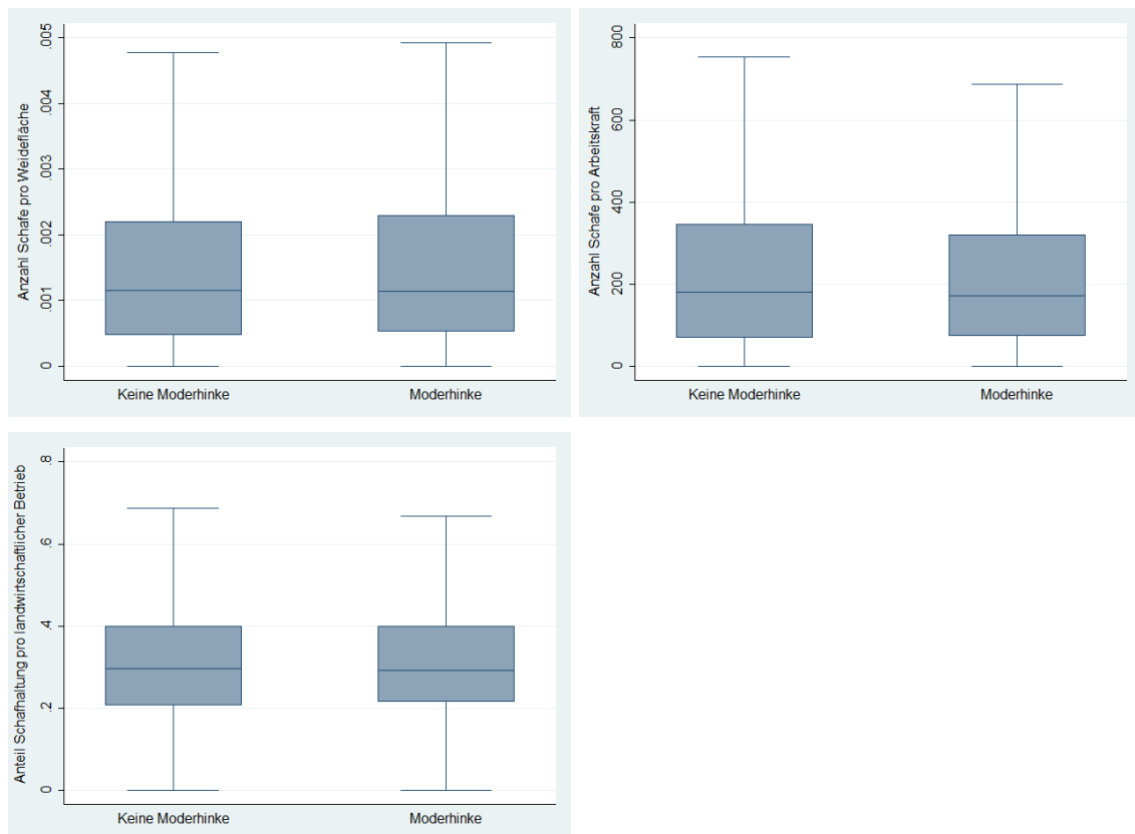
Abbildung 40: Jährliche Wachstumsrate pro Betrieb mit und ohne Moderhinke, 2014



Variablen auf Ebene Gemeinde

Auf Ebene Gemeinde werden die Einflussfaktoren durchschnittliche Schafdichte pro Weidefläche pro Betrieb, durchschnittliche Arbeitsintensität pro Betrieb, und durchschnittliche Arbeitskraft pro Schaf und Betrieb abgebildet. Zudem wird die Spezialisierung einer Gemeinde über den Anteil an Schafhaltungen an den totalen Landwirtschaftsbetrieben pro Gemeinde abgebildet (Abbildung 41).

Abbildung 41: Anzahl Schafe pro Weidefläche (obere links), Anzahl Schafe pro Arbeitskraft (oben rechts), Anteil der Schafhaltungen pro landwirtschaftliche Betriebe (unten), 2014



Variablen auf Ebene Kanton

Die kantonsspezifischen Informationen werden anhand von Dummies eingebunden. Damit werden Einflussgrößen der Politik mitberücksichtigt. In den Kantonen Graubünden und Glarus besteht eine Sanierungspflicht, womit ein niedrigerer Anteil an Moderhinke kranken Schafhaltungen als in den anderen Kantonen erwartet wird. Anhand der Tabelle 19 ist ersichtlich, dass der Anteil an Schafhaltungen mit Moderhinke grösser ist, wenn keine Sanierungspflicht besteht als bei Kantonen mit Sanierungspflicht. Folglich wird ein negativer Effekt der Politik auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke erwartet.

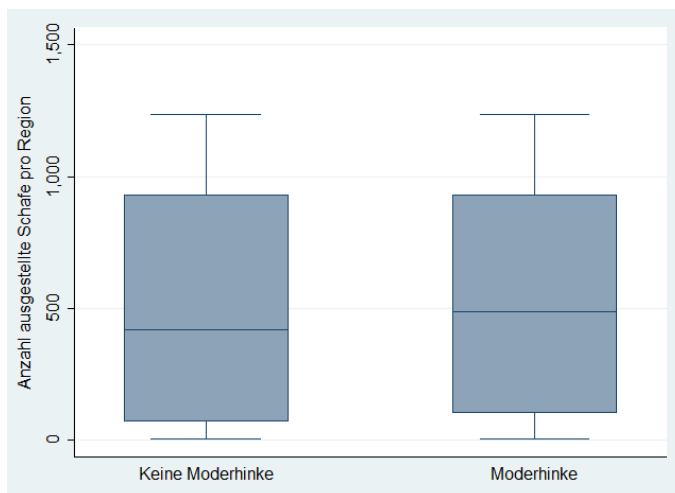
Tabelle 19: Anteil der Schafhaltungen mit und ohne Moderhinke, nach Sanierungspflicht 2014

| Dummy, ob Schafhaltungen der Sanierungspflicht unterliegen | | | |
|--|------|---------------|---------------|
| | | Moderhinke | |
| | | Nein | Ja |
| Sanierungspflicht | Nein | 2'205 60 % | 1'496 40 % |
| | Ja | 283 74 % | 102 26 % |

Variablen auf Ebene Region

Die Variablen auf Ebene Region beinhalten die Anzahl ausgestellter Schafe wie auch Dummies pro Region. Regionen mit einer hohen Anzahl ausgestellter Schafe unterliegen einem höheren Tierverkehr, womit die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke bei den jeweiligen Schafhaltungen steigt (Abbildung 42)

Abbildung 42: Anzahl ausgestellte Schafe pro Region mit und ohne Moderhinke, 2014



Klimatisch ähnliche Bezirke wurden zu Regionen zusammengefasst, womit mögliche Effekte des Klimas auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke im Modell abbildet werden. In Tabelle 20 ist zusehen, dass regenärmere Regionen (Region 10 und 11) weniger Moderhinke-Fälle aufweisen als andere.

Tabelle 20: Anzahl und Anteil an Schafhaltungen nach Regionen mit und ohne Moderhinke, 2014

| Region | Moderhinke | | | |
|--------|------------------|--------|----------------|--------|
| | Nein (Anzahl; %) | | Ja (Anzahl; %) | |
| 1 | 96 | 64.9 % | 52 | 35.1 % |

| Region | Moderhinke | | | |
|--------|------------------|--------|----------------|--------|
| | Nein (Anzahl; %) | | Ja (Anzahl; %) | |
| 2 | 36 | 56.3 % | 28 | 43.8 % |
| 3 | 81 | 65.3 % | 43 | 34.7 % |
| 4 | 57 | 52.3 % | 52 | 47.7 % |
| 5 | 223 | 51.7 % | 208 | 48.3 % |
| 6 | 149 | 59.8 % | 100 | 40.2 % |
| 7 | 181 | 65.1 % | 97 | 34.9 % |
| 8 | 251 | 63.2 % | 146 | 36.8 % |
| 9 | 83 | 46.4 % | 96 | 53.6 % |
| 10 | 170 | 77.6 % | 49 | 22.4 % |
| 11 | 44 | 62.0 % | 27 | 38.0 % |
| 12 | 67 | 53.2 % | 59 | 46.8 % |
| 13 | 156 | 47.9 % | 170 | 52.2 % |
| 14 | 104 | 61.5 % | 65 | 38.5 % |
| 15 | 105 | 75.0 % | 35 | 25.0 % |
| 16 | 138 | 58.7 % | 97 | 41.3 % |
| 17 | 114 | 64.4 % | 63 | 35.6 % |
| 18 | 164 | 59.9 % | 110 | 40.2 % |
| 19 | 59 | 73.8 % | 21 | 26.3 % |
| 20 | 63 | 87.5 % | 9 | 12.5 % |
| 21 | 57 | 71.3 % | 23 | 28.8 % |
| 22 | 90 | 65.2 % | 48 | 34.8 % |

6.9 Ergebnisse und Diskussion

6.9.1 Parameter Schätzungen

Die Log-Likelihood Schätzung mit 4'086 Observationen und 22 Regionen-Cluster erreicht einen Log-Likelihood Wert von 2'521. Das geschätzte Modell kann rund 70 % aller Beobachtungen richtig vorhersagen.

Viele geschätzte Parameter sind hoch signifikant. Das Halten eines Widders, die Grösse der Herde sowie der regelmässige Auslauf haben einen signifikant positiven Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke. Das Quotenverhältnis der Variablen Anzahl an Sömmerungstagen pro Schaf und Anzahl an gehaltenen Schafen liegen nahe bei eins und weisen auf einen geringen positiven Effekt auf die Eintrittswahrscheinlichkeit auf. Je höher die Schafhaltung spezialisiert ist, desto höher ist das Moderhinke-Risiko. Die Schafdichte, das jährliche Wachstum der Herde wie auch das Alter haben laut Schätzungsergebnisse keinen Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke. Die Dauer des Bestehens der Schafhaltung erweist sich im vierten und fünften Jahr als vorteilhaft hinsichtlich Moderhinke im

Vergleich zum sechsten bis elften Erfahrungsjahr. Die vorherigen Jahre sind nicht signifikant (Tabelle 21).

Tabelle 21: Geschätzte Quotenverhältnisse (Odds) der Parameter des Logit-Modells auf Ebene Betrieb und Gemeinde

| | Quotenverhältnis | Standardabweichung |
|---|------------------|--------------------|
| Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | 1.011** | (0.005) |
| Widder | 1.306*** | (0.078) |
| Anzahl Schafe pro Betrieb | 1.004*** | (0.001) |
| Anteil Schafe am Gesamttierbestand | 1.823*** | (0.109) |
| Anzahl Schafe pro LN | 15.879 | (2.187) |
| RAUS | 1.273** | (0.122) |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in Aren | 1.000** | (0.000) |
| Alter zwischen 54-99 Jahre | 0.890 | (0.079) |
| Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des totalen Schafbestands seit Bestehen oder max. 11 Jahren | 1.445 | (0.311) |
| 0-1 Jahre Erfahrung | 0.776 | (0.190) |
| 2-3 Jahre Erfahrung | 0.857 | (0.114) |
| 4-5 Jahre Erfahrung | 0.749*** | (0.105) |
| Anzahl Schafe pro Weidefläche | 1.449 | (0.470) |
| Weidefläche pro Arbeitskraft und Betrieb | 1.000** | (0.000) |
| Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | 1.011*** | (0.004) |
| Anzahl Schafbetriebe pro Total Betriebe | 0.952 | (0.160) |
| Anzahl Beobachtungen | | 4'086 |
| Bemerkung: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 | | |

Auf Ebene Gemeinde erhöht eine höhere Arbeitsintensität (durchschnittliche Anzahl Schafe pro Arbeitskraft auf dem Betrieb) die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke leicht. Je mehr Weideland pro Arbeitskraft vorhanden ist, desto mehr sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass Tiere an Moderhinke erkranken.

Auf Ebene Region hat die durchschnittliche Anzahl ausgestellter Schafe einen negativen Effekt auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke. Dies lässt eine erhöhte Professionalisierung der Schafhaltung vermuten, wobei die Gesundheit neben der Genetik bei den Ausstellungen einen hohen Stellenwert haben muss.

Bei den Kantone-Dummies wurde der Kanton Glarus als Referenz gewählt. Die Ergebnisse sind bis auf den Kanton Graubünden hoch signifikant mit Quotenverhältnissen über eins. Dies weist darauf hin, dass die Sanierungspolitik einen negativen Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke hat. Betreffend Kanton Graubünden konnte kein Unterschied im Vergleich zum Kanton Glarus gefunden werden, was mit dem erwarteten negativen Effekt der Politik in den beiden Kantonen deckungsgleich ist. Obschon die Sanierung im Kanton Wallis nicht obligatorisch ist, erweist sich die Schafhaltung gegenüber Glarus vorteilhafter. Dieses Resultat hängt vermutlich einerseits mit dem Faktor Wetter und andererseits mit dem

Einfluss der Rasse zusammen. Das Wallis hat einen hohen Anteil an Schwarznasenschafen, die laut Expertenaussagen Moderhinke-resistenter sind als andere Rassen (Tabelle 22).

Tabelle 22: Geschätzte Quotenverhältnisse (Odds) der Parameter des Logit-Modells auf Ebene Kanton

| | Quotenverhältnis | Standardabweichung |
|---|------------------------|--------------------|
| AG | 24'866.530*** | (0.997) |
| AI | 47'226.060*** | (1.045) |
| AR | 33'695.790*** | (1.030) |
| BE | 24'149.170*** | (1.043) |
| BL | 23'316.410*** | (1.008) |
| BS | 48'113.990*** | (0.916) |
| FR | 14'732.140*** | (1.136) |
| GE | 3'679.241*** | (1.092) |
| GL | dropped | |
| GR | 0.901 | (0.081) |
| JU | 51'134.770*** | (1.024) |
| LU | 28'995.690*** | (1.061) |
| NE | 12'203.360*** | (1.043) |
| NW | 131'000'000'000.000*** | (2.408) |
| OW | 56'000'000'000.000*** | (2.400) |
| SG | 42'426.720*** | (0.996) |
| SH | 69'118.330*** | (1.007) |
| SO | 19'791.340*** | (1.027) |
| SZ | 88'300'000'000.000*** | (2.368) |
| TG | 26'365.050*** | (1.007) |
| TI | 17.614*** | (0.090) |
| UR | 199'000'000'000.000*** | (2.387) |
| VD | 23'243.450*** | (1.095) |
| VS | 0.217*** | (0.144) |
| ZG | 48'690.470*** | (1.012) |
| ZH | 50'746.520*** | (1.028) |
| Anzahl Beobachtungen | | 4'086 |
| Bemerkung: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 | | |

Betreffend Regionen-Dummies wurden einige aufgrund von vorhandener Kollinearitäten mit anderen Regressoren bei der Schätzung ausgelassen. Die bleibenden Dummies weisen jedoch hoch signifikante Schätzwerte, womit das Klima einen wesentlichen Einfluss auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke hat (Tabelle 23).

Tabelle 23: Geschätzte Quotenverhältnisse (Odds) der Parameter des Logit-Modells auf Ebene Region

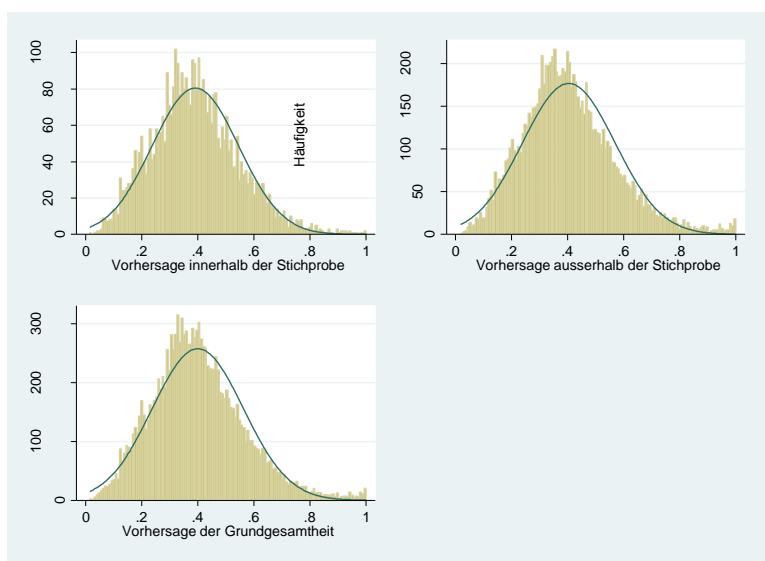
| | Quotenverhältnis | Standardabweichung |
|---|-----------------------|--------------------|
| Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | 0.972*** | (0.003) |
| Region 1 | 0.000*** | (0.942) |
| Region 2 | 0.000*** | (1.161) |
| Region 3 | 3'112.644*** | (0.738) |
| Region 4 | 327.691*** | (0.483) |
| Region 5 | 32'000'000'000.000*** | (2.162) |
| Region 6 | 14.439*** | (0.253) |
| Region 7 | 0.000*** | (0.898) |
| Region 8 | 20'000'000.000*** | (1.530) |
| Region 9 | 698'279.000*** | (1.148) |
| Region 10 | 3'932'767.000*** | (1.412) |
| Region 11 | dropped | |
| Region 12 | 0.032*** | (0.118) |
| Region 13 | dropped | |
| Region 14 | 0.422*** | (0.102) |
| Region 15 | 0.000*** | (0.924) |
| Region 16 | 0.012*** | (0.421) |
| Region 17 | 0.000*** | (0.810) |
| Region 18 | dropped | |
| Region 19 | 9.763*** | (0.285) |
| Region 20 | 0.709*** | (0.131) |
| Region 21 | 0.169*** | (0.174) |
| Region 22 | dropped | |
| Anzahl Beobachtungen | | 4'086 |
| Bemerkung: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1 | | |

Neben den geschätzten Odds sind im Anhang zusätzlich die sogenannten Margins zu finden. Diese sind mit den geschätzten Quotenverhältnissen deckungsgleich und messen die Einflussgrösse der Regressoren auf die Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke, unter der Annahme, dass die anderen Parameter konstant bleiben.

6.9.2 Schätzung der Vorhersagen

Die Vorhersagen der kantonalen Prävalenzen auf Ebene der Schafhaltung zeigen vergleichbare und robuste Werte für Schafhaltungen innerhalb und ausserhalb der Stichprobe sowie der Grundgesamtheit. Die Verteilungen der drei Vorhersagegruppen sind normalverteilt mit einer leichten Rechtsschiefe (Abbildung 43).

Abbildung 43: Verteilung der Vorhersageschätzungen in den drei Gruppen



Die durchschnittliche schweizweit vorhergesagte Prävalenz beträgt 40 % und liegt rund 0,9 % Prozentpunkte über den beobachteten Prävalenzen. Die höchste vorhergesagte Prävalenz weist der Kanton Uri auf, welcher damit vor Tessin, Nidwalden und Jura liegt. Die vorhergesagten Prävalenzen bei den sanierungspflichtigen Kantonen Graubünden und Glarus liegen mit 28,3 bzw. 27,7 % unter dem Durchschnitt. Die tiefste Prävalenz weist der Kanton Genf mit 18 % auf, gefolgt von den Kantonen Neuenburg und Wallis.

Tabelle 24: Beobachtete und vorhergesagte durchschnittliche Prävalenzen auf Ebene Schafhaltung in der Schweiz nach Kanton, 2014

| Kanton | Erhobene Betriebe | | Vorhersage für Schafhaltungen innerhalb der Stichprobe | | | Vorhersage für alle Schafhaltungen | | |
|--------|---|-----------------|--|-----------------|-----------------------|--|-----------------|-----------------------|
| | Anteil an Schafhaltungen mit Moderhinke | Standardfehlern | Ø-Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke | Standardfehlern | Anzahl Schafhaltungen | Ø-Eintrittswahrscheinlichkeit von Moderhinke | Standardfehlern | Anzahl Schafhaltungen |
| AG | 34.8 % | 0.477 | 34.8 % | 0.094 | 273 | 36.1 % | 0.105 | 815 |
| AI | 40.5 % | 0.498 | 40.5 % | 0.092 | 37 | 40.3 % | 0.086 | 126 |
| AR | 32.6 % | 0.471 | 32.6 % | 0.087 | 89 | 32.6 % | 0.090 | 264 |
| BE | 45.3 % | 0.498 | 45.3 % | 0.123 | 1'040 | 46.1 % | 0.132 | 3'246 |
| BL | 35.4 % | 0.482 | 35.4 % | 0.104 | 65 | 39.0 % | 0.116 | 249 |
| BS | 50.0 % | 0.577 | 50.0 % | 0.118 | 4 | 48.4 % | 0.109 | 5 |
| FR | 36.0 % | 0.481 | 36.0 % | 0.106 | 164 | 36.5 % | 0.119 | 728 |
| GE | 15.4 % | 0.376 | 15.4 % | 0.083 | 13 | 18.0 % | 0.149 | 65 |
| GL | 25.7 % | 0.443 | 25.7 % | 0.106 | 35 | 27.7 % | 0.128 | 98 |
| GR | 26.6 % | 0.442 | 26.6 % | 0.153 | 350 | 28.3 % | 0.188 | 1'022 |
| JU | 47.2 % | 0.503 | 47.2 % | 0.117 | 72 | 50.5 % | 0.127 | 235 |
| LU | 36.0 % | 0.481 | 36.0 % | 0.099 | 228 | 36.5 % | 0.097 | 997 |
| NE | 15.2 % | 0.364 | 15.2 % | 0.067 | 33 | 18.2 % | 0.107 | 105 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| NW | 55.1 % | 0.503 | 55.1 % | 0.106 | 49 | 53.7 % | 0.112 | 128 |
| OW | 33.3 % | 0.477 | 33.3 % | 0.078 | 42 | 32.1 % | 0.095 | 174 |
| SG | 42.2 % | 0.495 | 42.2 % | 0.128 | 346 | 43.3 % | 0.136 | 1'108 |
| SH | 35.7 % | 0.497 | 35.7 % | 0.132 | 14 | 37.0 % | 0.142 | 65 |
| SO | 39.4 % | 0.492 | 39.4 % | 0.085 | 66 | 40.3 % | 0.116 | 219 |
| SZ | 48.8 % | 0.501 | 48.8 % | 0.116 | 160 | 48.0 % | 0.124 | 502 |
| TG | 38.4 % | 0.488 | 38.4 % | 0.115 | 177 | 39.0 % | 0.131 | 519 |
| TI | 52.3 % | 0.502 | 52.3 % | 0.155 | 111 | 54.6 % | 0.158 | 374 |
| UR | 68.0 % | 0.470 | 68.0 % | 0.087 | 75 | 68.9 % | 0.104 | 283 |
| VD | 45.6 % | 0.500 | 45.6 % | 0.141 | 114 | 48.1 % | 0.149 | 555 |
| VS | 26.2 % | 0.441 | 26.2 % | 0.164 | 290 | 26.0 % | 0.166 | 935 |
| ZG | 52.2 % | 0.511 | 52.2 % | 0.122 | 23 | 53.6 % | 0.136 | 114 |
| ZH | 30.6 % | 0.462 | 30.6 % | 0.138 | 216 | 30.6 % | 0.132 | 838 |
| Gesamt- Ø | 39.1 % | 0.488 | 39.1 % | 0.148 | 4'086 | 40.2 % | 0.158 | 13'769 |

6.9.3 Szenarien

In den folgenden Kapiteln des Berichtes wird zwischen zwei Szenarien unterschieden, ein konservatives Szenario (high scenario), welches eine höhere Wahrscheinlichkeit basierend auf den Fragebogenergebnissen annimmt, und ein optimistisches Szenario (base scenario), welches auf einer geringeren Wahrscheinlichkeit basiert. Dies ist wichtig, da durch die subjektive Einschätzung des Befalls durch die Schafhaltenden von einem gewissen Fehlerbereich ausgegangen werden muss. Für die Maximum Entropie Schätzung des konservativen Szenarios wurden die Fragen der Umfrage ausgewertet, welche Informationen über das Vorhandensein von Moderhinke auf Betriebsebene enthalten. Ziel war es, die Betriebe danach nach dem Moderhinke-Status ihrer Schafherde (Ja/Nein) basierend auf den Daten von 2014 einzuteilen. Aus der durchgeführten Umfrage bei den Schafhaltenden wurden die Fragen 2.2 im zweiten Teil und die Fragen 6 und 7 im dritten Teil des Fragebogens ausgewertet. Anhand dieser Information wurde die abhängige Variable des Modells gebildet. Diese entspricht dem konservativen Szenario, welches nach Regionen in Tabelle 25 dargestellt wird. Wir vergleichen diese Ergebnisse nach Regionen in Tabelle 26 mit dem optimistischen Szenario, welches basierend auf der Frage 6 im Teil 3 erstellt wurde. Dieser Vergleich erlaubt die Ermittlung eines Konfidenzrahmens für die Schätzung der Verteilung der Moderhinke in der Schweiz. Dies ist wichtig, da die erzielten Ergebnisse die Grundlage für Ausbreitungsmodellierung bilden.

Tabelle 25: base scenario

| Region neu | Erhobene Betriebe | | Vorhersage für Betriebe innerhalb der Stichprobe | | | Vorhersage für Betriebe ausserhalb der Stichprobe | | | Vorhersage für alle Betriebe | | |
|--------------|--|--------------------|---|--------------------|---|---|--------------------|---|---|--------------------|-------------------------------|
| | Durchschnittliche Anzahl an Betrieben mit Moderhinke | Standardabweichung | Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Betriebe Moderhinke-Probleme haben | Standardabweichung | Anzahl Betriebe innerhalb der Stichprob | Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Betriebe Moderhinke-Probleme haben | Standardabweichung | Anzahl Betriebe ausserhalb der Stichprobe | Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Betriebe Moderhinke-Probleme haben | Standardabweichung | Schaffhaltende Betriebe total |
| 1 | 21.62 % | 0.413 | 21.62 % | 0.118 | 148 | 23.76 % | 0.129 | 332 | 23.10 % | 0.126 | 480 |
| 2 | 31.15 % | 0.467 | 31.15 % | 0.162 | 61 | 33.54 % | 0.181 | 234 | 33.04 % | 0.177 | 295 |
| 3 | 24.79 % | 0.434 | 24.79 % | 0.089 | 121 | 25.94 % | 0.104 | 497 | 25.72 % | 0.102 | 618 |
| 4 | 32.38 % | 0.470 | 32.38 % | 0.119 | 105 | 33.52 % | 0.124 | 455 | 33.30 % | 0.123 | 560 |
| 5 | 37.41 % | 0.484 | 37.41 % | 0.089 | 425 | 38.21 % | 0.110 | 913 | 37.96 % | 0.104 | 1338 |
| 6 | 32.65 % | 0.470 | 32.65 % | 0.086 | 245 | 32.09 % | 0.085 | 453 | 32.29 % | 0.085 | 698 |
| 7 | 24.00 % | 0.428 | 24.00 % | 0.071 | 275 | 25.00 % | 0.087 | 563 | 24.67 % | 0.082 | 838 |
| 8 | 25.19 % | 0.435 | 25.19 % | 0.071 | 389 | 26.06 % | 0.069 | 1025 | 25.82 % | 0.070 | 1414 |
| 9 | 45.51 % | 0.499 | 45.51 % | 0.105 | 178 | 47.36 % | 0.102 | 407 | 46.80 % | 0.103 | 585 |
| 10 | 15.74 % | 0.365 | 15.74 % | 0.082 | 216 | 14.67 % | 0.075 | 475 | 15.01 % | 0.077 | 691 |
| 11 | 28.57 % | 0.455 | 28.57 % | 0.154 | 70 | 29.08 % | 0.164 | 174 | 28.93 % | 0.161 | 244 |
| 12 | 45.08 % | 0.500 | 45.08 % | 0.190 | 122 | 49.68 % | 0.195 | 296 | 48.34 % | 0.195 | 418 |
| 13 | 42.19 % | 0.495 | 42.19 % | 0.141 | 320 | 42.21 % | 0.168 | 767 | 42.21 % | 0.160 | 1087 |
| 14 | 24.54 % | 0.432 | 24.54 % | 0.101 | 163 | 26.12 % | 0.111 | 530 | 25.75 % | 0.109 | 693 |
| 15 | 19.40 % | 0.397 | 19.40 % | 0.077 | 134 | 19.37 % | 0.079 | 371 | 19.38 % | 0.079 | 505 |
| 16 | 29.06 % | 0.455 | 29.06 % | 0.112 | 234 | 30.73 % | 0.133 | 479 | 30.18 % | 0.127 | 713 |
| 17 | 28.00 % | 0.450 | 28.00 % | 0.087 | 175 | 27.00 % | 0.092 | 453 | 27.28 % | 0.091 | 628 |
| 18 | 32.45 % | 0.469 | 32.45 % | 0.104 | 265 | 33.16 % | 0.105 | 623 | 32.95 % | 0.105 | 888 |
| 19 | 6.41 % | 0.247 | 6.41 % | 0.081 | 78 | 8.23 % | 0.108 | 167 | 7.65 % | 0.100 | 245 |
| 20 | 4.23 % | 0.203 | 4.23 % | 0.013 | 71 | 5.99 % | 0.108 | 123 | 5.34 % | 0.086 | 194 |
| 21 | 22.78 % | 0.422 | 22.78 % | 0.082 | 79 | 27.37 % | 0.179 | 144 | 25.74 % | 0.154 | 223 |
| 22 | 23.53 % | 0.426 | 23.53 % | 0.101 | 136 | 22.80 % | 0.134 | 278 | 23.04 % | 0.124 | 414 |
| Total | 29.18 % | 0.455 | 29.18 % | 0.138 | 4010 | 30.08 % | 0.149 | 9759 | 29.81 % | 0.146 | 13769 |

Tabelle 26: high scenario

| Region neu | Erhobene Betriebe | | Vorhersage für Betriebe innerhalb der Stichprobe | | | Vorhersage für Betriebe ausserhalb der Stichprobe | | | Vorhersage für alle Betriebe | | |
|--------------|--|--------------------|---|--------------------|---|---|--------------------|---|---|--------------------|------------------------------|
| | Durchschnittliche Anzahl an Betrieben mit Moderhinke | Standardabweichung | Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Betriebe Moderhinke-Probleme haben | Standardabweichung | Anzahl Betriebe innerhalb der Stichprob | Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Betriebe Moderhinke-Probleme haben | Standardabweichung | Anzahl Betriebe ausserhalb der Stichprobe | Durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, dass Betriebe Moderhinke-Probleme haben | Standardabweichung | Schafhaltende Betriebe total |
| 1 | 35.14 % | 0.479 | 35.14 % | 0.163 | 148 | 38.23 % | 0.172 | 332 | 37.21 % | 0.170 | 480 |
| 2l | 43.75 % | 0.500 | 43.75 % | 0.183 | 64 | 45.52 % | 0.198 | 234 | 45.07 % | 0.195 | 295 |
| 3 | 34.68 % | 0.478 | 34.68 % | 0.085 | 124 | 36.49 % | 0.113 | 497 | 36.08 % | 0.108 | 618 |
| 4 | 47.71 % | 0.502 | 47.71 % | 0.140 | 109 | 49.49 % | 0.144 | 455 | 49.20 % | 0.143 | 560 |
| 5 | 48.26 % | 0.500 | 48.26 % | 0.099 | 431 | 49.44 % | 0.119 | 913 | 49.07 % | 0.113 | 1338 |
| 6 | 40.16 % | 0.491 | 40.16 % | 0.086 | 249 | 40.20 % | 0.093 | 453 | 40.21 % | 0.091 | 698 |
| 7 | 34.89 % | 0.477 | 34.89 % | 0.079 | 278 | 36.30 % | 0.097 | 563 | 35.84 % | 0.092 | 838 |
| 8 | 36.78 % | 0.483 | 36.78 % | 0.085 | 397 | 38.14 % | 0.083 | 1025 | 37.79 % | 0.084 | 1414 |
| 9 | 53.63 % | 0.500 | 53.63 % | 0.094 | 179 | 55.78 % | 0.104 | 407 | 55.14 % | 0.102 | 585 |
| 10 | 22.37 % | 0.418 | 22.37 % | 0.127 | 219 | 21.07 % | 0.119 | 475 | 21.50 % | 0.122 | 691 |
| 11 | 38.03 % | 0.489 | 38.03 % | 0.218 | 71 | 40.06 % | 0.212 | 174 | 39.52 % | 0.214 | 244 |
| 12 | 46.83 % | 0.501 | 46.83 % | 0.200 | 126 | 52.43 % | 0.204 | 296 | 50.81 % | 0.204 | 418 |
| 13 | 52.15 % | 0.500 | 52.15 % | 0.138 | 326 | 51.92 % | 0.163 | 767 | 52.00 % | 0.156 | 1087 |
| 14 | 38.46 % | 0.488 | 38.46 % | 0.126 | 169 | 39.61 % | 0.129 | 530 | 39.43 % | 0.128 | 693 |
| 15 | 25.00 % | 0.435 | 25.00 % | 0.101 | 140 | 25.35 % | 0.105 | 371 | 25.30 % | 0.104 | 505 |
| 16 | 41.28 % | 0.493 | 41.28 % | 0.113 | 235 | 43.07 % | 0.135 | 479 | 42.48 % | 0.128 | 713 |
| 17 | 35.59 % | 0.480 | 35.59 % | 0.093 | 177 | 36.34 % | 0.097 | 453 | 36.16 % | 0.096 | 628 |
| 18 | 40.15 % | 0.491 | 40.15 % | 0.123 | 274 | 41.71 % | 0.130 | 623 | 41.34 % | 0.128 | 888 |
| 19 | 26.25 % | 0.443 | 26.25 % | 0.128 | 80 | 29.89 % | 0.180 | 167 | 28.80 % | 0.166 | 245 |
| 20 | 12.50 % | 0.333 | 12.50 % | 0.044 | 72 | 15.89 % | 0.165 | 123 | 14.66 % | 0.135 | 194 |
| 21 | 28.75 % | 0.455 | 28.75 % | 0.120 | 80 | 35.22 % | 0.225 | 144 | 32.92 % | 0.196 | 223 |
| 22 | 34.78 % | 0.478 | 34.78 % | 0.146 | 138 | 34.50 % | 0.183 | 278 | 34.68 % | 0.172 | 414 |
| Total | 39.11 % | 0.488 | 39.11 % | 0.148 | 4086 | 40.68 % | 0.161 | 9759 | 40.24 % | 0.158 | 13769 |

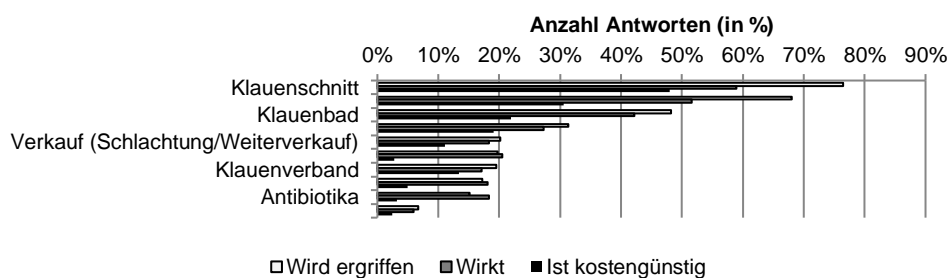
7. Definition der Bekämpfungsszenarien

Auf Grundlage der Expertenmeinungen, Fragebogenauswertungen und der politischen Rahmenbedingungen gibt es verschiedene Wege, die bei der Moderhinkebekämpfung in Zukunft eingeschlagen werden können. Diese werden im Folgenden als Szenarien dargestellt. Die anschliessenden epidemiologischen Simulationen und die Kosten-Nutzen-Berechnungen werden sich auf die hier definierten Szenarien beziehen.

7.1 Szenarien A1 und A2: Laissez-Faire

Dieses Szenario stellt eine Fortsetzung des Ist-Zustandes dar. Konkret wird in diesem Szenario davon ausgegangen, dass die Kantone Graubünden und Glarus weiterhin eine flächendeckende Sanierung durchführen. In den anderen Kantonen ist es weiterhin den Landwirten überlassen, wie sie gegen die Moderhinke vorgehen. Hierbei wird berücksichtigt, dass ab 2016 entscheidende Änderungen an dem Bekämpfungsschema vorgenommen wurden (Bearth, 2016). Konkret werden zur Kontrolle Tupferproben eingesetzt und nur noch ein Teil der Tiere kontrolliert. Dies wird in Szenario C weiter ausgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass die Schafhalter ausserhalb von Graubünden und Glarus nur diejenigen Tiere behandeln, welche Symptome der Moderhinke zeigen und hinken. Die Klauen dieser Tiere werden in regelmässigen Abständen geschnitten und mit Desinfektionsspray behandelt. Gemäss der Auswertung des Fragebogens rangieren Klauenschneiden und Klauenspray unter den Massnahmen der Einzeltierbehandlung zuvorderst.⁸ Die Häufigkeit der Nutzung bestimmter Massnahmen sowie die Einschätzung der Landwirte bzgl. deren Wirksamkeit und Kosteneffizienz wird in Abbildung 44 veranschaulicht.

Abbildung 44: Massnahmen falls Tiere an Moderhinke erkrankt sind



Anmerkungen: Anzahl Antwortende: 6404, Mehrfachnennungen möglich.

⁸ Diese Massnahmen werden auch in dem für die Kosten-Nutzen-Analyse angewendeten Arbeitszeitmodell berücksichtigt, sodass detaillierte Kostenkalkulationen für die Behandlung durchgeführt werden können.

7.2 Szenario B: Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema

In Szenario B wird davon ausgegangen, dass es entsprechend der Motion Hassler zu einer schweizweiten Bekämpfung der Moderhinke kommt. Hierbei wird das BGK Sanierungsprogramm umgesetzt, welches bereits in Graubünden und Glarus implementiert ist. Alle Schafhalter führen die Sanierungsmassnahmen gemäss den BGK Weisungen durch (BGK, 2010). Dies beinhaltet regelmässiges Klauenbaden und Klauenschneiden aller Tiere der Herde über den Zeitraum der Behandlung.⁹

Der Erfolg dieser Massnahmen wird anhand klinischer Kontrollen aller Klauen festgestellt. Für das erste Jahr wird davon ausgegangen, dass mehrmals Klauenkontrollen durch BGK anerkannte Klauenkontrolleure erfolgen. Abschliessend erfolgt eine Untersuchung durch einen vom BGK anerkannten Tierarzt. Bei erfolgreicher Abschlusskontrolle gilt der Betrieb als Moderhinke-frei. Im zweiten und dritten Folgejahr nach der Sanierung erfolgen weitere Klauenkontrollen. Sobald in einer Herde Moderhinke auftritt, muss der Landwirt das Sanierungsprogramm erneut anwenden.

7.3 Szenario C: Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema mit Tupferproben

Wie im Szenario B wird hier von einer schweizweiten Bekämpfung auf Grundlage der Empfehlungen des BGK ausgegangen. Unterschied ist jedoch, dass bei der Kontrolle PCR-Tests eingesetzt werden. Hierbei entnehmen die Kontrolleure Tupferproben an den Klauen von Hochrisikotieren (z.B. lahmende und schwere Tiere). Dieses Verfahren wird ab dem Frühjahr 2016 in den Kantonen Glarus und Graubünden eingesetzt (Bearth, 2016). Es wird folglich im Gegensatz zum originären BGK Schema nur ein Teil der Tiere eines Betriebes getestet, wodurch Kosten eingespart werden. Zusätzliche Kosten entstehen durch die Prüfung der Proben auf Moderhinke-Erreger im Labor. Mit dieser Methode werden auch Tiere erkannt, welche an Moderhinke infiziert sind aber noch keine Symptome zeigen.

7.4 Szenario D: Keine Sanierung in der gesamten Schweiz

In diesem Szenario wird angenommen, dass es zu keiner schweizweiten Sanierung kommt und zudem auch Graubünden und Glarus ihre Sanierungsprogramme zurücknehmen. Es wird davon ausgegangen, dass die Landwirte in der gesamten

⁹ Gemäss BGK (2010) wird zudem eine Trennung der Herde in gesunde und kranke Tiere angeraten. Dies ist jedoch nicht für jeden Betrieb kostengünstiger realisierbar als eine gemeinsame intensive Behandlung aller Tiere. Wir gehen von einer gleichen Behandlung aller Tiere aus.

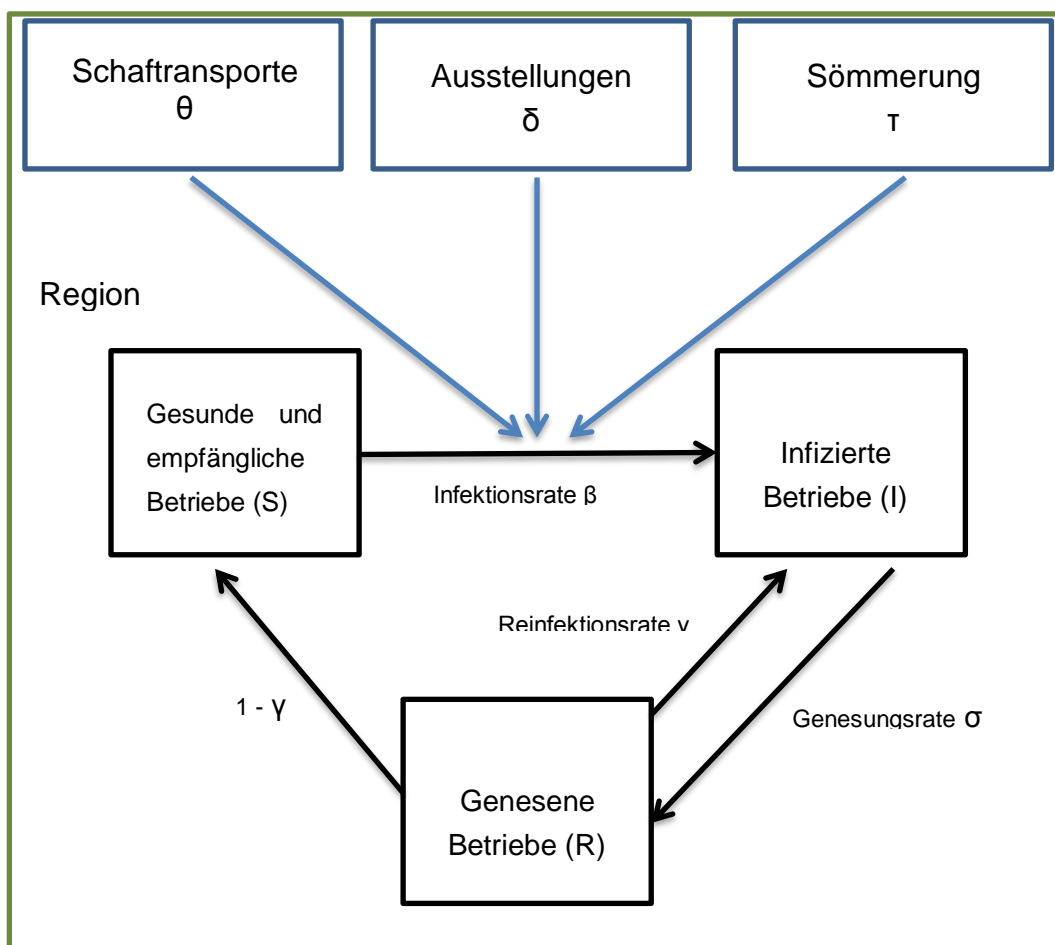
Schweiz Einzeltiermassnahmen anwenden, wie sie im Laissez Faire Szenario beschrieben wurden (Klauenschnitt und –spray).

8. Epidemiologisches Modell

8.1 Grundstruktur

Für die vorliegende Studie wurde ein stochastisches SIR (susceptible-infected-recovered)-Kompartiment-Modell verwendet, angelehnt an ein für Norwegen entwickeltes Kompartiment-Modell (Grøneng et al.). Abbildung 45 zeigt dessen Grundstruktur. Dieses Modell ermöglicht die Simulation der Ausbreitung einer Krankheit zwischen Schafbetrieben, innerhalb und zwischen geographisch definierten Regionen, die als Metapopulation im Modell abgebildet werden.

Abbildung 45: Struktur des Modelles



8.1.1 Regioneneinteilung

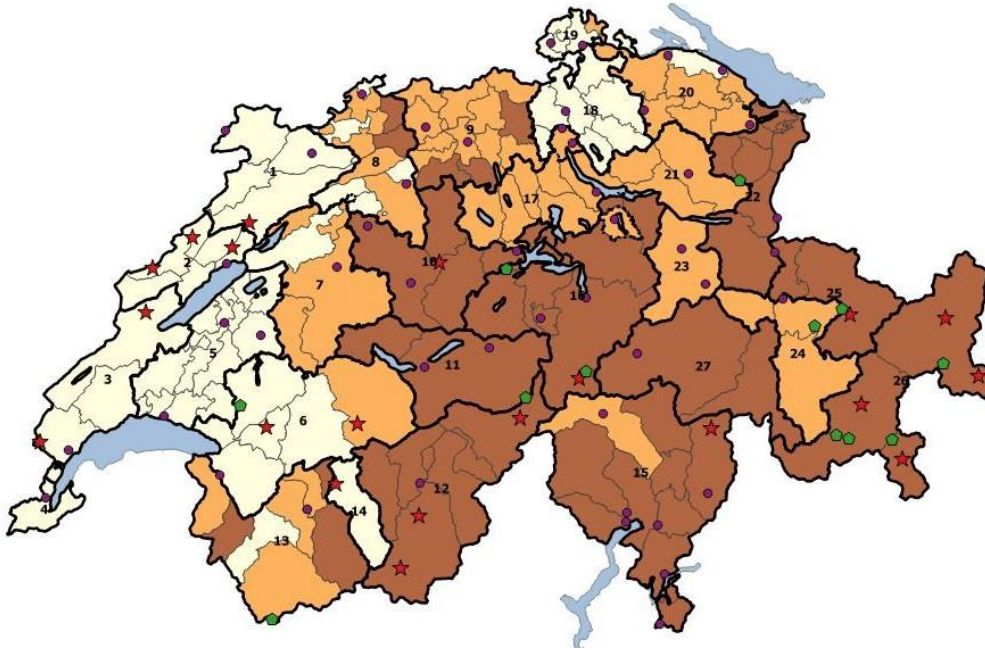
Die Schweiz wurde für die Modellierung in 27 Regionen eingeteilt (Abbildung 46). Die Unterteilung erfolgte anhand zweier Kriterien: Dichte der Schafsbetriebe und das Klima. Hauptkriterium war die Dichte der Schafsbetriebe pro landwirtschaftliche Nutzfläche, welche pro politischen Bezirk berechnet wurde. Die Bezirke wurden dann in drei Dichte-Kategorien mit Verwendung der Terzile als Grenzwerte (tief, mittel, hoch)

unterteilt. Die Daten hierzu wurden von der AGIS Datenbank, dem agrarpolitischen Informationssystem des Bundes, geliefert. Hierbei muss angemerkt werden, dass die Angaben der landwirtschaftlichen Nutzflächen nur von landwirtschaftlichen Betrieben bekannt sind und Hobbyhalter somit in der Regioneneinteilung nicht mit einbezogen wurden.

Die Übertragung der Moderhinke wird auch vom Klima beeinflusst, wobei vor allem Niederschlag und Temperatur als wichtige Faktoren angesehen werden (Graham und Egerton, 1968; Ridler et al. 2009). Die Schweiz wird nach Schüepp und Gensler (1980) in 12 Klimaregionen unterteilt. Die durch die Betriebsdichte eingeteilten Dichteregionen wurden aufgrund ihrer geografischen Lage in Relation zu den Klimaregionen weiter unterteilt oder zusammengefasst. Zuletzt wurden sehr grosse Gebiete mit gleicher Schafsdichte und gleichem Klima anhand der Kantons Grenzen in kleinere Regionen unterteilt, um die Grössenunterschiede der einzelnen Regionen zu minimieren.

Anschliessend wurde für jede dieser Regionen sowohl die Population (Anzahl schafhaltende Betriebe), als auch ein Klimafaktor ermittelt. Die Anzahl der Schafbetriebe wurde über die Postleitzahlen (PLZ) der in den AGIS-Daten verzeichneten Betriebe ermittelt. In einem ersten Schritt wurden dazu die Bezirke bestimmt, in denen sich die PLZ-Gebiete befinden. Anschliessend wurde die Region bestimmt, welcher der Bezirk zugeteilt wurde und für jede Region die Summe der Betriebe der einzelnen Bezirke ermittelt. Die Berechnung des Klimafaktors der Regionen wird weiter unten beschrieben.

Abbildung 46: Einteilung der Schweiz in 27 Regionen. Die Farben geben die Terzile der Schafbetriebsdichte (Anzahl Betriebe pro landwirtschaftliche Nutzfläche) wieder: Weiss: 0 – 0.54; Ocker: 0.54 – 1.05; Braun: 1.05 – 6.43



Die Startprävalenz für das Übertragungsmodell auf Betriebsbasis pro Region wurde vom Maximum Entropie Modell (Kapitel 6) berechnet. Somit wird die aktuelle endemische Situation in der Schweiz abgebildet, um anschliessend die Auswirkung der verschiedenen Bekämpfungsstrategien simulieren und bewerten zu können. Für diese Berechnung des Maximum Entropie Modells wiesen einige Regionen eine zu geringe Anzahl Betriebe auf und wurden daher mit einer benachbarten Region zusammengefasst (siehe Tabelle 13).

8.1.2 Simulation der Übertragung innerhalb einer Region

Innerhalb einer Region werden die Betriebe in drei Kompartimente unterteilt (Abbildung 1): empfängliche (susceptible; S), infizierte (infected; I) und neu genesene (recovered; R). Empfängliche Herden werden mit einer bestimmten Rate (Infektionsrate β) infiziert. Anschliessend erholen sie sich (Genesungsrate σ) und wechseln somit in das Kompartiment der genesenen Herden. Ausgehend von diesem Kompartiment können Herden entweder reinfiziert werden (Reinfektionsrate γ) oder sie gelangen in das Kompartiment S zurück, was mittels der Rate $1-\gamma$ implementiert ist.

Mittels folgender Gleichungen wird die Übertragung zwischen den Kompartimenten innerhalb einer Region i zum Zeitpunkt t simuliert

$$S_{i,t+1} = S_{i,t} + (1 - \gamma) * R_{i,t} - \beta_i * S_{i,t} * I_{i,t} \quad (13)$$

$$I_{i,t+1} = I_{i,t} - \sigma * I_{i,t} + \beta_i * S_{i,t} * I_{i,t} \quad (14)$$

$$R_{i,t+1} = R_{i,t} + \sigma * I_{i,t} - \gamma_i * R_{i,t} - (1 - \gamma_i) * R_{i,t} \quad (15)$$

8.1.3 Übertragung der Moderhinke zwischen Regionen

Die Übertragung der Moderhinke zwischen Betrieben verschiedener Regionen wird auf drei Wege simuliert: durch Schaftransporte, Schafausstellungen sowie gemeinsames Weiden von Tieren während der Sömmerung. Die Schaftransporte sind über die ganze Schweiz möglich und deren Parameterwert (θ) wurden mittels Daten aus der Fragebogenstudie (siehe Kapitel 5) berechnet. Darin gab jeder Betriebsbesitzer die zwei Kantone neben dem eigenen an, mit welchen er am häufigsten Tieraustausch betätigte. Die Parameterwerte für das gemeinsame Weiden (τ) wurden ebenfalls mittels des Fragebogenstudie-Datensatzes berechnet, in dem die Betriebsbesitzer über gemischt-kantonale Sömmerungsweiden berichteten. Die Berechnung der Übertragung an Ausstellungen erfolgte analog zum Übertragungsweg der Gemeinschaftsweiden, da das Prinzip das Gleiche ist: Tiere unterschiedlicher Regionen kommen zusammen, infizieren sich und gehen zurück in den Herkunftsbetrieb, wo sie neue Tiere infizieren können. Daten für die Berechnung von Parameterwerten zu interregionalen Ausstellungen (δ) wurden vom Schweizerischen Schafzuchtverband (SZV) geliefert. Details zur Parameterwertberechnung (θ , τ und δ) sind unter Kapitel 8.2.2 beschrieben.

Eine Übertragung zwischen Regionen durch Rinder wurde nicht ins Modell integriert. Zwar werden Rinder in der Schweiz zum Teil auf denselben Weiden gehalten wie Schafe, jedoch ist eine effektive Übertragung zwischen diesen Spezies nicht abschliessend bewiesen (Knappe-Poindecker et al., 2014; Rogdo et al., 2012). Hinzu kommt, dass Schafe und Rinder meist in getrennten Ställen gehalten werden und auch nicht gleichzeitig transportiert werden, sodass kaum sehr enge Kontakte auftreten.

Durch die Integration der zwischen-regionalen Übertragung wurden die Gleichungen (13-15) erweitert, so dass die Anzahl der Herden in jedem Kompartiment pro Region i und Jahr t wie folgt berechnet wird:

$$S_{i,t+1} = S_{i,t} + (1 - \gamma) * R_{i,t} - \min [(\beta_i * S_{i,t} * I_{i,t} + \sum_{j \neq i} \theta_{j,i,t} + \sum_{j \neq i} \tau_{j,i,t} + \sum_{j \neq i} \delta_{j,i,t}), S_{i,t}] \quad (16)$$

$$I_{i,t+1} = I_{i,t} - \sigma * I_{i,t} + \min[(\beta_i * S_{i,t} * I_{i,t} + \sum_{j \neq i} \theta_{j,i,t} + \sum_{j \neq i} \tau_{j,i,t} + \sum_{j \neq i} \delta_{j,i,t}), S_{i,t}] + \gamma_i * R_{i,t} \quad (17)$$

$$R_{i,t+1} = R_{i,t} + \sigma * I_{i,t} - \gamma_i * R_{i,t} - (1 - \gamma_i) * R_{i,t} \quad (18)$$

wobei i die Moderhinke-empfangende und j die Moderhinke-übertragende Region darstellt.

8.2 Berechnung der Parameterwerte

In Tabelle 27 sind die Inputwerte, welche für alle Szenarien konstant sind, aufgeführt.

Tabelle 27: Inputparameter Modell: Popsiz = Anzahl Schafbetriebe, **Density** = Durchschnittliche Schafbetriebsdichte, **BetamaxCounty** = Maximum der Pert-Verteilung der Infektionsrate β , **BetaminCounty** = Minimum der Pert-Verteilung

der Infektionsrate β , BetamedCounty = Median der Pert-Verteilung der Infektionsrate β , Climate = Klimafaktor, Infected = Anzahl infizierter Herden zu Beginn einer Simulation für die BASE und HIGH Situation

| Region | PopSize | Density | Betamax County | Betamin County | Betamed County | Climate | Infect (BASE) | Infect (HIGH) |
|--------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|------------------|---------------|
| 1 | 570 | 0.428 | 0.067 | 0.056 | 0.065 | 0.869 | 132 | 212 |
| 2 | 184 | 0.251 | 0.059 | 0.049 | 0.057 | 0.970 | 43 | 68 |
| 3 | 362 | 0.204 | 0.056 | 0.046 | 0.054 | 0.995 | 120 | 163 |
| 4 | 110 | 0.348 | 0.050 | 0.042 | 0.049 | 0.713 | 36 | 50 |
| 5 | 1027 | 0.315 | 0.058 | 0.048 | 0.056 | 0.857 | 264 | 371 |
| 6 | 640 | 0.531 | 0.092 | 0.076 | 0.088 | 1.081 | 213 | 315 |
| 7 | 2169 | 0.644 | 0.082 | 0.068 | 0.079 | 0.893 | 823 | 1064 |
| 8 | 1052 | 0.611 | 0.073 | 0.061 | 0.071 | 0.812 | 340 | 423 |
| 9 | 1027 | 0.872 | 0.089 | 0.074 | 0.086 | 0.847 | 253 | 368 |
| 10 | 2074 | 1.186 | 0.138 | 0.114 | 0.132 | 1.143 | 536 | 784 |
| 11 | 972 | 1.499 | 0.143 | 0.119 | 0.138 | 1.074 | 455 | 536 |
| 12 | 967 | 3.988 | 0.116 | 0.096 | 0.111 | 0.567 | 145 | 208 |
| 13 | 268 | 0.876 | 0.068 | 0.056 | 0.065 | 0.644 | 78 | 106 |
| 14 | 37 | 0.504 | 0.052 | 0.043 | 0.050 | 0.625 | 11 | 15 |
| 15 | 518 | 1.742 | 0.203 | 0.168 | 0.195 | 1.425 | 250 | 263 |
| 16 | 1414 | 1.832 | 0.178 | 0.148 | 0.171 | 1.225 | 597 | 735 |
| 17 | 949 | 0.784 | 0.105 | 0.087 | 0.101 | 1.041 | 244 | 374 |
| 18 | 582 | 0.401 | 0.063 | 0.053 | 0.061 | 0.841 | 113 | 147 |
| 19 | 91 | 0.408 | 0.056 | 0.047 | 0.054 | 0.743 | 18 | 23 |
| 20 | 1105 | 0.654 | 0.089 | 0.074 | 0.085 | 0.953 | 334 | 469 |
| 21 | 793 | 0.931 | 0.153 | 0.127 | 0.148 | 1.415 | 216 | 287 |
| 22 | 1336 | 1.560 | 0.118 | 0.098 | 0.114 | 0.863 | 440 | 552 |
| 23 | 124 | 0.886 | 0.139 | 0.115 | 0.134 | 1.311 | 9 | 36 |
| 24 | 161 | 0.967 | 0.083 | 0.070 | 0.081 | 0.761 | 12 | 46 |
| 25 | 223 | 1.187 | 0.114 | 0.094 | 0.109 | 0.944 | 12 | 33 |
| 26 | 237 | 1.619 | 0.103 | 0.086 | 0.100 | 0.751 | 61 | 78 |

| Region | PopSize | Density | Betamax County | Betamin County | Betamed County | Climate | Infect (BASE) | Infect (HIGH) |
|--------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|------------------|---------------|
| 27 | 492 | 1.549 | 0.126 | 0.105 | 0.121 | 0.933 | 113 | 171 |

8.2.1 Intraregionale Parameter β , σ und γ

Infektionsparameter β

Die Infektionsrate β ist ein stochastischer Wert (Pert-Verteilung), in dem die Schafbestandsdichte und das Klima pro Region mit berücksichtigt werden, analog zum Modell beschrieben von Grøneng et al. (2015). Der Einfluss des Klimas wird mittels eines Klimafaktors (C), welcher pro Region i berechnet wird, integriert.

$$Cl_i = \frac{\sum \bar{p}_i + \sum \bar{t}_i}{N_i} \quad (19)$$

Zur Berechnung dieses Faktors wurde die Niederschlagsmenge (p_i) und die durchschnittliche Temperatur (t_i) pro Region summiert und anschliessend durch die Anzahl der pro Region zur Berechnung verwendeten Stationen (N_i) dividiert. Dafür wurden Daten von insgesamt 80 Stationen von MeteoSchweiz zur Verfügung gestellt, welche in den letzten 30 Jahren ununterbrochen in Betrieb waren und sowohl den Monatsniederschlag als auch die durchschnittliche Monatstemperatur 2 Meter über dem Boden messen. Stationen über 1750m.ü.M. und Messdaten von November bis April wurden für die Berechnung ausgeschlossen, da die Weideperiode von Mai bis Oktober dauert und es über 1750 Meter kaum Schafbetriebe gibt.

Der Einfluss der Dichte der Betriebe auf β pro Region i wird in die Berechnung integriert, indem die Anzahl aller in der AGIS-Datenbank verzeichneten Betriebe pro landwirtschaftliche Nutzfläche berechnet wurde. Dieser Dichtefaktor d wurde für jede Region i berechnet. Um den Klima- und Dichtefaktor an echte Ausbruchsdaten anzupassen, wurden diese analog zu Grøneng et al. (2015) in Relation zum Infektionsparameter von Rogaland (β_{Rog}), Norwegen, gestellt, welcher durch Ausbruchsdaten berechnet wurde. Der Infektionsparameter β pro Region i wurde daher in Relation zu β_{Rog} als Pert-Verteilung (Minimum, Mode, Maximum) berechnet.

$$\begin{aligned} \beta_i &\sim \text{Pert}(\beta_{Min} = \beta_{Min,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_i}{d_{Rog}} * \frac{Cl_i}{Cl_{Rog}}}, \\ &\beta_{Mod} = \beta_{Mod,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_i}{d_{Rog}} * \frac{Cl_i}{Cl_{Rog}}}, \\ &\beta_{Max} = \beta_{Max,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_i}{d_{Rog}} * \frac{Cl_i}{Cl_{Rog}}}) \end{aligned} \quad (20)$$

Um β_i auf die Schweizer Situation anzupassen, wurden Informationen aus dem Fragebogen hinzu gezogen. Es wurde analysiert, wie viele Landwirte angaben, dass ihr Betrieb in den Jahren 2010-14 keine Probleme mit Moderhinke hatte (Frage 3.5), aber dann 2014 Moderhinke-Probleme aufwies (Frage 3.6). Diese Infektionsrate (*inf*) ergibt sich aus dem Anteil dieser Gruppe an den (gemäss Frage 3.6) in 2010-14 nicht mit Moderhinke erkrankten Betrieben. Sie wurde auf 9.54 % berechnet.

Die finale Infektionsrate β_{final} pro Region i wird als Pert-Verteilung ins Übertragungsmodell integriert und wie folgt berechnet:

$$\beta_{i,Mod\ final} = \frac{inf}{\sum_{i=1}^{27} \beta_{i,Mod}} * \beta_{i,Mod} \quad (21)$$

$$\beta_{i,Min\ final} = \frac{\beta_{i,Min}}{\beta_{i,Mod}} * \beta_{i,Mod\ final} \quad (22)$$

$$\beta_{i,Max\ final} = \frac{\beta_{i,Max}}{\beta_{i,Mod}} * \beta_{i,Mod\ final} \quad (23)$$

Genesungsparameter σ und Reinfektionsparameter γ

Die Reinfektions- und Genesungsraten wurden für Betriebe, die Moderhinke-saniert und nicht-saniert wurden, separat berechnet. Dies aus dem Grund, da je nach Szenario und Region Raten für sanierte und nicht-sanierte Betriebe im Modell verwendet werden. Diese Unterscheidung erfolgte mithilfe der Frage im Fragebogen, ob die Mass-nahme "Sanierung der gesamten Herde" durchgeführt wurde (Frage 4.3). Wenn der Landwirt dies bejahte, wurde sein Betrieb bei der Berechnung der sanierten Betriebe berücksichtigt. Andernfalls flossen die Betriebe in die Berechnung für die nicht-sanierten Betriebe ein.

Die Genesungsrate (σ) wurde berechnet aus der Anzahl an Betrieben, welche 2014 keine Moderhinke-Probleme hatten (Frage 3.5), aber in 2010-14 Probleme aufwiesen (Frage 3.6). Der Anteil, den diese gesunden Betriebe an der Gesamtanzahl der 2010-14 erkrankten Betriebe hatten, ergibt die Genesungsrate. Sie wurde auf für den ganzen Datensatz auf 25.9 % festgelegt, für die sanierten Betriebe auf 45.6 % und die nicht-sanierten Betriebe auf 22.3 %.

Für die Reinfektionsrate γ wurden Betriebe ermittelt, die in 2010-14 Moderhinke-Probleme hatten (Frage 3.5), bei denen Massnahmen zur Moderhinke-Bekämpfung angewendet wurden, die nach Angabe des Schafhalters gewirkt haben (Frage 4.3), aber auch in 2014 Moderhinke-Probleme aufwiesen (Frage 3.6). Deren Anteil an den 2010-14 mit Moderhinke infizierten Betrieben (Frage 3.5) ergibt die Reinfektionsrate. Sie wurde für den ganzen Datensatz auf 58.1 % berechnet, für die sanierten Betriebe auf 43.6 % und die nicht-sanierten Betriebe auf 74.5 %. Die Genesungs- und Reinfektionsrate wurden beide als uniforme Verteilung mit einer Variation von +/- 10 % um den berechneten Wert im Modell verwendet.

8.2.2 Parameter zur Simulation der Übertragung zwischen Regionen (θ , τ und δ)

Schaftransporte θ

Die Anzahl an Betrieben, welche Schaftransporte zwischen den Regionen durchführen, wurde anhand der durch den Fragebogen erhobenen Daten ermittelt. Diese wurden für alle Regionen-Paarungen berechnet. Der Parameter θ integriert diese Tierbewegungen wie folgt ins Modell:

$$\theta_{j,i} = \frac{I_j}{nSh_j} * MSh_{j,i} * ProbMove * \frac{S_i}{nSh_i} \quad (24)$$

Dabei ist $\frac{I_j}{nSh_j} * MSh_{j,i}$ die Wahrscheinlichkeit, dass Tiere von einem infizierten Betrieb verstellt werden, $ProbMove$ ist die Wahrscheinlichkeit, dass davon mindestens ein Tier infiziert ist, und $\frac{S_i}{nSh_i}$ die Anzahl empfänglicher Betriebe in Region i .

Hierbei wurde die Annahme getroffen, dass die professionellen Betriebe, welche im Fragebogendatensatz integriert sind, den Grossteil der Schaftransporte verursachen und die Verstellung von Tieren durch Hobbyhalter vernachlässigbar klein sind. Zunächst wurde anhand der im Fragebogen angegebenen Betriebs-Postleitzahl die Regionen jener Betriebe bestimmt, welche angegeben hatten, Tiere ge- oder verkauft zu haben. Diese Betriebe gaben jeweils bis zu zwei Kantone an, zu welchen sie Tiere verstellt hatten, falls diese Tierbewegung nicht innerhalb des Wohnkantons durchgeführt wurden. Zu, bzw. von jedem dieser Kantone wurde dann eine Tierbewegung als Verstellen einer Herde gezählt, unabhängig von der Anzahl verstellter Schafe. Da die Herkunfts- und Zielorte der Transporte im Fragebogen auf Kantonsbasis angegeben wurde, die Einteilung der Regionen aber nur bedingt mit den Kantonsgrenzen übereinstimmen, war eine zusätzliche Annahme nötig. Diese bestand darin, dass die verstellten Herden gleichmässig verteilt über den Sende- bzw. Empfängerkanton verteilt sind, wobei die Anzahl der Regionen, in welchen sich der Kanton befindet, berücksichtigt wurden. Wenn also ein Betrieb A Schafe in den Kanton B verstellt hat und sich dieser zu 1/3 in der Region 1 und zu 2/3 in der Region 2 befindet, erhielt Region 1 mit einer Chance von 1/3 und Region 2 mit einer Chance von 2/3 diese Herde. Unter der Annahme, dass alle Transporte korrekt angegeben wurden, hätte die Berechnung von nur einem, der An- oder Verkäufe, gereicht. Da dies schätzungsweise aber nicht immer der Fall ist und zudem An- und Verkäufe zu Hobbyhaltern keine Gegenangabe im Fragebogen enthalten, wurde die so ermittelte summierte Zahl von Schaftransporten halbiert, damit die Unsicherheit der Transportwerte auf die Angaben von An- und Verkäufen verteilt wird. Zum Schluss wurde diese Zahl mit der Rücklaufquote des Fragebogens multipliziert, um die Zahl der Transporte auf die Gesamtzahl der Schafhalter in der Schweiz zu extrapolieren.

Sömmerung τ

Des Weiteren wurden aus dem Fragebogen die Daten zur Sömmerung berechnet. Der Parameter τ , der ins Modell einfließt, integriert die Anzahl Herden, welche den Sommer auf einer anderen als der Heimweide verbringen. Auf diesen Weiden können sich auch Herden aus anderen Betrieben befinden. Am Ende der Saison werden die Herden wieder zurück zu ihrem Herkunftsbetrieb gebracht. Im Modell werden sowohl die Anzahl Herden, die Dichte der Herden (d_{1km^2}) und das Klima auf den Sömmerungsweiden ($Cl_{Sömmerung}$) im Übertragungsparameter der Sömmerungsweiden berücksichtigt. Da nicht alle Sömmerungsflächen, welche durch die Fragebogendaten ermittelt wurden, in der AGIS Datenbank erfasst sind, wurde eine gemittelte Herdendichte auf den Sömmerungsweiden über alle in AGIS erfassten Flächen als Input für das Modell verwendet. Sömmerungsweiden befinden sich zu 95 % auf einer Höhe von 1000m.ü.M. und höher (SRF, 2013). Daher ist das Klima dort meist verschieden von dem der Heimweiden. Ein auf das veränderte Klima angepasster Klimafaktor – und in Folge dessen auch der Übertragungsparameterwert auf den Sömmerungsweiden, $\beta_{Sömmerung}$ – wurde daher analog zu Gleichung 7 und 8 berechnet. Allerdings wurden hierzu nur die Stationen berücksichtigt, welche auf >1000m liegen.

$$\begin{aligned}\beta_{Sömmerung} &\sim Pert(\beta_{Min} = \beta_{Min,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_{1km^2}}{d_{Rog}} * \frac{Cl_{Sömmerung}}{Cl_{Rog}}}, \\ &\beta_{Mod} = \beta_{Mod,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_{1km^2}}{d_{Rog}} * \frac{Cl_{Sömmerung}}{Cl_{Rog}}}, \\ &\beta_{Max} = \beta_{Max,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_{1km^2}}{d_{Rog}} * \frac{Cl_{Sömmerung}}{Cl_{Rog}}})\end{aligned}\quad (25)$$

$$\tau_{j,i} = \beta_{Sömmerung} * \frac{I_j}{nSh_j} * n_{Sömmerung,j} * \frac{n_{Sömmerung,i}}{(n_{Sömmerung,j} + n_{Sömmerung,i})} * \frac{S_i}{nSh_i}\quad (26)$$

Hierbei ist $\frac{I_j}{nSh_j}$ der Prozentsatz infizierter Herden in Region j und $n_{Sömmerung,i}$ die Anzahl neu infizierter Herden aus Region i , welche durch das gemeinsame Weiden mit bereits infizierter Herden ($n_{Sömmerung,j}$) aus Region j infiziert werden. Der Term $\frac{S_i}{nSh_i}$ ist der Prozentsatz empfänglicher Herden in Region i , d_{Rog} die Herdendichte und Cl_{Rog} der Klimafaktor von Rogaland.

Schafausstellungen δ

Für die Erfassung der interkantonalen Schafausstellungen wurde eine Liste aller Ausstellungen im Jahr 2014 in der Schweiz und deren Aussteller vom Schweizerischen Schafzuchtverband SZV zur Verfügung gestellt. Der Parameter δ , der hierzu ins Modell hineinfließt, setzt sich zusammen aus der Dichte der Herden bei einer Ausstellung, der Anzahl Herden welche pro Region ausgestellt werden und dem

Übertragungsparameter innerhalb einer Ausstellung. Im letzten Jahr fanden 16 solcher interregionalen Schaf-Ausstellungen statt, je acht im Frühjahr und Herbst. Da die Ausstellungen im Modell analog zur Sömmerung implementiert wurden, war auch hier zunächst die Ermittlung der Region, in welcher sich die Ausstellung befand, nötig. Anschliessend wurde pro Ausstellung die Herkunftsregion der Aussteller ermittelt. Zur Bestimmung der Anzahl Herden auf einer Ausstellung pro Herkunftsregion wurde angenommen, dass jeder Aussteller einer Herde entspricht, unabhängig von der Anzahl Tiere, die dieser ausgestellt hat.

Die Dichte der Herden auf den Ausstellungen pro km² wurde basierend auf der Schweizer Tierschutzverordnung berechnet. Diese sieht bei Boxenhaltung eine Mindestfläche von 2m² pro Tier vor, welche aber bei kurzzeitiger Haltung (z.B. bei Ausstellungen) unterschritten werden darf. Daher wurde geschätzt, dass bei Ausstellungen die Schafdichte 1 Tier pro m² beträgt. Im Durchschnitt (über alle Ausstellungen) präsentierte jeder Aussteller acht Tiere, was 1 Herde/8m² entspricht. Daraus ergibt sich eine Tierdichte (d_{1km^2}) von 125'000 Herden/km².

Da die Ausstellungen analog zur Alpung modelliert wurden, musste auch hierfür ein Klimafaktor (Cl_{Expo}) bestimmt werden. Hierzu wurden die Klimastationen bestimmt, welche sich in der Ausstellungsregion unter 1750m ü.M. befinden. Anschliessend wurde der Klimawert in der gleichen Weise wie bei den Regionen berechnet, mit dem Unterschied, dass nur die Temperatur- und Niederschlagswerte im Ausstellungsmonat berücksichtigt wurden.

$$\beta_{Expo} \sim Pert(\beta_{Min} = \beta_{Min,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_{1km^2}}{d_{Rog}}} * \frac{Cl_{Expo}}{Cl_{Rog}},$$

$$\beta_{Mod} = \beta_{Mod,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_{1km^2}}{d_{Rog}}} * \frac{Cl_{Expo}}{Cl_{Rog}},$$

$$\beta_{Max} = \beta_{Max,Rog} * \sqrt[2.3]{\frac{d_{1km^2}}{d_{Rog}}} * \frac{Cl_{Expo}}{Cl_{Rog}}) \quad (27)$$

$$\delta_{j,i} = \beta_{Expo} * \frac{I_j}{nSh_j} * n_{Expo,j} * \frac{n_{Expo,i}}{(n_{Expo,j} + n_{Expo,i})} * \frac{S_i}{nSh_i} \quad (28)$$

Die Gleichungen 27 und 28 sind analog zu den Gleichungen 13 und 14 zu verstehen.

8.3 Anpassung des Modelles an die Situation in der Schweiz

Zuerst wurde das Modell an die Situation in der Schweiz angepasst. Dabei wird angenommen, dass zurzeit eine endemisch-stabile Situation der Moderhinke in der Schweiz herrscht, deren Prävalenz also pro Region als konstant angenommen wird. Diese regionalen Prävalenzen wurden aus dem Maximum Entropie Modell gezogen

(Kapitel 6) und schweizweit für die beiden Situationen BASE und HIGH auf 29.8 % und 40.2 % berechnet („schweizweite Sollprävalenz“) (Kapitel 6).

Die Parameter β , σ , θ , τ und δ wurden mit jenen Werten ins Modell eingefügt, wie sie oben beschrieben berechnet wurden. Für die Regionen, welche in den Kanton GR oder GL liegen, wurde eine andere Genesungsrate verwendet als für die anderen Regionen. Dies aus dem Grund, dass in diesen beiden Kantonen obligatorisch saniert wird. Für die Genesungsrate der Regionen in GR und GL wurde daher jener Wert als Mittelwert verwendet, der mittels Fragebogen-Datensatz aller sanierten Betriebe eruiert wurde (45.6 %) und für alle anderen Regionen jener der nicht-sanierten Betriebe (22.3 %).

Der Wert der Reinfektionsrate γ wurde so angepasst, dass die schweizweite Prävalenz des Modelloutputs der schweizweiten Sollprävalenz der jeweiligen Situationen (BASE und HIGH) am nächsten kommt. Analog zur Genesungsrate σ wurde für die Regionen in den Kantonen GR und GL ein anderer Wert verwendet als für die restlichen Regionen. Der GR/GL Wert war um 24.9 % kleiner als jener der anderen Regionen, basierend auf der Relation der mittels Fragebogendatensatz ermittelten Werte der Reinfektionsrate für sanierte (43.6 %) und nicht-sanierte Betriebe (74.5 %). Es wurde festgestellt, dass das Modell sich über eine gewisse Zeit „einpendelt“ bis die stabile schweizweite Sollprävalenz erreicht war. Diese Zeitspanne wurde auf 45 Jahre festgelegt. Das Jahr 45 im Modell entspricht also in Echtzeit dem Jahr der Datenerhebung, also dem Jahr 2014. Der Parameterwert von γ , mit welchem die Modellprävalenz im stabilen Zustand der Sollprävalenz am nächsten kam, wurde für die Regionen ausserhalb GR und GL auf 35 % für die BASE und 49 % für die HIGH Situation festgelegt, für die Regionen innerhalb GR oder GL auf 26.3 % (BASE) respektive 36.8 % (HIGH).

Wie oben beschrieben, wurden die regionalen Unterschiede der Prävalenz zum Startzeitpunkt der Simulation berücksichtigt. Im Verlauf der Jahre (Laufzeit des Modelles = 100 Jahre) änderten sich diese regionalen Prävalenzen und wichen so teilweise im Jahr 45 des Modelles von den regionalen Sollprävalenzen ab. Um diese Abweichung auszugleichen, wurde ein Faktor p pro Region i berechnet, welcher die Relation zwischen der regionalen Sollprävalenz und den Simulationsoutputs $prev_{t=45,i}$ pro Region i im Jahr 45 darstellt:

$$prev_{t=45,i} * p_i = Sollprävalenz_{t=2014,i} \quad (29)$$

p_i wurde für beide Situationen BASE und HIGH separat berechnet.

8.4 Szenarienbeschreibung

Die Szenarien, wie im Kapitel 7 beschrieben, wurden im Ausbreitungsmodell implementiert. Pro Szenario wurden 1000 Simulation über 100 Jahre durchgeführt, woraus die Mittelwerte (Mean und Median) und das 95 % Konfidenzintervall über die

1000 Simulationen berechnet wurden. Die Input-Werte der Parameter Genesungs- und Reinfektionsrate sind in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Genesungs- und Reinfektionsraten pro Szenario

| Szenario | | Parameterwerte (Genesungs- und Reinfektionsrate) | |
|-----------------|---|---|--|
| A | Laisser faire (LF): flächendeckende Sanierung in GR und GL mit Tupferprobe, keine obligatorische Sanierung in den anderen Kantonen | Alle Regionen ausser jene in GR und GL Genesungsrate: Uniform (20.0 % - 24.5 %; Mean 22.3 %) Re-Infektionsrate: Uniform (31.5 % - 38.5 %, Mean 35 %) (BASE); Uniform (44.1 % - 53.9 %, Mean 49 %) (HIGH) | Regionen in GR und GL Genesungsrate: Uniform (41.1 % - 50.2 %; Mean 45.6 %) Reinfektionsrate: Uniform (8.6 % - 10.5 %; Mean 9.5 %) |
| B | Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema | Genesungsrate: Uniform (41.1 % - 50.2 %; Mean 45.6 %) Re-Infektionsrate: Uniform (23.7 % - 28.9 %; Mean 26.3 %)(BASE); Uniform (33.1 % - 40.5 %; Mean 36.8 %) (HIGH) | |

| | | |
|---|--|---|
| C | Schweizweite Bekämpfung nach BGK-Schema mit Tupferproben | Genesungsrate: Uniform (41.1 % - 50.2 %; Mean 45.6 %) Re-Infektion: Uniform (8.6 % - 10.5 %; Mean 9.5 %) |
| D | Keine Sanierung: obligatorische Massnahmen in GR und GL werden dieser aufgehoben | Genesungsrate: Uniform (20.0 % - 24.5 %; Mean 22.3 %) Re-Infektionsrate: Uniform (40.4 % - 49.47 %; Mean 44.9 %) (BASE); Uniform (56.6 % - 69.1 %; Mean 62.8 %) (HIGH) |

8.4.1 Szenarien A, B, C und D

Analog zu der Beschreibung im Kapitel 7 werden die Parameterwerte für diese Szenarien angepasst. Die Änderung der Parameterwerte von jenen unter Kapitel 8.3 beschriebenen zu jenen des entsprechenden Szenarios A, B, C oder D wurden ab dem Jahr 45 im Modell implementiert, d.h. in Realität ab dem Jahr 2014.

Szenario A verwendet unterschiedliche Genesungs- und Infektionsraten für die zwei Grossregionen GR/GL und den Rest der Schweiz. Für diese Szenario wurde für σ die Genesungsrate von sanierten Betrieben (45.6 %; Wert aus Fragebogen, s. Kapitel 5) für GR/GL-Regionen verwendet. Für alle anderen Regionen wurde der Wert für nicht sanierte Betriebe (22.3 %) implementiert. Da in diesem Szenario angenommen wird, dass in GR/GL-Regionen alle infizierten Betriebe mittels Tupferprobe erkannt werden, werden auch nur voll gesendete Betriebe in das R-Kompartiment gelangen. Daher wurde angenommen, dass die Reinfektionsrate jener aus dem Fragebogen berechneten jährlichen Neuinfektion von gesunden Betrieben gleich kommt (s. Kapitel 5). Für alle anderen Regionen gelten für die Reinfektionsrate die Werte aus der Anpassung des Modelles an die Situation in der Schweiz (Kap. 8.3).

Für das Szenario B wurde für σ dieselbe Genesungsrate wie bei Szenario A für GR/GL-Regionen verwendet. In diesem Szenario beträgt die Reinfektionsrate 26.3 % für die Base und 36.8 % für die High Situation (Berechnung s. Kap. 8.3).

Szenario C verwendete ebenfalls die dem Fragebogen entstammende Genesungsrate für sanierte Betriebe. Für die Reinfektionsrate wurden die Werte angenommen, welche der Reinfektionsrate von den Regionen GR/GL im Szenario A entsprechen.

Die Genesungsrate für das Szenario D entstammt dem Fragebogen und entspricht der Genesungsrate von nicht-sanierten Betrieben. Für die Berechnung der Reinfektionsrate wurde angenommen, dass das Verhältnis der in der Anpassung des Modelles an die Situation in der Schweiz eruierten Rate γ_A (35 % für die BASE und die 49 % für HIGH Situation) zur aus den Fragebogendaten berechneten schweizweiten Reinfektionsrate $\gamma_{\text{gesamt(FB)}}$ (58 %) auch für Szenario D Gültigkeit hat. So wurde γ_D berechnet aus

$$\gamma_D = \frac{\gamma_A}{\gamma_{gesamt(FB)}} * \gamma_{Betriebe\ nicht\ saniert(FB)} \quad (30)$$

wobei $\gamma_{Betriebe\ nicht\ saniert(FB)}$ jener aus den Fragebogendaten berechneten Reinfektionsrate der nicht-sanierten Betriebe entspricht (74.5 % für beide Situationen BASE und HIGH).

Bei allen Szenarien wurden die Prävalenzen (Modelloutput) pro Region i pro Jahr t mittels des Faktors p_i korrigiert. Für jedes Szenario gilt dann also die finale regionale Prävalenz im Jahr t :

$$prev_true_{t,ij} = prev_modelOutput_{t,ij} * xp_{ij} \quad (31)$$

8.5 Resultate

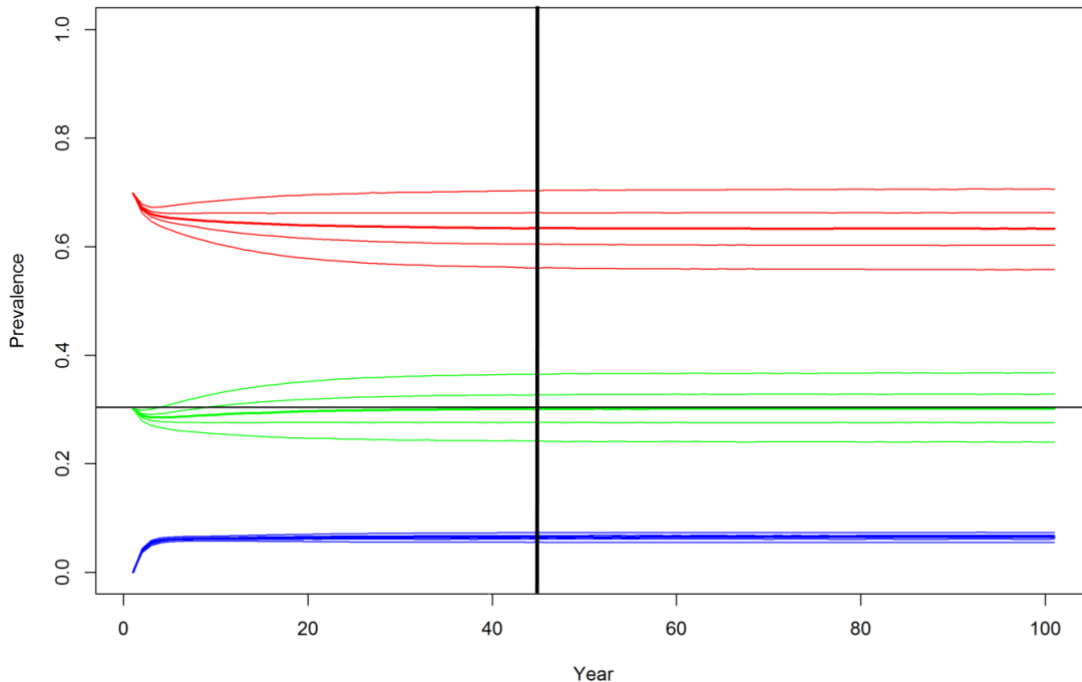
8.5.1 Anpassung des Modelles an die Schweizer Verhältnisse

Resultate für die BASE Situation

Für die BASE Situation startet das Modell mit einer schweizweiten Prävalenz von 30.11 % (Sollprävalenz). Diese kam einer Prävalenz von 29.81 % (Resultat vom Maximum Entropie Modell) am Nächsten unter der Berücksichtigung von ganzen Herden (Rundungseffekt).

In den ersten Simulationsjahren zeigte das Modell noch eine leichte Variation der Prävalenz, was darauf zurückzuführen ist, dass zu Beginn der Simulation das R-Kompartiment leer ist und somit keine, bzw. weniger Betriebe vom R- zum I-Kompartiment fließen. Daraus folgt, dass zu Beginn die Prävalenzen leicht sinken und dann langsam wieder bis zur Sollprävalenz ansteigen. Danach erreichte das Modell einen endemisch stabilen Zustand. Dieser Zustand wird durch eine konstante schweizweite Prävalenz von 30.11 % definiert (Tabelle 29). Die Simulation kommt im Jahr 45 nach deren Start dieser Sollprävalenz am Nächsten und bleibt in Folge über die Jahre konstant (Variation von 30.08-30.18 %). Deswegen wird das Jahr 45 der Simulation als das Jahr 2014 (Sollprävalenz von 30.11 %) definiert (Abbildung 47).

Abbildung 47: Relative Frequenzen der drei Kompartimente während der Anpassung des Modells an die Schweizer Verhältnisse (BASE). Blau = Gesund und Empfänglich (S), Grün = Infiziert (I), Rot = Genesen (R). Die dicke schwarze Linie stellt das Jahr 45 dar, die dünne schwarze Linie den Schnittpunkt der Senkrechten und dem Median des I-Kompartiments.



Der Median des R-Kompartiments verhält sich entgegengesetzt zum Median des I-Kompartiments. Der Wert steigt in den ersten rund 20 Jahren an und pendelt sich dann um die 6.4 % ein.

Resultate für die HIGH Situation

Für die HIGH Situation startet das Modell mit einer schweizweiten Prävalenz von 40.53 %, welche sich aufgrund des Rundungseffektes auf ganze Betriebe von der durch das Maximum Entropie Model berechneten Prävalenz (40.24 %) leicht unterscheidet. Auch bei diesem Szenario variierten die Prävalenzen zu Beginn der Simulationen leichtgradig und pendeln sich im 45. Simulationsjahr stabil um die Sollprävalenz ein (Tabelle 29, Abbildung 48).

Das R-Kompartiment verhält sich gleich wie in der BASE Situation, nur dass der Anstieg in den ersten rund 20 Jahren auf circa 8.7 % leichtgradig höher ausfällt.

Abbildung 48: Relative Frequenzen der drei Kompartimente während der Anpassung des Modells an die Schweizer Verhältnisse (HIGH). Blau = Gesund und Empfänglich (S), Grün = Infiziert (I), Rot = Genesen (R). Die dicke schwarze

Linie stellt das Jahr 45 dar, die dünne schwarze Linie den Schnittpunkt der Senkrechten und dem Median des I-Kompartiments.

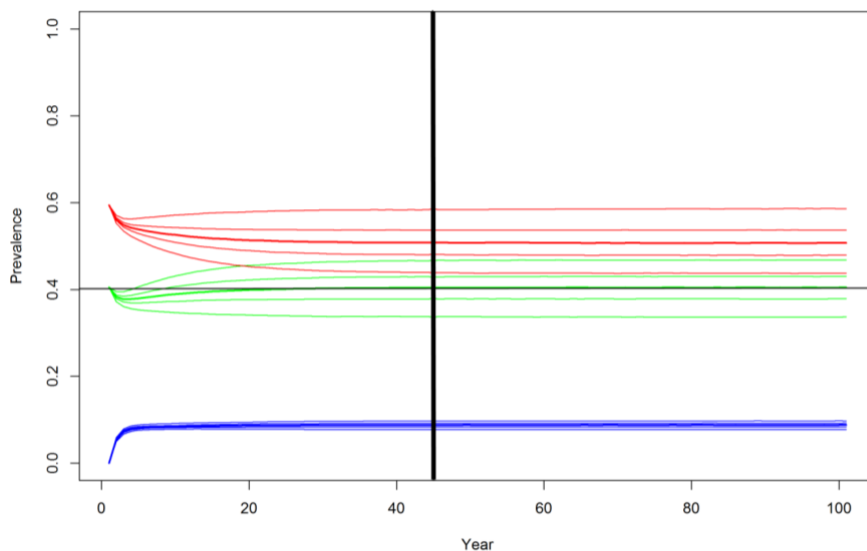
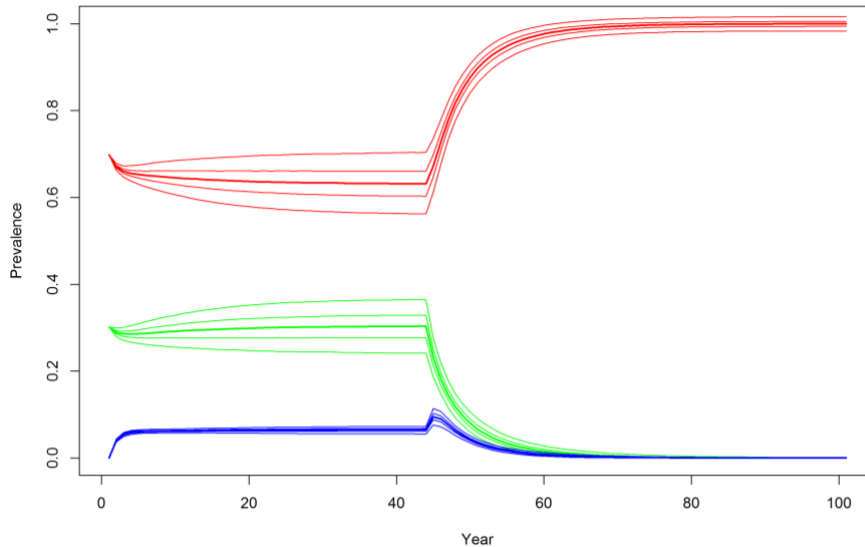


Tabelle 29: Moderhinke Prävalenz in % während der Anpassung des Modells an die Schweizer Verhältnisse vom Simulationsstart bis zum Modell-Jahr 45, welches als Jahr 2014 festgelegt wurde. Gemittelte Werte über 1000 Simulationen.

| | Jahr 2 | | Jahr 5 | | Jahr 10 | | Jahr 15 | | Jahr 45 | |
|------------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | BASE | HIGH | BASE | HIGH | BASE | HIGH | BASE | HIGH | BASE | HIGH |
| Median | 28.88 | 38.33 | 28.57 | 37.97 | 29.04 | 38.95 | 29.42 | 39.56 | 30.09 | 40.38 |
| Mean | 28.90 | 38.33 | 28.59 | 37.97 | 29.12 | 38.95 | 29.52 | 39.55 | 30.19 | 40.35 |
| 2.5 %tile | 27.92 | 37.19 | 26.37 | 35.33 | 25.54 | 34.7 | 25.03 | 34.31 | 24.19 | 33.73 |
| 97.5 %tile | 29.89 | 39.51 | 30.89 | 40.59 | 32.94 | 43.09 | 34.34 | 44.65 | 36.53 | 46.67 |

Für die Szenarien A-D wurden die Parameterwerte jeweils nach 45 Jahren Simulationszeit angepasst, was in Echtzeit das Jahr 2014 darstellt (Abbildung 49). Für die weitere Auswertung wurden die Jahre in die Zukunft, nach Veränderung der Parameterwerte auf die des jeweiligen Szenarios, verwendet.

Abbildung 49: Änderung der Parameterwerte ab Jahr 45 am Beispiel des Szenario C, BASE Situation. Dicke Linien: Median, dünne Linien: 2.5 %, 25 %, 75 % und 97.5 %; Blau = R-Kompartiment, Grün = I-Kompartiment, Rot = S-Kompartiment.



8.5.2 Szenario A

Bei Szenario A wird das BGK-Bekämpfungsprogramm mit Tupferprobe obligatorisch nur in den Kantonen GR und GL (Regionen 23 – 27) durchgeführt.

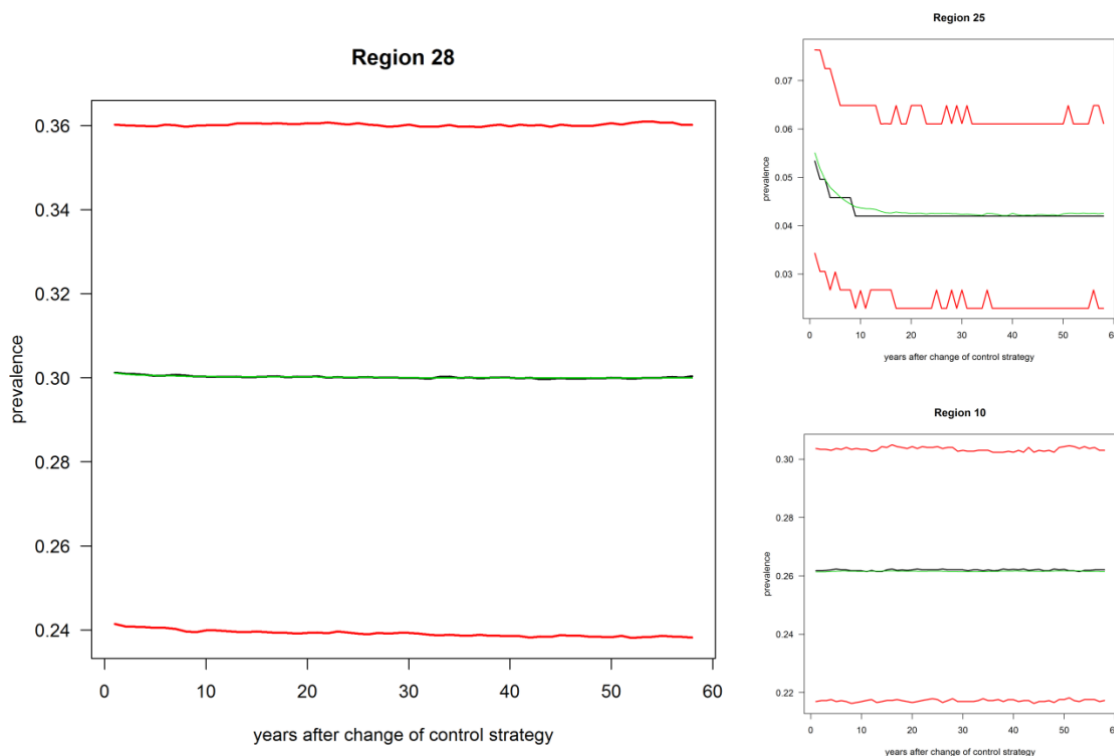
Hier zeigt der schweizweite Median der Prävalenzen in der BASE Situation kaum eine Änderung (Tabelle 30, Abbildung 50). Zwei Jahre nach der Einführung der neuen Parameterwerte liegt er immer noch bei 30.09 % (Mean 30.07 %, CI 24.07 % - 36.00 %). Auch im Laufe der Simulation ist nur ein minimaler Abfall des Median der schweizweiten Prävalenzen zu verzeichnen. Bereits im 8. Simulationsjahr pendelt sich der Wert um 30.02 % ein und bleibt dort stabil bis zum Ende der Simulation (Jahr 57).

Die Auswirkung der obligatorischen Tupferprobe lässt sich nur bei Betrachtung der Grossregion GR/GL erkennen. Der Median der Prävalenzen beträgt im Jahr 45 für die Regionen 23 – 27 im Schnitt 12.94 %, für die anderen Regionen im Schnitt 30.15 %. In den GR/GL-Regionen fällt der Median der Prävalenzen in den folgenden 20 Jahren und bleibt ab dem 21. Jahr stabil bei 10.3 %, wohingegen sich im selben Zeitraum dieser Wert bei den restlichen Regionen mit 30.11 % quasi nicht verändert.

Für das R-Kompartiment gilt in der BASE Situation dasselbe wie für das I-Kompartiment. Zu Beginn der Simulationszeit liegt der Median der Prävalenzen bei 6.45 % und pendelt sich bereits ab dem 13. Simulationsjahr auf 6.38 – 6.39 % ein.

Abbildung 50: Verlauf der Prävalenzen für Szenario A, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und

Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.



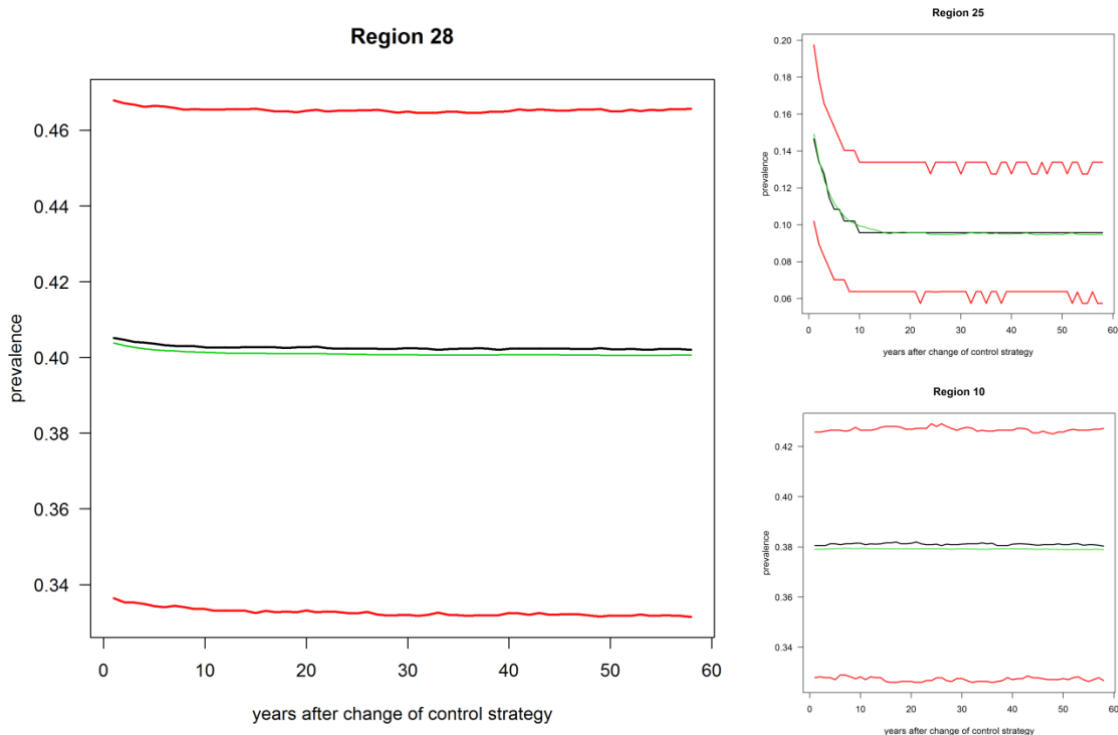
Auch in der HIGH Situation veränderte sich der Median der schweizweiten Prävalenz kaum (Tabelle 30, Abbildung 51). Nach zwei Jahren sank der Wert nur um 0.11 %: von 40.52 % im Jahr vor Einführung der Massnahmen auf 40.41 % (Mean 40.27 %, CI 33.53 % - 46.67 %). Im 22. Simulationsjahr pendelt sich der Median dann bis zum Jahr 57 zwischen 40.21 % und 40.24 % ein.

Wie in der BASE Situation wird der Effekt der Betupferung nur bei Betrachtung der Regionen sichtbar. Die GR/GL-Regionen wiesen im Schnitt zu Beginn der Simulation eine mediane Prävalenz von 25.52 % auf. Bis zum 18. Simulationsjahr fiel dieser Wert dann auf 18 % und pendelt sich im folgenden Verlauf der Simulation zwischen 17.6 % und 18.28 % ein. Die Regionen, die den Rest der Schweiz umfassen, starteten mit einem Durchschnitt des Median von 40.32 %. Dieser Wert blieb im Laufe der Simulationen konstant, variierte er doch zwischen 40.22 % und 40.39 %.

Beim R-Kompartiment zeigte sich ebenfalls kaum eine Auswirkung der neuen Parameterwerte auf den Median der schweizweiten Prävalenz. Zu Beginn der Simulation lag er bei rund 8.7 % und fiel dann um lediglich 0.1 % auf rund 8.6 % zum Ende der Simulation.

Abbildung 51: Verlauf der Prävalenzen für Szenario A, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und

Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.



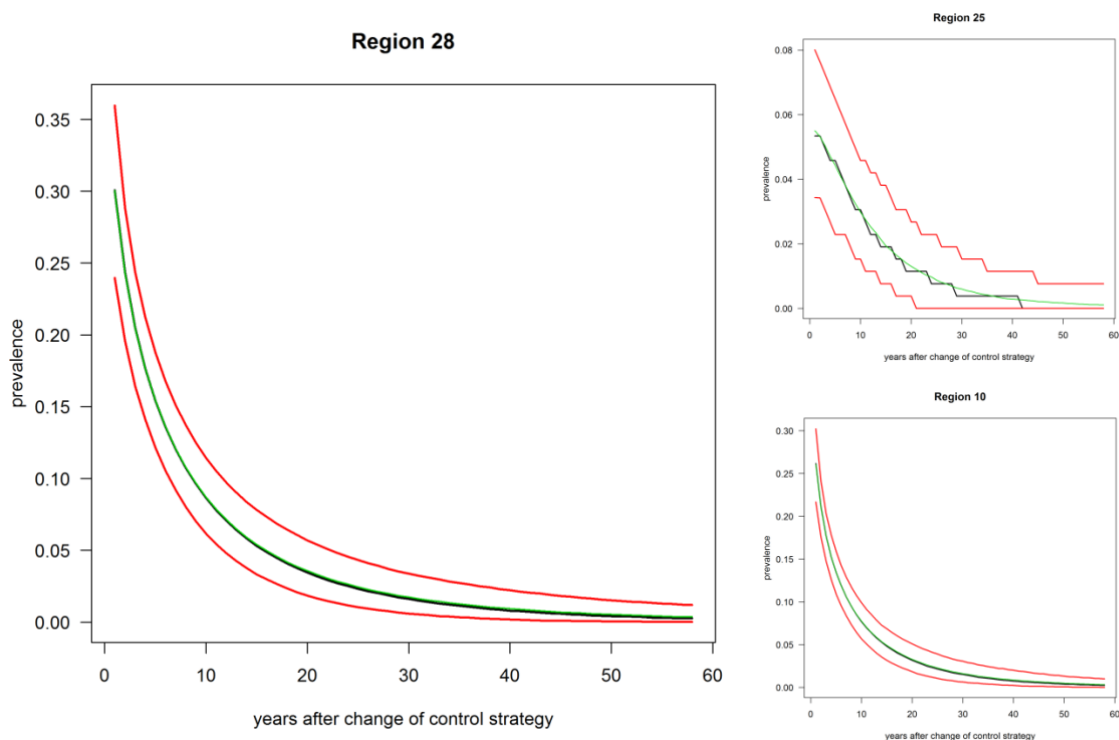
8.5.3 Szenario B

Szenario B stellt eine schweizweite Bekämpfung nach BGK-Programm ohne Tupferprobe dar. In der BASE Situation dieses Szenarios sank bereits 2 Jahre nach Einführung der Parameter für die Bekämpfungsmassnahmen der Median der schweizweiten Prävalenz um rund 10 % (Tabelle 30, Abbildung 52). Lag der Wert zum Zeitpunkt der Änderung der Parameter noch bei 30.36 %, so sank er innert der ersten Simulationsjahre auf 20.46 % (Mean 20.44 %, CI 16.40 % - 24.33 %). Im weiteren Verlauf der Simulationen verlangsamte sich dieser Rückgang etwas, blieb aber weiterhin deutlich. Im 8. Simulationsjahr unterschritten der Median der schweizweiten Prävalenzen die 10 % Marke (Median 9.63 %, Mean 9.67 %, CI 7.02 % - 12.49 %). Im 36. Simulationsjahr fielen die Werte dann auf unter 1 % (Median 0.98 %, Mean 1.11 %, CI 0.27 % - 2.5 %) und erreichen zum Ende der Simulationszeit (Jahr 57) 0.25 % (Mean 0.36 %, CI 0.01 % - 1.19 %). Betrachtet man die Mediane der zwei Grossregionen GR/GL (Region 23-27) und den Rest der Schweiz so sind nur geringfügige Unterschiede zu verzeichnen. In den GR/GL Regionen fällt der Median nach durchschnittlich 7 Jahren unter die 10 %-Marke. Dabei sind vor allem die hohen Prävalenzen in den Regionen 26 und 27 zu Beginn der Simulation für diesen Wert verantwortlich, starten die Regionen 23 bis 25 doch bereits mit Prävalenzen unter 10 %. Bei den restlichen Regionen dauert die Unterschreitung der 10 % nur ein halbes

Jahr länger. Hingegen erreicht der Median aller Regionen, die GR und GL umfassen, bereits vor Ende der Simulation eine Prävalenz von 0 %. Dies ist bei Region 24 am Frühesten (Jahr 36) und bei Region 23 am Spätesten (Jahr 54) der Fall. Bei den anderen Regionen (Rest der Schweiz) erreicht der Median von nur sechs Regionen eine Prävalenz von 0 % (Regionen 2, 3, 4, 13, 14, 19). Am Frühesten erreicht Region 14 (Jahr 18) und am Spätesten Region 13 (Jahr 46) diesen Wert.

In der BASE Situation des Szenario B verhielt sich das R-Kompartiment analog zum I-Kompartiment. Lag der Median dieses Kompartiments zu Beginn der Simulation noch bei 9.5 %, so sank er nach 20 Jahren auf 1.4 % und erreichte im Jahr 57 einen Wert von 0.1 %.

Abbildung 52: Verlauf der Prävalenzen für Szenario B, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.

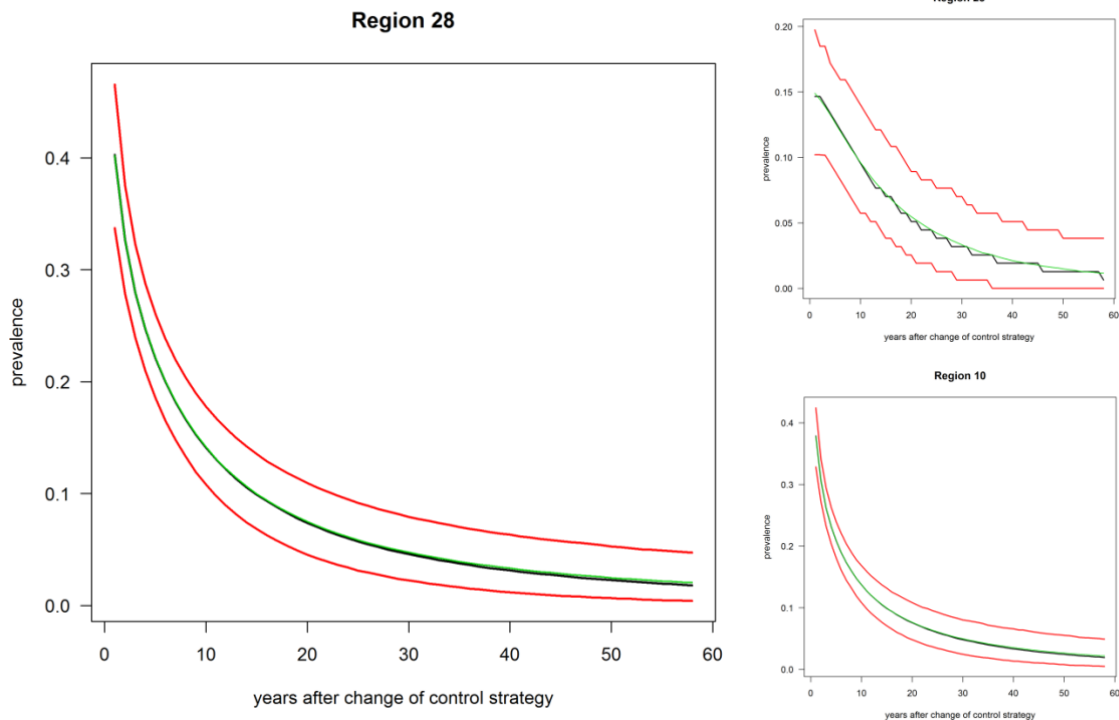


In der HIGH Situation zeichnete sich der gleiche Trend ab, wie in der BASE Situation (Tabelle 4, Abbildung 9). In den ersten zwei Simulationsjahren nach Einführung der neuen Parameter, sank der Median der schweizweiten Prävalenz von 40.42 % auf 27.99 % (Mean 28.02 %, CI 23.97 % - 32.32 %). Die Unterschreitung der 10 %-Marke erfolgte in diesem Szenario jedoch etwas später. Im 14. Simulationsjahr fielen die Prävalenzen auf 9.91 % (Mean 9.98 %, CI 6.84 % - 11.47 %). Im weiteren Verlauf der Simulation fiel der Median der schweizweiten Prävalenz ständig weiter bis zu einem

Wert von 1.79 % (Mean 2.04 %, CI 0.41 % - 4.73 %) im letzten Simulationsjahr (Jahr 57). In der HIGH Situation zeichnet sich bei der Betrachtung der Grossregionen (GR/GL versus Restschweiz) ein anderes Bild ab als in der BASE Situation. Unterschritt der Median der Prävalenzen in der BASE Situation die 10 %-Marke ungefähr im gleichen Zeitrahmen, so geschah dies in der HIGH Situation in der Grossregion GR/GL wesentlich später als im Rest der Schweiz. In den Regionen die GR und GL beinhalten, erreichte der Median erst nach rund 21 Jahren einen Wert unter 10 % (9 Jahre (Region 25) – 30 Jahre (Region 27)). In allen anderen Regionen wurde dieser Status im Schnitt nach 13.5 Jahren erreicht. Dabei reichte die Anzahl an Jahren von 6 (Region 12) bis 28 (Region 16). Ein weiterer Unterschied zur BASE Situation besteht darin, dass keine der Regionen 23-27 (GR/GL) im Zeitraum der Simulation krankheitsfrei wird. Der Median der Prävalenzen erreichte hingegen in den Regionen 4 und 14 einen Wert von 0 %.

In der HIGH Situation zeichnete sich für das R-Kompartiment das gleiche Bild ab wie in der BASE Situation. Zu Beginn der Simulation lag der Median bei rund 13 %, sank dann auf 3.2 % im Jahr 20 und erreichte einen Wert von 0.8 % zum Ende der Simulation.

Abbildung 53: Verlauf der Prävalenzen für Szenario B, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.



8.5.4 Szenario C

Dieses Szenario simuliert eine schweizweite Bekämpfung nach BGK-Programm mit Tupferprobe am Ende der Sanierung. Der Effekt der Tupferprobe wird hier sichtbar, wenn dieses Szenario mit Szenario B verglichen wird. Da infizierte Betriebe mit viel grösserer Sicherheit identifiziert werden können als ohne Tupferprobe, ist die Reinfektionsrate kleiner und deshalb der Abfall der Prävalenz rascher.

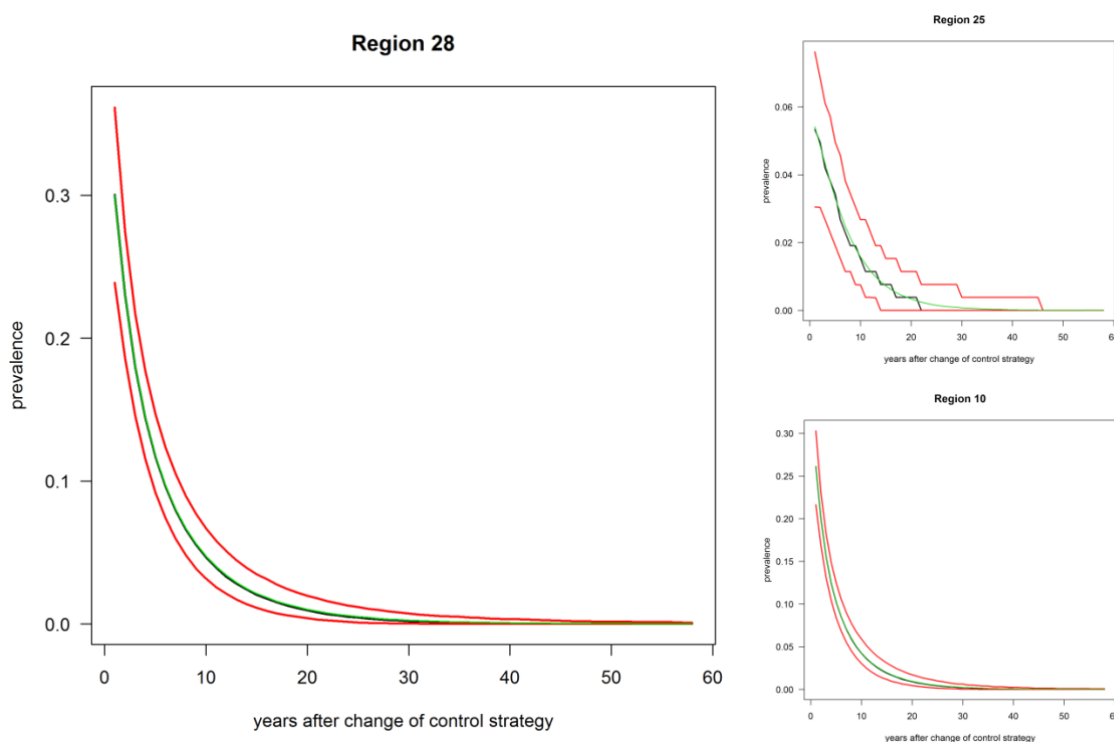
Die Einführung von Bekämpfungsmassnahmen markierte auch in diesem Szenario ein deutlicher Abfall des Median der schweizweiten Prävalenzen bei der BASE Situation. Die Werte fielen von 30.33 % auf 17.99 % (Mean 18.03 %, CI 14.57 - 21.68 %) im zweiten Jahr (Tabelle 30, Abbildung 54). Dieser rasante Abfall setzte sich in den darauffolgenden Simulationsjahren fort, so dass im 5. Jahr die Werte mit 9.61 % unter die 10 %-Linie sanken. Zwischen dem 5. und 19. Jahr der Simulationen fiel der Median der Prävalenzen um weitere 90 % und unterschritten somit die 1 %-Schwelle (0.96 %, Mean 1.02 %, CI 0.39 % - 1.97 %). Eine Ausrottung der Krankheit in der Schweizer Schafpopulation sagte das Modell 50 Jahre nach der Einführung der Bekämpfungsmassnahmen voraus.

In der BASE Situation dieses Szenarios unterschreitet der Median der regionalen Prävalenzen die 10 %-Marke im Schnitt früher als im Szenario B. In den Regionen, die GR/GL umfassen, passiert dies nach etwas mehr als 4 Jahren, in den anderen Regionen nach knapp 5 Jahren. Alle Regionen erreichen in der BASE Situation Krankheitsfreiheit. Dabei lässt sich jedoch ein Unterschied zwischen den GR/GL

Regionen und dem Rest der Schweiz erkennen. In ersteren erreicht der Median der Prävalenzen bereits nach durchschnittlich 23 Jahren die 0 %, in allen anderen Regionen erst nach durchschnittlich 32 Jahren.

Die Resultate des R-Kompartiments sind ähnlich wie jene im Szenario B für die BASE Situation. Jedoch erfolgte der Abfall des Median schneller. Zu Beginn der Simulation lag der Wert bei 9.4 %, fiel bis zum Jahr 20 auf 0.4 % und erreichte im Jahr 47 einen Wert von 0 %.

Abbildung 54: Verlauf der Prävalenzen für Szenario C, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.

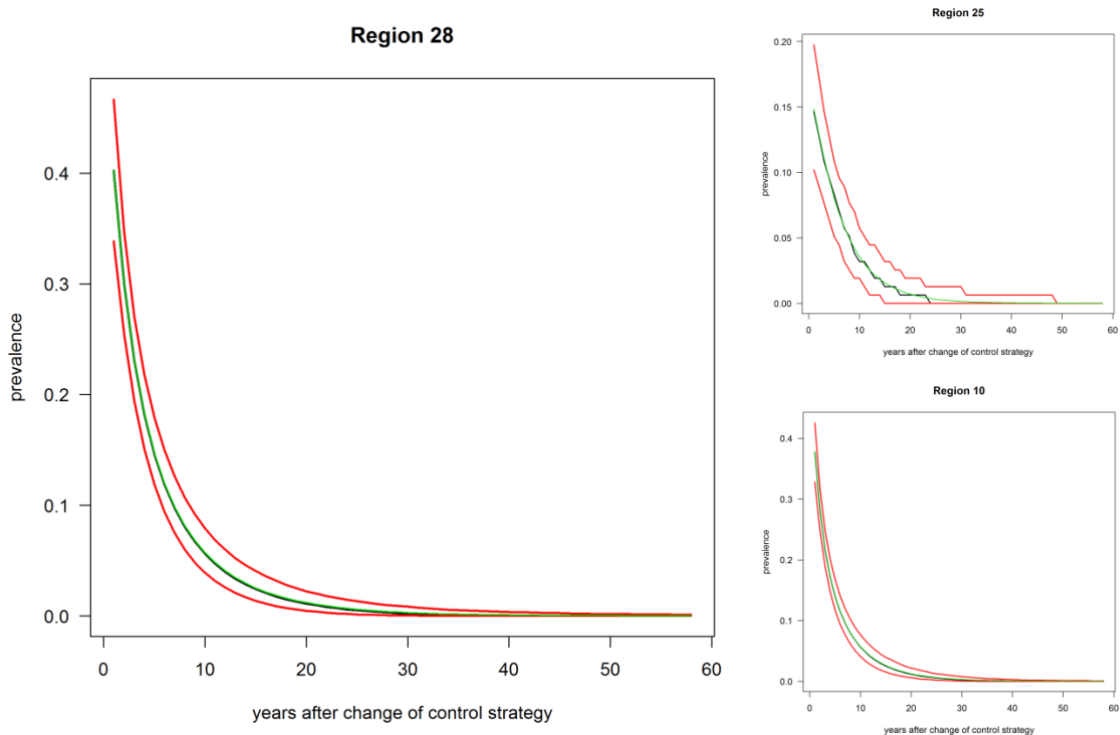


In der HIGH Situation verzeichnete der Median der schweizweiten Prävalenz im Modell einen noch stärkeren Rückgang als bei der BASE Situation: von 40.4 % auf 23.08 % (Mean 23.11 %, CI 19.44 % - 27.08 %) nach 2 Jahren (Tabelle 30, Abbildung 55). In den folgenden vier Jahren fiel der Median der Prävalenzen in den Simulationen weiter rasant ab, so dass sie im 6. Simulationsjahr unter 10 % lagen. Bereits nach 20 Jahren fiel er auf unter 1 % (0.97 %, Mean 1.04 %, CI 0.38 % - 2.02 %). Wie bei der BASE Situation erreichte auch bei der HIGH Situation der Median der Prävalenz im Jahr 50 den Nullpunkt.

Bei diesem Szenario fiel der Median der Prävalenzen in den einzelnen Regionen in der HIGH Situation wesentlich schneller ab als in der HIGH Situation des Szenario B. Betrachtet man die beiden Grossregionen (GR/GL versus Restschweiz), so ist eine Differenz von einem Jahr zwischen dem durchschnittlichen Unterschreiten der 10 %-Grenze zu bemerken. Allerdings unterschreiten bei dieser Situation die GR/GL-Regionen (7 Jahre) im Schnitt ein Jahr später diese Grenze als der Rest der Schweiz (6 Jahre). Beim Erreichen der Krankheitsfreiheit zeichnete sich jedoch ein umgekehrtes Bild ab. GR/GL Regionen erreichten einen medianen Wert der Prävalenzen nach rund, 24 Jahren wohingegen in den restlichen Regionen dies erst rund neun Jahre später, nach circa 33 Jahren, der Fall ist. Somit erreichten alle Regionen deutlich schneller eine Elimination der Krankheit als im Szenario B, wo dies im Zeitraum der Simulation nur in der BASE Situation der Fall war.

Auch in der HIGH Situation fiel der Median des R-Kompartiments steil ab: von anfänglich 12.6 % auf 0.5 % nach 20 Jahren und auf 0 % nach 48 Jahren.

Abbildung 55: Verlauf der Prävalenzen für Szenario C, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean,, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.



8.5.5 Szenario D

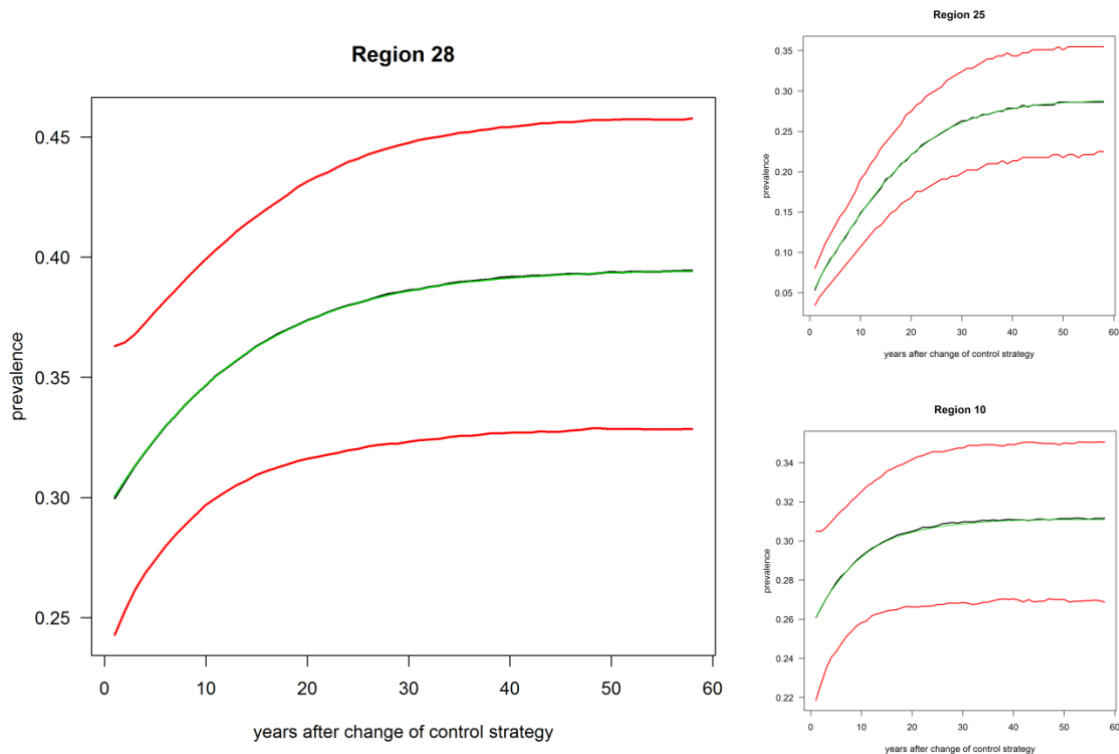
Szenario D ist definiert durch die Aufhebung sämtlicher obligatorischer Bekämpfungsmassnahmen in der Schweiz.

Die Parameter wurden so geändert, dass die Aufhebung sämtlicher obligatorischer Bekämpfungsmassnahmen simuliert werden konnte. So stieg im Modell in der BASE Situation in den ersten zwei Jahren der Median der schweizweiten Prävalenz nur geringfügig auf 31.32 % (Mean 31.35 %, CI 26.17 % - 36.81 %) an (Tabelle 30, Abbildung 56). Im Laufe der Simulationsjahre stiegen diese Werte weiter langsam an und erreichten im 10. Jahr 35.06 % (Mean 35.05 %, CI 29.99 % - 40.31 %). Dieser Trend war auch in den folgenden Simulationsjahren zu verzeichnen. Im letzten Jahr der Simulation (Jahr 57) lag die schweizweite Prävalenz dann bei 39.44 % (Mean 39.41 %, CI 32.85 % - 45.77 %).

Bei der BASE Situation stieg der Median der Prävalenzen in GR und GL mehr als in der restlichen Schweiz, da dort die zurzeit obligatorischen Massnahmen wegfielen. Es hatte aber auch einen Effekt auf die restlichen Kantone durch die interregionalen Übertragungen der Moderhinke. Im Durchschnitt stieg der Median der Prävalenzen in der Grossregion GR/GL um rund 43 % in 20 Jahren (von 17.05 % auf 59.98 %), wohingegen in den anderen Regionen der Median nur um 6.6 % (von 30.58 % auf 37.23 %) stiegen. Zum Ende der Simulation wird dieser Effekt noch deutlicher: im Jahr 57 erreicht die Grossregion GR/GL im Schnitt eine mediane Prävalenz von 76.65 %, der Rest der Schweiz nur 39.41 %.

Beim R-Kompartiment zeichnete sich in der BASE Situation des Szenario D ein ähnliches Bild ab wie beim I-Kompartiment. Der Median stieg von anfänglichen 6.4 % auf rund 8 % nach 20 Jahren und pendelte sich dann ungefähr ab dem 39. Simulationsjahr bei einem Wert von 8.4 % ein.

Abbildung 56: Verlauf der Prävalenzen für Szenario D, BASE Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.



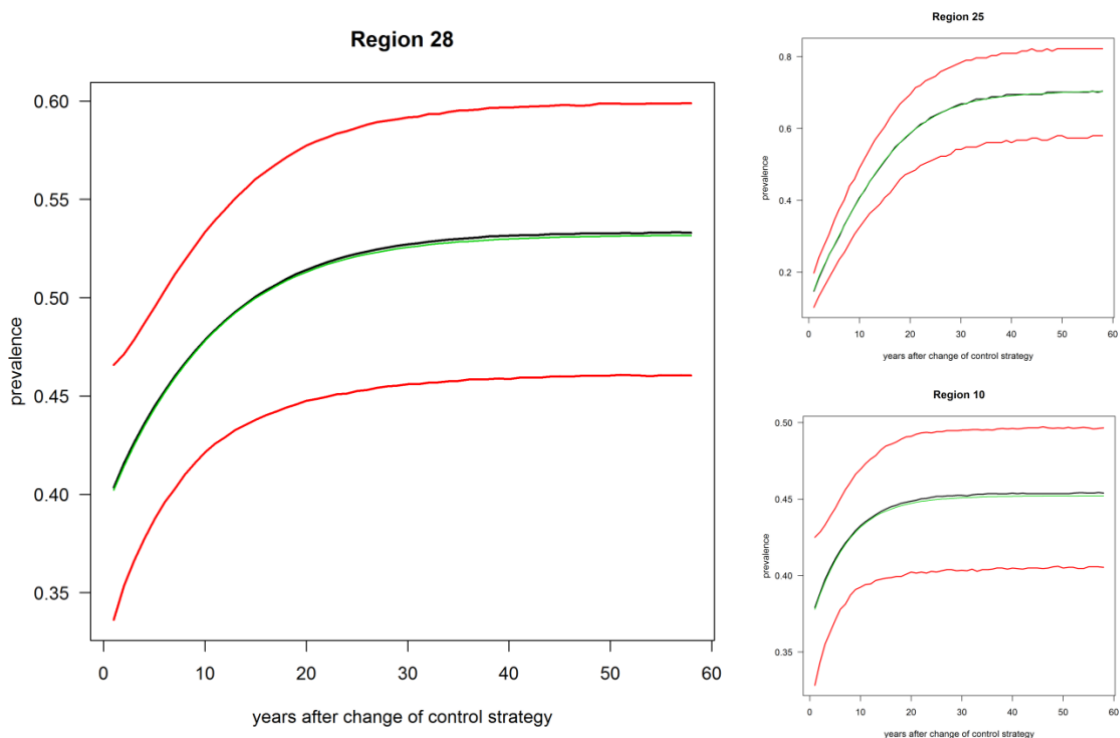
Auch in der HIGH Situation stieg der Median der schweizweiten Prävalenz bereits in den ersten zwei Jahren leichtgradig an. Dieser Anstieg auf 42.65 % (Mean 42.51 % CI 36.65 % - 47.88 %) war sogar noch etwas deutlicher als im BASE Situation (Tabelle 4, Abbildung 13). Auch der Anstieg der Prävalenzen in den folgenden Simulationsjahren fiel deutlicher aus als in der BASE Situation, so dass bereits 15 Jahre nach Einführung der Bekämpfungparameter eine Erhöhung um rund 10 % zu verzeichnen war (Median 50.38 %, Mean 50.30 %, CI 44.03 % - 56.42 %). Dieser Trend setzte sich noch einige Jahre fort, so dass sich die schweizweite Prävalenz zum Ende der Simulation um einen stabilen Wert einpendelt, welcher rund 13 % höher liegt als zu Beginn der Simulation (Median 53.31 %, Mean 53.17 %, CI 46.04 % - 59.89 %).

In der HIGH Situation zeichnet sich dasselbe Bild bei Betrachtung der Grossregionen ab wie in der BASE Situation. Der Trend, dass der Median der Prävalenzen in den GR/GL Regionen schneller ansteigt als in den anderen, war bei der HIGH Situation noch deutlicher. Innerhalb der ersten 20 Jahre stieg der Median bei GL/GR Regionen im Durchschnitt um 74.41 % (von 35.72 % auf 110.14 % (s. unten)) wohingegen bei

den anderen Regionen nur ein Anstieg von 9.82 % zu verzeichnen war (von 41.22 % auf 51.04 %).

Auch in der HIGH Situation war ein Anstieg des Median im R-Kompartiment zu bemerken. Von 8.78 % zu Beginn der Simulation stieg der Wert auf 11.06 % nach 20 Jahren und pendelte sich dann ab dem 34. Jahr bei rund 11.4 % ein.

Abbildung 57: Verlauf der Prävalenzen für Szenario D, HIGH Situation für die ganze Schweiz (links), Region 25 (aus Grossregion GR/GL; rechts oben) und Region 10 (aus Grossregion Restschweiz, rechts unten). Untere rote Linie = CI 2.5 %, schwarze Linie = Median, Grüne Linie = Mean, Obere rote Linie = CI 97.5 % über 1000 Simulationen.



In einigen Regionen bei Szenario D stieg die Prävalenz nach einer gewissen Zeit über 100 % (Region 26 und 27 in der BASE Situation und Region 24, 26 und 27 in der HIGH Situation). Dies wurde durch den Korrekturfaktor der jeweiligen Region verursacht (s. Material und Methoden, Kapitel 8.3) – die Prävalenzwerte des direkten Modelloutputs lagen alle unter 100 %. Diese Tatsache zeigt auf, dass die Methode mit dem Korrekturfaktor eine Approximation ist und dass die Prävalenzschätzungen für die Regionen und Zeitabschnitte mit Werten über 100 % nicht verwertbar sind. Da der Korrekturfaktor auf die gesamtschweizerische Prävalenz jedoch keinen Einfluss hat, ist die Aussagekraft dieses Wertes dadurch nicht beeinträchtigt.

Tabelle 30: Prävalenzen Szenario A, B, C, D in % nach der Einführung (Szenarien B und C) respektive Absetzung (Szenario D) der entsprechenden Massnahmen. Gemittelte Werte über 1000 Simulationen.

| | Nach 2 Jahren | | | | Nach 5 Jahren | | | | Nach 10 Jahren | | | |
|--------|---------------|-------|----------|-----------|---------------|-------|----------|-----------|----------------|-------|----------|-----------|
| | Median | Mean | CI 2.5 % | CI 97.5 % | Median | Mean | CI 2.5 % | CI 97.5 % | Median | Mean | CI 2.5 % | CI 97.5 % |
| A BASE | 30.09 | 30.07 | 24.07 | 36.00 | 30.06 | 30.04 | 24.05 | 36.02 | 30.02 | 30.03 | 23.99 | 36.00 |
| A HIGH | 40.41 | 40.27 | 33.53 | 46.67 | 40.33 | 40.18 | 33.40 | 46.63 | 40.26 | 40.13 | 33.31 | 46.54 |
| B BASE | 20.46 | 20.44 | 16.40 | 24.33 | 13.57 | 13.59 | 10.54 | 16.75 | 7.80 | 7.87 | 5.45 | 10.54 |
| B HIGH | 27.99 | 28.02 | 23.97 | 32.32 | 19.97 | 20.01 | 16.50 | 23.81 | 13.06 | 13.12 | 9.79 | 16.74 |
| C BASE | 17.99 | 18.03 | 14.57 | 21.68 | 9.60 | 9.68 | 7.39 | 12.35 | 3.94 | 4.01 | 2.58 | 5.83 |
| C HIGH | 23.08 | 23.11 | 19.44 | 27.08 | 11.87 | 11.96 | 9.38 | 14.95 | 4.74 | 4.81 | 3.16 | 6.86 |
| D BASE | 31.32 | 31.35 | 26.17 | 36.81 | 32.96 | 32.96 | 27.97 | 38.20 | 35.06 | 35.05 | 29.99 | 40.31 |
| D HIGH | 42.65 | 42.51 | 36.65 | 47.88 | 45.26 | 45.17 | 39.59 | 50.34 | 48.38 | 48.32 | 42.58 | 53.95 |

| | Nach 15 Jahren | | | | Nach 20 Jahren | | | |
|--------|----------------|-------|----------|-----------|----------------|-------|----------|-----------|
| | Median | Mean | CI 2.5 % | CI 97.5 % | Median | Mean | CI 2.5 % | CI 97.5 % |
| A BASE | 30.03 | 30.02 | 23.95 | 36.04 | 30.03 | 30.02 | 23.94 | 36.04 |
| A HIGH | 40.28 | 40.10 | 33.31 | 46.53 | 40.29 | 40.10 | 33.28 | 46.54 |
| B BASE | 4.86 | 4.96 | 2.97 | 7.32 | 3.18 | 3.30 | 1.65 | 5.38 |
| B HIGH | 9.32 | 9.39 | 6.27 | 12.89 | 7.01 | 7.12 | 4.23 | 10.54 |
| C BASE | 1.77 | 1.83 | 0.92 | 3.12 | 0.82 | 0.89 | 0.31 | 1.78 |
| C HIGH | 2.09 | 2.17 | 1.12 | 3.60 | 0.97 | 1.04 | 0.38 | 2.02 |
| D BASE | 36.54 | 36.52 | 31.11 | 42.01 | 37.53 | 37.53 | 31.69 | 43.36 |
| D HIGH | 50.38 | 50.30 | 44.03 | 56.42 | 51.62 | 51.51 | 44.85 | 57.97 |

8.6 Diskussion

Das Ziel des Gesamtprojektes war die Evaluation der aktuellen Moderhinkesituation in der Schweiz und die Abschätzung des Nutzens und der Kosten eines schweizweiten Bekämpfungsprogrammes. Dabei wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass die Moderhinke in der Schweiz endemisch ist. Diese Annahme wurde getroffen, da es zum einen keine Anzeichen für ein epidemisches Geschehen gibt und zum anderen im umliegenden deutsch- und französischsprachigen Raum die Moderhinke schon seit mindestens dem 19. Jh. bekannt ist (d'Arboval, 1839; Koch, 1889; Onésime, 1838). Diese Annahme bildete ebenfalls die Grundlage für die Änderungen in der

Modellstruktur (Material und Methoden, Kapitel 8.1). So entstand aus dem norwegischen Epidemie-Modell das für die Modellierung der Moderhinke in der Schweiz verwendete Endemie-Modell.

Weiter wurde für die Modellierung der Moderhinke die Annahme getroffen, dass ein Schafbetrieb gleich einer Herde ist und dadurch nur eine Herde pro Betrieb im Modell berücksichtigt wurde. Dadurch ist es möglich, dass die Anzahl Schafherden in der Schweiz, welche als Inputparameter in das Modell einfließen, unterschätzt wurde. Allerdings dürfte der Effekt auf den Output des Modelles eher gering sein, da durch die Benutzung gleicher Weiden von mehreren Herden und die indirekte Übertragung durch kontaminierte Gegenstände (z.B. Klauenmesser) innerhalb eines Betriebes die Krankheit zwischen den einzelnen Herden höchstwahrscheinlich leicht übertragen wird und somit alle Herden eines Betriebes infiziert sind, sobald die Infektion im Betriebes ist.

Wanderschafherden können zur Verbreitung infektiöser Krankheiten beitragen, da viele Tiere aus verschiedenen Beständen zusammenkommen und über grosse Distanzen verstellt werden und im Frühjahr zurück in ihre Herkunftsbetriebe verbracht werden. Dieser Übertragungsweg ist auch für die Moderhinke relevant, welcher sich im Modell durch eine Erhöhung der Infektionsrate und der Reinfektionsrate auswirken würde. Aufgrund mangelnder Datengrundlage konnte dies jedoch nicht im Modell berücksichtigt werden. Eine Integration von Wanderschafherden ins Modell würde daher nur auf Schätzungen beruhen und die Unsicherheiten des Modelles erhöhen. Hinzu kommt, dass es nur noch wenige solcher Herden gibt und deren Anzahl in Zukunft allem Anschein nach noch weiter sinken wird, so dass ihr Einfluss auf das Krankheitsgeschehen immer geringer wird.

Ziegen und sehr wahrscheinlich auch Wildwiederkäuer sind ebenfalls ein möglicher Übertragungsweg der Moderhinke, welcher aufgrund mangelnder Daten nicht ins Modell aufgenommen wurde. Zurzeit ist noch nicht bekannt, in welchem Masse diese Spezies Einfluss auf das Krankheitsgeschehen bei den Schafen nehmen. Eine Übertragung zwischen Ziegen und Schafen, die in engen Kontakt zueinander gehalten werden, scheint möglich (Ghimire, 1999; Ghimire 2002). Dies würde ebenfalls zur Erhöhung der Infektionsraten führen. Da in der Schweiz Ziegen und Schafe meist nur in kleineren Betrieben und von Hobbyhaltern zusammengehalten werden, der Grossteil von Schafbewegungen – und damit mögliche Übertragung von Moderhinke – aber von den grösseren professionellen Betrieben verursacht wird, wurde angenommen, dass die Rolle der Ziegen beim Krankheitsgeschehen der Schafe vernachlässigbar klein ist. Die Quantifizierung des Einflusses auf die Verbreitung von Moderhinke durch Ziegen, aber auch durch Wildwiederkäuer wie Steinböcke und Gämsen, vor allem auf den Sömmerungsweiden, sollte näher abgeklärt werden.

Inputparameter, wie zum Beispiel die Reinfektions- und Genesungsrate, basieren auf dem Fragebogen, bzw. dem Maximum Entropie Modell. Wie im Kapitel 6 beschrieben, gibt es jedoch Unsicherheiten in Bezug auf die Vollständigkeit der Adressdaten. Für die Modellierung wurde angenommen, dass die professionellen Betriebe vollständig erfasst sind und vor allem kleinere Betriebe und Hobbyhalter zum Teil nicht erfasst sind. Hinzu kommt, dass Privatpersonen welche einige wenige Schafe halten, oftmals gar nicht wissen, dass sie ihre Schafe bei der TVD anmelden müssten. Da solche Halter aber meist sehr wenig Tierverkehr betreiben, wurde davon ausgegangen, dass sie zur Verbreitung der Krankheit nur wenig beitragen, so dass deren Ausschluss vom Modell schätzungsweise keinen grossen Einfluss auf die Ergebnisse hat.

Die Dichte von Schafen auf den Sömmerungsweiden ist ein weiterer Inputparameter, welcher aufgrund mangelnder Datengrundlage kritisch zu betrachten ist. Dieser Infektionsweg wurde jedoch für die Schweizer Situation als sehr wichtig angesehen und musste daher ins Modell integriert werden. Es ist bekannt, dass nicht alle Sömmerungsflächen erfasst sind. Dies ist vor allem bei öffentlichen Weiden der Fall, denn die erfassten Flächen sind solche, die zu landwirtschaftlichen Betrieben gehören. Sowohl die öffentlichen als auch die privaten Weiden werden von Schafen aus verschiedenen Betrieben bestossen. Die Anzahl Schafe, welche zur Sömmerung auf solche Weiden verbracht werden, entstammt dem Fragebogendatensatz. Davon ausgehend, dass dieser Datensatz den Durchschnitt aller Schweizer Schafbetriebe widerspiegelt, wurde die Anzahl sömmernder Betriebe auf alle Schweizerischen Schafhalter extrapoliert (s. Kapitel 8.2.2.1). Dies führt wiederum dazu, dass diese „korrekte“ Anzahl Schafherden auf eine zu kleine Fläche kommen, was zu einer zu hohen Herdendichte auf den Sömmerungsweiden führt. Hinzu kommt, dass es für einige Regionen gar keine Angaben zur Grösse der Sömmerungsflächen gibt, wie z.B. in den Regionen 24, 25 und 26 (GR), von denen aber bekannt ist, dass sie grosse Flächen von Sömmerungsgebieten und -herden haben. Um dieses Problem zu umgehen, wurde die durchschnittliche Dichte von Schafherden auf erfassten Weideflächen berechnet und diese Dichte auch für Sömmerungsweiden in Regionen verwendet, welche laut Fragebogen Tiere zur Sömmerung halten, jedoch die Flächen dieser Weiden nicht bekannt war.

Im Maximum Entropie Modell wurden einige Regionen zusammengelegt, da die Populationsgrösse für eine stabile Prävalenzberechnung zu gering war (Kapitel 8.1.1). Die geringe Betriebsanzahl in den Regionen 2, 4, 14, 19, 23 – 26 (< 250 Betriebe) führte mit Ausnahme der Regionen 25 und 26 zur Zusammenlegung mit benachbarten Regionen. Daraus resultierten 22 Regionen. Für die epidemiologische Modellierung ist eine kleine Anzahl an Betriebe pro Region weniger problematisch, weshalb die 27 Regionen beibehalten wurden, welche durch die beiden epidemiologisch relevanten Faktoren (Betriebsdichte und Klima) eingeteilt wurden. Allerdings führt diese geringe Populationsgrösse zu einem grobstufigeren Abfall der Prävalenzen. Diese erwähnten

Regionen erreichen in den Szenarien B und C oftmals auch früher als die anderen Regionen eine Prävalenz von unter 10 % oder von 0 %. Eine Begründung dafür könnte in der geringen Anzahl von Betrieben liegen, da diese zu einer geringeren (Neu)Infektionsrate innerhalb der Regionen führt, so dass die Krankheit schneller eliminiert werden kann.

3. Paket: Kosten-Nutzen

9. Arbeitszeitbedarf für verschiedene Moderhinkebehandlungsmaßnahmen in der Schweizer Schafhaltung

9.1 Einleitung

Das vorliegende Kapitel befasst sich mit der Arbeitszeit rund um die Moderhinke in der Schweizer Schafhaltung. Es handelt sich um eine Kurzversion der Masterarbeit von Sarah Bähler.

Der Kostenfaktor Arbeit darf bei der ökonomischen Betrachtung der Krankheit nicht unterschätzt werden. Bei der Bekämpfung von Moderhinke reichen einmalige Behandlungen nicht aus, um die Krankheit längerfristig zu kontrollieren. Oft sind längere Behandlungszeiträume notwendig. Zudem wird Arbeit in der Schweiz überdurchschnittlich gut bezahlt und stellt daher ein wichtiger Faktor der Kostenabschätzung dar. Mithilfe von arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen können diese Kosten abgeschätzt werden. Solche Kennzahlen dienen auch der Bewertung von Produktionssystemen oder Behandlungsmaßnahmen. Die in dieser Arbeit erhobenen Arbeitszeiten liefern einen wichtigen Beitrag zur Abschätzung der ökonomischen Auswirkungen einer Sanierung der Schweizer Schafpopulation und fließen in die Kosten-Nutzen-Analyse ein.

9.2 Hintergrundinformationen zu Moderhinke

9.2.1 Bekämpfung von Moderhinke

Bei der Bekämpfung von Moderhinke gibt es zwei Strategien: Die Kontrolle der Krankheit oder die Ausrottung des Erregers, auch Sanierung genannt. Die Kontrollstrategie hat das Ziel, die Auswirkungen der Krankheit auf tiefem Level zu halten, damit Aufwand und Leistungsabfall akzeptabel bleiben (Winter, 2009). Raadsma und Egerton (2013) geben zwei Ansätze zur Kontrolle von Moderhinke an. Einerseits wird die Übertragung limitiert und andererseits werden die Einwirkungen auf das Tier reduziert. In jedem Fall sollte die Umwelt in die Moderhinkekontrolle miteinbezogen werden, um in Perioden mit hohem Infektionsrisiko zusätzliche Präventionsmassnahmen einzuleiten. Folgende Massnahmen führen zu Verbesserungen der Klauengesundheit bei einem Befall mit Moderhinke:

Ausschneiden

Der Klauenschnitt ist eine der häufigsten Massnahmen gegen Moderhinke (Friedrich et al., 2012; Greber und Steiner, 2013). Strobel (2009) empfiehlt den sogenannten Moderhinkeschnitt, bei dem alle losen Hornteile entfernt werden. Blutige Verletzungen

der Lederhaut sind jedoch zu vermeiden. Dieser Schnitt legt den Infektionsherd frei, damit später applizierte Medikamente besser wirken können. Obwohl viele Schafhalter bei einem Befall mit Moderhinke regelmässig ausschneiden, ist diese Methode umstritten. Winter (2009) betont, dass ein Ausschneiden nur bei chronischen Klauenveränderungen nötig ist, und dass regelmässiges Ausschneiden der Klauen keinen präventiven Nutzen hat.

Klauenbad

Klauenbäder sind nach dem Ausschneiden der Klauen die zweithäufigste Behandlungsmassnahme (Friedrich et al., 2012; Greber und Steiner, 2013). Als Badelösung können Formalin, Kupfer- oder Zinksulfat verwendet werden. In der Schweiz wird das Klauenbad oftmals in Kombination mit vorherigem Ausschneiden der Klauen angewendet (Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (BGK), 2008). Bei allen drei Chemikalien wird eine Badedauer von 10 Minuten empfohlen. Ausschlaggebend für den Erfolg der Behandlung ist das Einhalten der Badedauer und ein Einwirken der Badeflüssigkeit von 30 Minuten auf sauberem und trockenem Untergrund nach dem Klauenbad (Winter 2009).

Managementansätze

Da Moderhinke hoch ansteckend ist, werden die Erreger leicht über kontaminiertes Klauenwerkzeug oder unsachgemäss entsorgte Hornreste verbreitet (Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (BGK), 2008; Green und George, 2008). Im Klauenhorn kann *D. nodosus* bis zu sechs Wochen überleben (Winter 2009). Auch belebte Vektoren sind mögliche Infektionsquellen. Zugekaufte kranke Schafe oder Kontakt zu fremden Schafen, die an Moderhinke leiden, reichen, aus um eine Herde anzustecken (Abbott und Lewis, 2005).

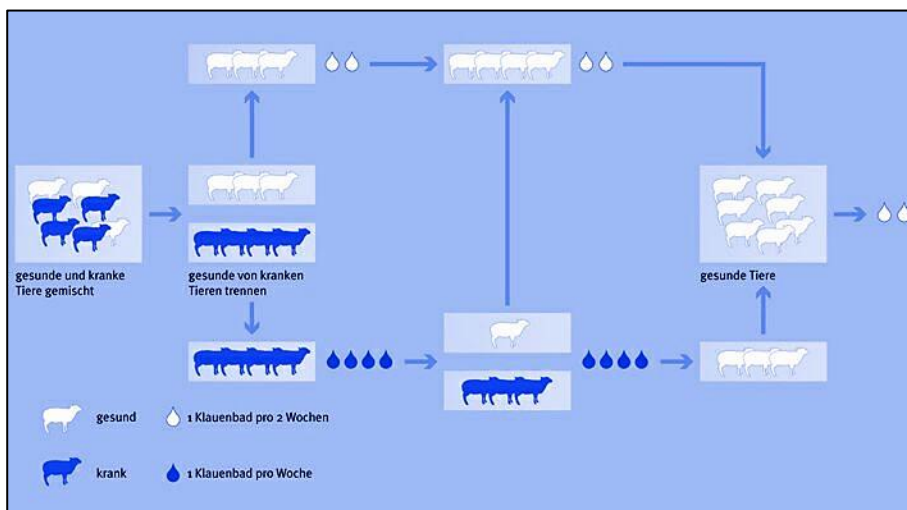
Zudem sollten Weiden und Treibwege, die bereits von anderen Schafen benutzt wurden, gemieden werden, da sie ebenfalls ein Übertragungsrisiko darstellen (Winter, 2009). Ist die Krankheit bereits in der Herde ausgebrochen, können Massnahmen getroffen werden, um die Verbreitung zu verlangsamen. Tätigkeiten, die ein enges Einsperren der Herde voraussetzen, beispielsweise das Entwurmen, erhöhen das Risiko einer MH-Übertragung innerhalb einer Herde. Durch den engen Kontakt der Schafe zueinander erhöht sich das Übertragungsrisiko und der mit Kot durchmischte Boden wird regelrecht mit den Erregern verseucht. Dem kann mit Klauenbädern und wechselnden Fangpanels entgegengewirkt werden. Schaffreie Perioden der Weide oder Fangpanels von sieben Tagen reichen aus, um das Infektions- und Übertragungsrisiko deutlich zu senken, da der Erreger nicht länger in der Umwelt überleben kann (Raadsma und Egerton, 2013). Green und George (2008), sowie Winter (2009) betonen die Wichtigkeit des Ausmerzens therapieresistenter Schafe.

Solche Tiere stellen ein hohes Risiko dar, da sie die Krankheit weiterverbreiten und aufgrund erhöhter Anfälligkeit auf Moderhinke nicht zur Zucht geeignet sind.

Sanierung

In der Schweiz hat der Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer ein Sanierungsprogramm mit vorgegebenem Ablauf herausgegeben (Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (BGK), 2010). Die Sanierung einer Schafherde wird bewusst im Herbst begonnen, da die MH-Erreger bei tiefen Temperaturen schlechter übertragen werden. Abbildung 58 zeigt den Ablauf der Sanierung gemäss BGK.

Abbildung 58: Ablaufschema der Sanierung gemäss Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (2010)



In einem ersten Schritt wird die gesamte Herde in eine Gruppe mit und eine Gruppe ohne klinische Symptome von Moderhinke aufgeteilt. Diese Aufteilung erfolgt durch einen vom BGK anerkannten Kontrolleur. Diese Herdentrennung ist jedoch fakultativ, da dies nicht auf jedem Betrieb möglich ist. Anschliessend behandelt der Schafhalter seine Tiere den Winter hindurch selbstständig mit regelmässigem Ausschneiden und zehnminütigen Klauenbädern. Die stark erkrankte Gruppe durchläuft wöchentlich das Klauenbad, die schwach erkrankte Gruppe alle zwei Wochen. Nach dem Bad sollen die Tiere für mindestens eine Stunde auf harter, trockener Unterlage stehen. Alle vier Wochen erfolgen externe Kontrollen der Klauengesundheit durch den BGK. Schafe mit geheilten Klauen wechseln nach und nach in die gesunde Herde und chronisch kranke Schafe sollten ausgemerzt werden. Im zweiten Schritt der Sanierung werden im nächsten Frühling im Abstand von vier bis acht Wochen zwei Klauenkontrollen durchgeführt. Sind bei beiden Kontrollen keine Anzeichen von Moderhinke in der gesamten Herde feststellbar, gilt der Betrieb als moderhinkefrei. Nach der Sanierung erfolgen jährliche Kontrollen, um den Status „MH-frei“ aufrecht zu erhalten.

9.2.2 Situation in der Schweiz

Anders als in Australien oder Grossbritannien liegen in der Schweiz nur wenige Studien zur Moderhinke vor. Es ist immer noch unklar, welche Serotypen in der Schweiz überhaupt vorkommen und welche Serotypen für die virulente Form der Krankheit verantwortlich sind. Unbestritten ist jedoch, dass die Krankheit in der Schweiz auftritt: wie sich auch im Rahmen der Befragung der hier vorliegenden Studie gezeigt hat. Bisher haben nur die Kantone Graubünden und Glarus rechtlich verbindliche Vorschriften zur Moderhinkebekämpfung erlassen. Seit 2011, beziehungsweise 2013, ist die Sanierung der Moderhinke in diesen Kantonen obligatorisch. Schafe aus anderen Kantonen, die in Graubünden oder Glarus gesömmert werden, müssen vor Alpbeginn klinisch frei von Moderhinkesymptomen sein. Trotzdem kommt es immer wieder zu Neuansteckungen. Einerseits werden Trägertiere nicht erkannt und andererseits spielt der Handel und die Einwanderung kranker Tiere über die Kantonsgrenze eine Rolle (Härdi-Landerer *et al.* 2012). Fringeli (2011) hat in seiner Masterarbeit die Situation im Kanton Graubünden untersucht und mögliche Reinfektionsquellen ausfindig gemacht. Er konnte aufzeigen, dass die grösste Infektionsgefahr von nicht erkannten oder eingewanderten Trägertieren ausgeht. Die Reinfektionsraten sind jedoch sehr verschieden und deuten auf unterschiedliche Empfänglichkeiten der einzelnen Schafbestände hin. Diese Begebenheiten führen zu einer schwierigen Situation im Kanton Graubünden.

9.2.3 Kostenfaktor Arbeit

In Grossbritannien werden die jährlich anfallenden Kosten aufgrund von Moderhinke für die Schafindustrie auf 24 Millionen £ geschätzt (Nieuwhof und Bishop, 2005). Die eine Hälfte wird für präventive Massnahmen aufgewendet und die restlichen 50 % für Produktionsausfälle und Behandlungsmassnahmen.

Bei der Bekämpfung von Moderhinke reichen einmalige Behandlungen nicht aus, um die Krankheit längerfristig zu kontrollieren. Oft sind längere Behandlungszeiträume notwendig. Daher darf der Kostenfaktor Arbeit bei der ökonomischen Betrachtung der Krankheit nicht unterschätzt werden. Zudem wird Arbeit in der Schweiz überdurchschnittlich gut bezahlt und stellt daher ein wichtiger Faktor der Kostenabschätzung dar. Mithilfe von arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen können diese Kosten abgeschätzt werden. Solche Kennzahlen dienen auch der Bewertung von Produktionssystemen oder Behandlungsmassnahmen.

9.3 Grundlagen der Arbeitszeiterfassung und Begriffsdefinition

Der Zeitverbrauch für eine Tätigkeit setzt sich aus dem Zeitverbrauch für die eigentliche Erfüllung der Arbeit und für Unterbrechungen zusammen (Jungbluth *et al.*, 2005). Unterbrechungen können Wartezeiten, Störungen oder Pausen darstellen. Die

eigentliche Arbeitszeit kann weiter in Haupt-, Neben- und Zusatzzeit gegliedert werden (siehe Tabelle 31). Eine andere Art der Einteilung erfolgt nach der Häufigkeit. Als Routinearbeiten gelten regelmässig wiederkehrende Arbeiten, wie beispielsweise das Füttern der Schafe. Sonderarbeiten treten unregelmässig, aber mindestens einmal pro Produktionszyklus auf. Ein Beispiel für Sonderarbeiten ist die Moderhinkebehandlung von Schafen oder der jährliche Pflegeschnitt.

Tabelle 31: Definition von Haupt-, Neben- und Zusatzzeit (nach Hammer, 1997)

| | |
|-------------------|--|
| Hauptzeit | Arbeitszeit für eine Hauptarbeit oder -tätigkeit, währenddessen der Arbeitszweck unmittelbar verfolgt und damit eine tatsächliche Leistung im Sinne der Arbeitsaufgabe erzielt wird. Beispiel: Ein Klauenbad durchführen. |
| Nebenzeit | Arbeitszeit, die zwar regelmässig im Laufe des Arbeitsvorgangs auftritt, aber nur mittelbar dem Erreichen des Arbeitszweckes dient. Beispiel: Wasser ins Klauenbad einfüllen. |
| Zusatzzeit | Das Vorkommen oder der Ablauf dieser Arbeitszeit kann nicht vorausbestimmt werden. Beispiel: Eingangstor des Klauenbads reparieren, weil es nicht mehr funktioniert. |

In der Arbeitszeiterfassung wird eine Minute in Centiminuten (cmin) unterteilt, um auch kurze Arbeitsschritte messen zu können. Der Arbeitszeitaufwand ist definiert als Zeitmenge, die tatsächlich für die Ausführung einer Arbeit aufgewendet wird. Sie ist also gleichzusetzen mit der Ist-Zeit. Per Definition wird der Arbeitszeitaufwand von einer Arbeitsperson (AP) ausgeführt und in APh, APmin oder APcmin angegeben. Aus dem Arbeitszeitaufwand kann nun der Arbeitszeitbedarf, auch Planzeit genannt (Hammer 1997), errechnet werden. Einerseits können dafür die Mittelwerte der gemessenen Teilschritte weiterverwendet werden und andererseits auch Planzeitfunktionen in Form von Regressionsgleichungen. Der Arbeitszeitbedarf ist ein Planwert, der die objektiv notwendige Arbeitsmenge, also die Sollzeit beschreibt.

Diese Sollzeit wird von einer Arbeitskraft (AK) durchgeführt, welche einem gesunden und voll leistungsfähigen Menschen entspricht. Die Einheiten des Arbeitszeitbedarfs sind analog zum Arbeitszeitaufwand die AKh beziehungsweise AKmin oder AKcmin. Um Arbeitszeitstudien durchzuführen wird die Gesamtarbeit in kleinere Abschnitte unterteilt. Diese Teilgrössen sind überschaubarer und vereinfachen die teilweise langen und komplexen Gesamtarbeiten. Tabelle 32 zeigt die Unterteilung am Beispiel der Lämmermast.

Tabelle 32: Unterteilung der Arbeitsabschnitte am Beispiel der Lämmermast (nach Auernhammer, 1976)

| Arbeitsabschnitt | Beispiele |
|--------------------|---|
| Gesamtarbeit | Mast eines Lamms |
| Arbeitsvorgang | Füttern Sonderarbeiten, usw. |
| Arbeitsteilvorgang | Trog fegen Grundfutter zuteilen, usw. |
| Arbeitselement | Zur Stalltüre gehen Stalltüre öffnen, usw. |

9.3.1 Methoden der Arbeitszeiterfassung in der Landwirtschaft

Grundsätzlich werden zwei Arten der Arbeitszeiterfassung (AZE) unterschieden: Die finalen und kausalen Methoden. Je nach gewünschter Genauigkeit und Ziel der Zeiterfassung werden unterschiedliche Methoden angewendet. Abbildung 59 zeigt eine Zusammenstellung der Methoden zur AZE in der Landwirtschaft.

Abbildung 59: Methoden der Arbeitszeiterfassung in der Landwirtschaft (Auernhammer 1979)

| Betrachtungs- weise | final | | | kausal (+final) | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|--|---|---|---------------------------|--|
| | Art Mittel Methode Ort | schätzen selbst aufschreiben | | messen | | indirekte Messung Beobachtung oder Versuch (Betrieb) Labor | | |
| Erfassung | befragen | Arbeitsstagebuch | elektron. Tagebuch | direkte Messung | Arbeits- versuch | | nur für manuelle Arbeiten | |
| | persönlich Fragebogen | Arbeitszeitkonto | Magement-Info- mations-System | | | Arbeits- beobachtung | | |
| | Betrieb | Betrieb | Betrieb | Betrieb | Labor | | | |
| | Arbeitsabschnitt | Gesamt- arbeit | | | | | | |
| | | Arbeits- vorgang | | | | | | |
| Arbeits- teilvorgang | | | | | | | | |
| Arbeits- element | | | | | | | | |
| Bewegungs- grundelement | | | | | | | | |
| Ziel | Ergänzung von Planzeiten | Betriebskontrolle Betriebsvergleich | | Ist-Analyse Planzeit- erstellung Soll-Ist-Vergleich | A' ablaufoptimierung A' platzgestaltung Planzeit- erstellung | Arbeitsplatz- gestaltung Planzeit- erstellung | | |

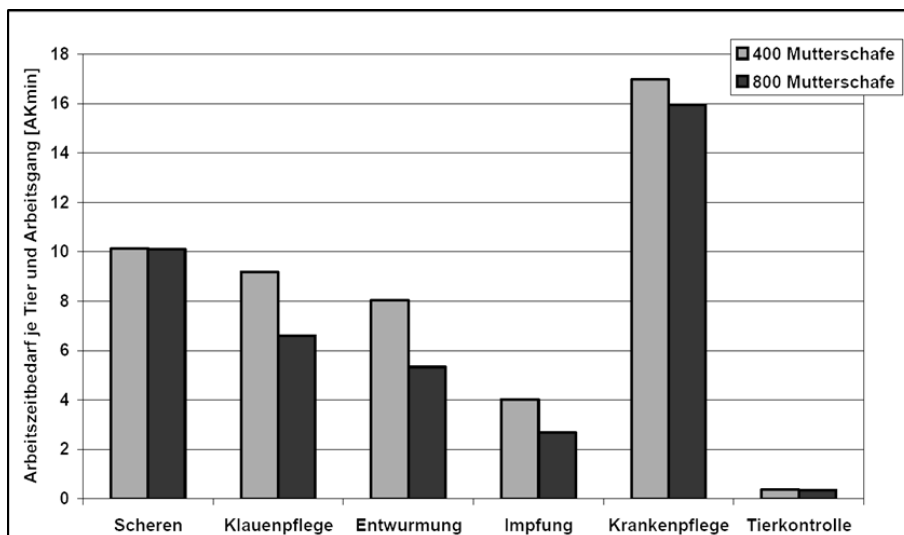
Finale Methoden sind geeignet, um Arbeitszeiten ohne viel Aufwand über längere Zeiträume zu erfassen. Einflussgrößen können jedoch nicht erfasst werden und die Arbeitszeiten werden nur geschätzt. Einflussgrößen (z. B. Wegstrecken oder die Klauenbadgröße) beeinflussen eine Tätigkeit und beschreiben, unter welchen Verhältnissen, (beispielsweise 10 % Hangneigung) die Tätigkeit durchgeführt wird. Bei der kausalen Betrachtungsweise werden kürzere Arbeitszyklen erfasst und Einflussgrößen können ermittelt werden. Arbeitsbeobachtungen sind besonders

geeignet, um Arbeitszeiten unter Praxisbedingungen zu erfassen, da die tatsächlichen Einflüsse miteinbezogen werden. Zudem können daraus Planzeiten abgeleitet werden. In der Landwirtschaft sind Planzeiten massgebend für die Bewertung von Produktionsverfahren und als Planungsinstrument, um beispielsweise Kosten abzuschätzen oder Arbeitsabläufe zeitlich zu planen (Jungbluth et al., 2005).

9.3.2 Arbeitszeitbedarf in der Schafhaltung

Für die Schafhaltung liegen nur wenige Daten zum Arbeitszeitbedarf vor. Mager et al., (2009) haben arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zum Arbeitszeitbedarf in der Kleinwiederkäuerhaltung herausgegeben. Angaben von weiteren Autoren sind entweder unvollständig, veraltet oder zu wenig detailliert. Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zum Klauenbad liegen bisher keine vor. Der Zeitbedarf pro Tier und Jahr für die Klauenpflege beläuft sich auf 0.14 bis 0.34 AKh (Mager et al. 2009). Diese Angaben beziehen sich auf zwei Klauenschnitte pro Jahr und Herdengrössen von 125-490 Tieren. Abbildung 60 zeigt eine Übersicht zum Arbeitszeitbedarf der Sonderarbeiten und der Tierkontrolle in der Schafhaltung. Die Krankenpflege macht den grössten Anteil der Sonderarbeiten aus. Die darin enthaltenen Arbeiten sind jedoch nicht näher beschrieben. Da Tierkontrollen im Gegensatz zu Sonderarbeiten täglich stattfinden, ist der Arbeitszeitbedarf entsprechend hoch.

Abbildung 60: Übersicht zum Arbeitszeitbedarf für Sonderarbeiten und die Tierkontrolle in der Schafhaltung (Mager et al. 2009)



9.4 Material und Methoden

9.4.1 Vorgehen beim Durchführen einer Arbeitsbeobachtung (nach Schick 1995)

Betriebsauswahl

Dieser Schritt entfällt, da die Erhebungen mit den beiden Versuchsherden auf der Forschungsstation Chamau durchgeführt wurden.

Beschreibung des Beobachtungsbetriebs

Eine detaillierte Beschreibung des Beobachtungsbetriebs ist in Kapitel 2.1.2 zu finden. Abbildung 61 zeigt den Grundriss der Stallungen auf der Forschungsstation, sowie die Standorte des Klauenbads und des Klauenstands. Während der Arbeitsbeobachtungen bestanden die Herden aus 80 Auen und 96 Lämmern in der KO-Herde, respektive 53 Auen und 84 Lämmern in der MH-Herde.

Beschreibung der Arbeitsabläufe

Die Zeitmessungen zum Klauenbad wurden mit der Kontrollherde durchgeführt, jene zum Ausschneiden der Klauen mit der MH-Herde. In Tabelle 33 werden die Abläufe kurz zusammengefasst und charakterisiert.

Tabelle 33: Beschreibung der Arbeitsaufgabe, -personen, -hilfsmittel und -ergebnis

| | |
|---------------------------|--|
| Arbeitsaufgaben | Prophylaxe bzw. Behandlung der Moderhinke bei Auen und deren Lämmern mit einem Klauenbad oder dem Ausschneiden der Klauen |
| Arbeitspersonen | Werkleiter mit grosser Übung in der Klauenpflege und Moderhinkebehandlung, je eine Hilfsperson mit viel und wenig Übung im Umgang mit Schafen, Klauenpflege und Moderhinke. Eine Masterstudentin mit mittlerer Übung zur optischen Beurteilung der Klauen auf Moderhinke. |
| Arbeitshilfsmittel | Klauenstand mit Kippvorrichtung der Marke Ernest Roth AG, gerades doppelschneidiges Klauenmesser mit schmaler Klinge von Hauptner, gerades doppelschneidiges Klauenmesser mit breiter Klinge aus der Landi, eine universal Auspflückschere der Marke Okay Profi, Copper(II) Sulphate Pentahydrate der Firma Manica S.p.A. Rovereto für das Klauenbad |
| Arbeitsergebnis | Klauen wurden desinfiziert und / oder geschnitten |

Nachfolgend werden die Arbeitsabläufe je Behandlungsart näher beschrieben. Beim Ausschneiden der Klauen wurde zwischen dem Ausschneiden ohne Hilfsmittel und dem Ausschneiden in einem Klauenstand unterschieden. Die Lämmer wurden nicht im Klauenstand behandelt, sondern wie bei den Einzeltierbehandlungen manuell auf den Rücken gedreht.

1. Ausschneiden bei Einzeltieren in der Bucht (Auen und Lämmer)

Die Behandlung lief wie folgt ab: Da alle Auen gut sichtbar gekennzeichnet waren, konnten die lahmen Tiere während den täglichen Kontrollgängen schriftlich vorgemerkt werden. Am Behandlungstag wurde die gesamte Herde mithilfe von Absperrungen enger eingesperrt (75 m²), um einzelne Tiere besser fangen zu können. Die Absperrungen wurden mit Lederriemen oder Ähnlichem zusammengebunden. Das Klauenwerkzeug wurde vor der Behandlung in den Hosentaschen des Klauenpflegers verstaut.

Die ganze Behandlung fand in der Bucht statt. Sobald ein Schaf gefangen worden war, drehte die AK den Schafkopf zur Seite und drehte das Tier auf den Rücken, beziehungsweise auf das Hinterteil. Die Lämmer wurden an den Vordergliedmassen hochgehoben und auf das Hinterteil gesetzt. Nun wurden die Klauen mit einer Klauenschere oder einem Klauenmesser ausgeschnitten. Nach dem Schnitt erfolgte die Protokollierung der Moderhinkescores je Klaue gemäss dem BGK. Nach der Behandlung wurde das Tier zur Seite gedreht und stand selbstständig wieder auf.

2. Ausschneiden bei Auen in einem Klauenstand

Die gesamte Herde wurde enger im vorderen Teil der Bucht eingesperrt (75 m²), damit kleine Gruppen in den Gang getrieben werden konnten, wo sich der Klauenstand befand. Mithilfe von Absperrungen wurden Teilgruppen vor dem Klauenstand auf rund 10 m² eingesperrt.

Nun wurden die Tiere einzeln von einer AK in den Klauenstand befördert. Um die Vorrichtung zu drehen, waren zwei AK nötig. Damit das Tier im Klauenstand nicht vorne rausrutschte, musste der Schafkopf mit dem Knie runtergedrückt werden. Das Klauenwerkzeug befand sich unmittelbar hinter den beiden Arbeitskräften auf der Futterkrippe und wurde vor jedem Drehvorgang wieder dort abgelegt. Nun erfolgte der Klauenschnitt und anschliessend wurde der Klauenzustand protokolliert. Nach dem Schnitt wurde die Drehvorrichtung zurückgedreht, das Törchen geöffnet und das Schaf kehrte selbstständig in den hinteren Teil der Bucht zurück.

3. Ausschneiden bei Lämmern

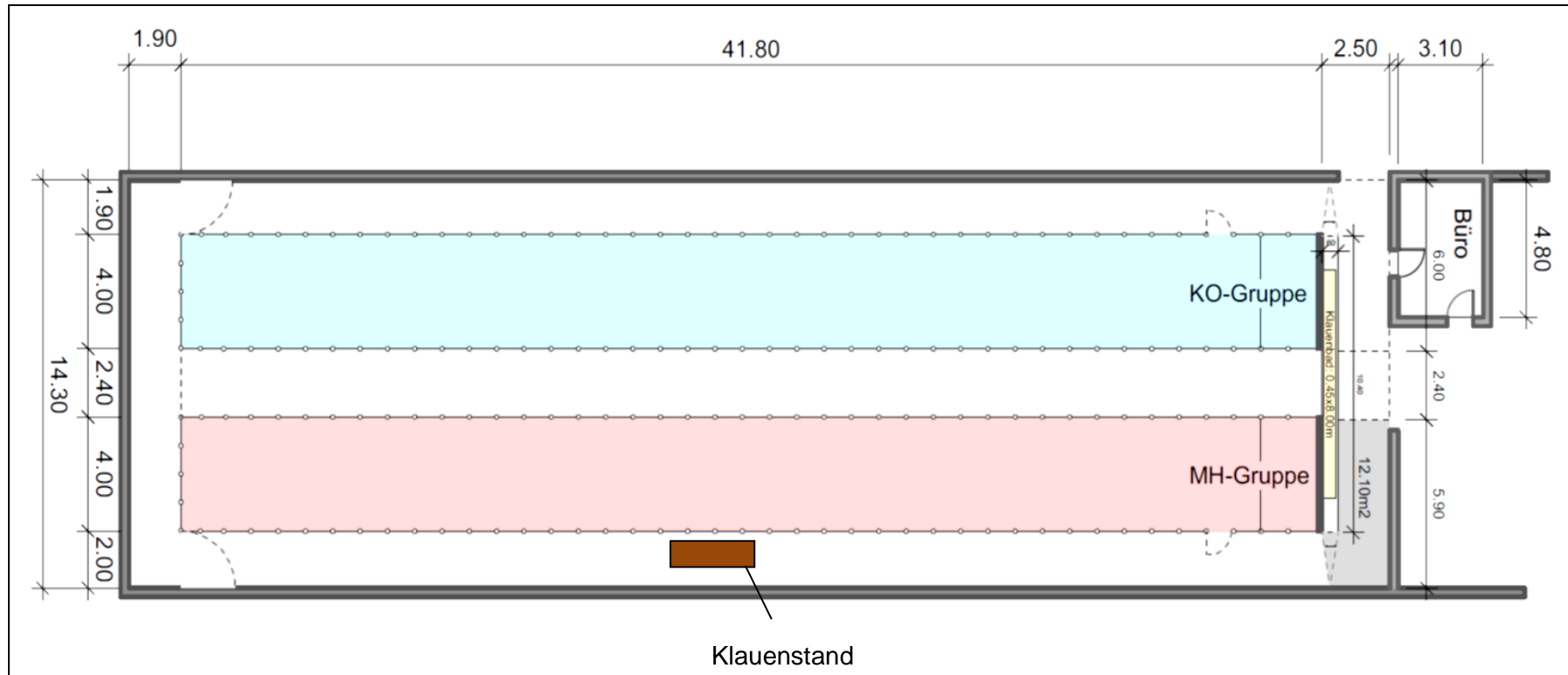
Die Lämmer wurden vorgängig von ihren Müttern getrennt und in den Stallgang gesperrt. Bei grossen Gruppen wurde die Lämmergruppe zusätzlich mit Absperrungen unterteilt. Je nach Gruppengrösse betrug der Platzbedarf zwischen 6 und 21 m² je Gruppe. Eine AK fing ein Lamm ein, trug es rund 3 m weiter, passierte eine

Absperrung und setzte es auf das Hinterteil. Nun wurden die Klauen geschnitten und auf die MH-Scores hin beurteilt. Zum Schluss wurde das Jungtier losgelassen, drehte sich selbstständig auf die Beine und kehrte durch die offenstehende Tür in die Bucht zurück.

4. Klauenbad (Auen und Lämmer)

Das Klauenbad (0.45x8 m) auf der Forschungsstation Chamau war fest installiert und bot Platz für neun bis zehn Schafe (Auen oder Lämmer). Es mussten keine Absperrungen angebracht werden, um Treibgänge zu errichten. Die beiden Enden des Klauenbads waren mit einem hochziehbaren Tor verschlossen. Der Wartebereich konnte mit Toren in maximal drei Wartebereiche unterteilt werden. Die Schafe wurden in den ersten Wartebereich (10 m²) gesperrt, damit sie besser ins Klauenbad getrieben werden konnten. Eine AK zog das Eingangstor hoch. Eine weitere AK beförderte die Schafe einzeln in das Klauenbad. Die erste AK trieb sie das Klauenbad entlang. Nachdem rund 10 Tiere im Klauenbad standen, mussten fünf Minuten Badezeit abgewartet werden. Während der Wartezeit wurden weitere Schafe aus der Bucht geholt, so dass sich immer genügend Tiere direkt vor dem Klauenbadeingang befanden. Anschliessend wurde das Ausgangstor geöffnet, die Tiere wurden rausgetrieben und kehrten selbstständig in die Bucht zurück.

Abbildung 61: Gebäudeplan des Schafstalls auf der Forschungsstation Chamau



9.4.2 Gliederung der Arbeitsvorgänge in Arbeitselemente, Festlegen der Messpunkte und Datenaufnahme

Da es sich bei der Behandlung von Moderhinke um zyklische Arbeiten handelt, wurden die Arbeitselemente so gewählt, dass das Ende des einen Elements gleichzeitig der Anfang des nächsten Elements war. Im Anhang sind die Messpunkte und ein Beschrieb der Arbeitselemente zu finden. Die Datenerhebung der Arbeitszeiten erfolgte zwischen Ende Juni und Mitte August. In der einen Woche wurden die Arbeitsbeobachtungen beim Klauenbad und dem Ausschneiden bei Einzeltieren durchgeführt, in der darauffolgenden Woche beim Ausschneiden mit einem Klauenstand und dem Ausschneiden bei den Lämmern. Bei den beteiligten Arbeitskräften handelte es sich immer um die gleichen Personen, welche auch die gleichen Aufgaben ausführten. Die Messungen wurden mit einem Notebook und dem Tabellenkalkulationsprogramm MS Excel 2013 durchgeführt, das den Arbeitszeitbedarf je Teilschritt in Centiminuten mass. Es wurden vier Messungen pro Behandlungsmassnahme durchgeführt, wobei es sich bei der ersten um eine Probemessung handelte.

9.4.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden in MS Excel nach Erhebungstag und Arbeitselementen sortiert. Um die Stichprobengrösse zu überprüfen, wurde ein Epsilontest angewendet. Dieser sagt aus, wie stark der Stichprobenmittelwert vom Mittelwert der Grundgesamtheit abweicht und sollte bei 10 % liegen (Auernhammer 1976). Die weiteren statischen Auswertungen wurden mit R Studio 3.2.2 durchgeführt. Hierzu zählen der Test auf Normalverteilung, Zufälligkeit und Ausreisser. Mithilfe einer Varianzanalyse (ANOVA) wurde überprüft, ob die Messwerte vom Erhebungstag abhängen. Sofern sie nicht vom Erhebungstag abhängen, wurden die Daten je Teilschritt zusammengefügt, um den Mittelwert zu bilden. Sofern die Erhebungstage signifikant voneinander abweichen, wurde in R Studio mithilfe des Tukeytest ermittelt welcher Tag (1, 2 oder 3) von den anderen abweicht und der abweichende Tag wurde aus den Mittelwertbildungen ausgeschlossen.

9.4.4 Arbeitskalkulationsmodell

Die Daten aus den Arbeitsbeobachtungen flossen in ein Arbeitskalkulationsmodell ein, welches den Arbeitszeitbedarf pro Jahr für verschiedene Behandlungsszenarien berechnet. Es wurden die folgenden drei Behandlungsszenarien definiert, welche sich aus Arbeitselementen der Arbeitszeiterfassung auf der Chamau und Planzeiten (Mager *et al.* 2009) zusammensetzen. Die Behandlungsszenarien sahen wie folgt aus:

1. Ausschneiden bei Einzeltieren in der Bucht (Einzeltierbehandlung). Zusätzlich werden alle Tiere nach der Behandlung mit einem Viehzeichenstift markiert.

2. Klauenschnitt und -bad: Ausschneiden bei Auen mithilfe eines Klauenstands und Ausschneiden bei Lämmern mit anschliessendem Klauenbad aller Tiere.
3. Sanierung gemäss BGK: Wie Szenario 2, jedoch mit zusätzlicher Protokollierung der Klauengesundheit. Die Klauenkontrollen werden während der Behandlung alle vier Wochen wiederholt und finden nach dem wöchentlichen Klauenschnitt statt. Somit müssen alle Tiere einer Herde für die Klauenkontrollen nochmals gedreht werden. Nach Abschluss der Behandlung finden zwei Endkontrollen statt. Die erste Kontrolle erfolgt vier Wochen nach Abschluss der Moderhinkebehandlung und die zweite nach acht Wochen.

Das Modell wurde in MS Excel angelegt, wobei für jedes Behandlungsszenario ein neues Datenblatt verwendet wurde. Das Modell enthielt geschätzte Vor- und Nachbereitungszeiten (Absperrungen anzubringen, Herde enger einzusperren, usw.). In der Arbeitszeiterfassung ist die Vor- und Nachbereitungszeit als Rüstzeit definiert. Da nur Daten zu Einflussgrössen des Betriebs Chamau vorlagen, mussten einige Planzeiten geschätzt werden (siehe Tabelle 34). Der definierte Zeitbedarf der geschätzten Planzeiten orientierte sich an den strukturellen Gelegenheiten und Wegstrecken der Chamau und wurde mit Experten der Arbeitszeiterfassung besprochen.

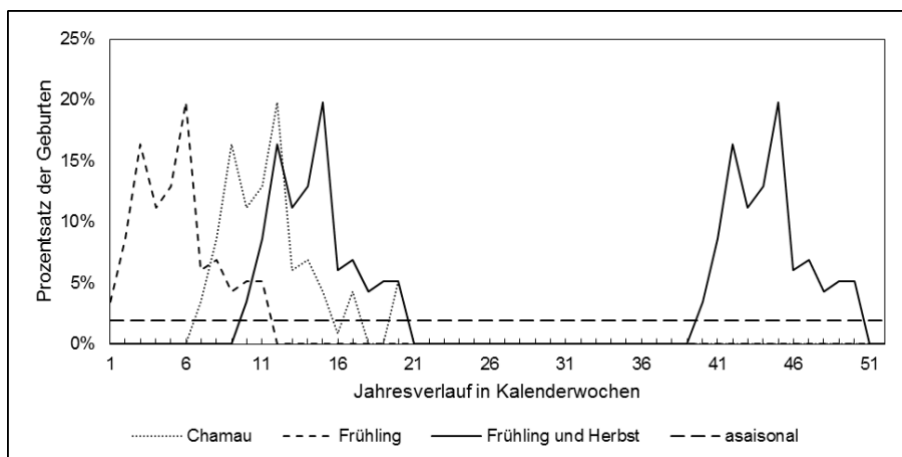
Tabelle 34: Übersicht und Beschreibung der geschätzten Planzeiten im Arbeitskalkulationsmodell

| Teilschritt der Behandlungsszenarien | Arbeitsteilvorgang | Planzeit (cmin) | Beschreibung |
|--------------------------------------|---|-----------------|--|
| Einzeltierbehandlung | Allgemeine Vorbereitung | 300 | Absperrungen anbringen, Herde eng einsperren, Werkzeug bereitlegen, usw. |
| | Klauenwerkzeug waschen und weglegen | 100 | Reinigung mit Wasser und Bürste |
| | Allgemeine Nachbereitung | 200 | Absperrungen entfernen, usw. |
| Klauenschnitt | Allgemeine Vorbereitung | 400 | Absperrungen anbringen, Werkzeug bereitlegen, usw. |
| | Klauenwerkzeug reinigen und ablegen | 100 | Reinigung nach dem letzten Klauenschnitt mit Wasser und Bürste |
| | Teilhaerde vor Klauenstand treiben | 100 | Erste Gruppe in Warteraum vor Klauenstand treiben |
| | Klauenstand aufbauen | 200 | Klauenstand holen und aufbauen |
| | Allgemeine Nachbereitung | 400 | Absperrungen entfernen, usw. |
| | Klauenstand reinigen und abbauen | 250 | Abspritzen mit Wasser |
| Klauenbad | Allgemeine Vorbereitung | 400 | Herde eng einsperren, erste Teilgruppe in Wartebereich vor Klauenbad treiben, usw. |
| | Allgemeine Nachbereitung | 100 | Absperrungen in Bucht entfernen, usw. |
| Klauenbad | Badeflüssigkeit vorbereiten | 500 | Wasser und Badesubstanz in das Klauenbad füllen, umrühren, usw. |
| | Badeflüssigkeit entsorgen (Zn und Cu) | 1000 | Entsorgung im Sondermüll |
| | Badeflüssigkeit entsorgen (Formalin) | 100 | Entsorgung über Güllekanal |
| | Zusätzliche Vor- und Nachbereitungszeit bei nicht fest installierten Klauenbädern | 200 | Wanne und Absperrungen anbringen bzw. wegräumen, usw. |

Weitere Annahmen im Modell

Hauptvariable im Arbeitsmodell war die Herdengrösse, beziehungsweise die Anzahl Muttertiere, welche die Klauenbadgrösse und die Anzahl Lämmer bestimmte. Als zweites und drittes wurden der Beginn der Behandlung und die Geburtenverteilung angegeben. Bei der Einzeltierbehandlung spielten diese beiden Variablen keine Rolle, da die Behandlung während des ganzen Jahres durchgeführt wird. Die Sanierung fand ausschliesslich im Herbst statt, wahlweise zwischen den Kalenderwochen 38 und 49. Abbildung 62 zeigt die prozentualen Anteile der Geburten im Jahresverlauf der drei definierten Geburtenverteilungen. Die Geburtenverteilungen im Arbeitskalkulationsmodell orientierten sich an der Geburtenverteilung im Tierversuch und an den Angaben von R. Lüchinger Wüest¹⁰.

Abbildung 62: Anteil der Geburten pro Kalenderwoche in Prozent für die Geburtenverteilung "Chamau", "Frühling und Herbst", "Frühling" und "asaisonal"

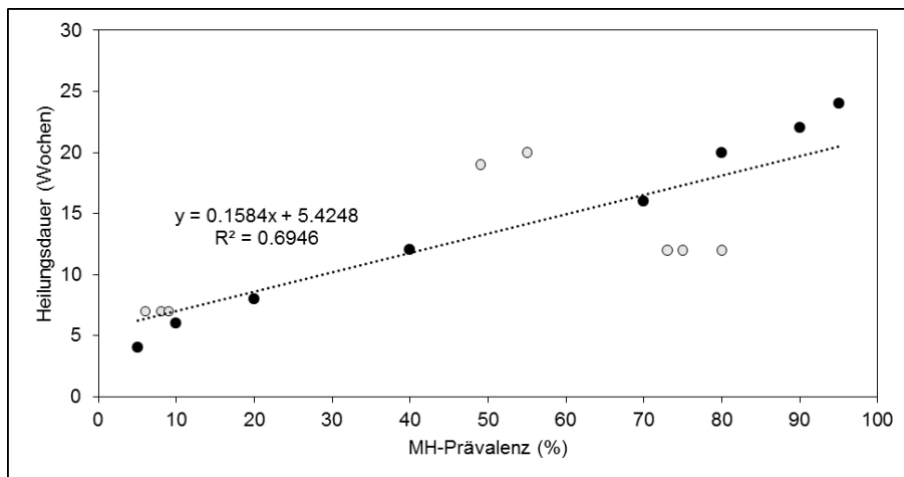


Bei der Geburtenverteilung „Frühling“ wurde angenommen, dass alle Lämmer zwischen Januar und März geboren werden. Bei den asaisonalen Geburten lammen 2 % der Auen pro Tag ab. Bei der letzten Verteilung wurde eine Ablampperiode im Frühling und eine zweite im Herbst definiert. Die Mastdauer der Lämmer betrug 21 Wochen. Die Angaben zur Mastdauer kamen in Anlehnung an den Tierversuch zustande, als noch nicht alle Lämmer geschlachtet waren. Die Mastdauer hat sich nach Abschluss des Tierversuchs nochmals erhöht, wurde aber im Arbeitskalkulationsmodell nicht mehr geändert.

¹⁰ Persönliche Mitteilung per E-Mail von Dr. Rita Lüchinger Wüest, Leiterin Sektion Schafe beim BGK, 26.11.2015

Das Arbeitskalkulationsmodell rechnete mit 1.5 Lämmer pro Wurf und Aue bei zwei Ablammungen pro Aue und Jahr, beziehungsweise 1.7 Lämmer pro Wurf und Aue bei einer Ablammung pro Aue und Jahr und asaisonalen Ablammungen (Schweizerischer Schafzuchtverband (SZV), 2015). Bei diesen Angaben handelte es sich um den Mittelwert der Anzahl Lämmer pro Aue der vier Schweizer Hauptschafzuchtverbände. Die Angaben zu zwei Ablammungen pro Jahr wurden etwas tiefer festgelegt als bei einer Ablammung pro Jahr. Die Grösse des Klauenbads basierte auf den Empfehlungen von R. Lüchinger Wüest¹¹. In Tabelle 35 ist die empfohlene Länge des Klauenbads je Anzahl Tiere aufgelistet. Die Behandlungsdauer war abhängig von der Moderhinkeprävalenz zu Beginn der Behandlung und basierte auch auf Einschätzungen von R. Lüchinger Wüest¹² und Daten aus der Dissertation von D. Greber (2016). Abbildung 63 zeigt die lineare Regression der Heilungsdauer in Abhängigkeit der Moderhinkeprävalenz. Für das Szenario „Einzeltierbehandlung“ war der Anteil behandelter Tiere die Hauptvariable. Im Tierversuch wurden pro Woche durchschnittlich 10 % der Auen und Lämmer behandelt. Im Arbeitsmodell konnte der Anteil von 5 bis 100 % variiert werden.

Abbildung 63: Behandlungsdauer in Wochen in Abhängigkeit der Moderhinkeprävalenz in Prozent zu Beginn der Behandlung, sowie die Regressionsgleichung für die blau eingezeichnete Trendlinie. Die dunklen Punkte basieren auf Einschätzungen von R. Lüchinger Wüest³ und die hellen Punkte auf Daten von D. Greber (2016).



¹¹ Persönliche Mitteilung per E-Mail von Dr. Rita Lüchinger Wüest, Leiterin Sektion Schafe beim BGK, 4.9.2015

¹² Persönliche Mitteilung per E-Mail von Dr. Rita Lüchinger Wüest, Leiterin Sektion Schafe beim BGK, 26.8.2015

Alle weiteren Annahmen für das Arbeitskalkulationsmodell sind in Tabelle 35 übersichtsmässig dargestellt.

Tabelle 35: Auflistung der restlichen Annahmen für das Arbeitskalkulationsmodell

| Annahme | Szenario | Einstellung, falls nicht anders erwähnt |
|--|---|--|
| Grösse Klauenbad | Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad | bis 20 Tiere: 1.6 m Länge 21 bis 30 Tiere: 1.7-2.1 m 50-100 Tiere: 7.5-10 m 200-300 Tiere: 15-20 m 400-1000 Tiere: 22.5-30 m |
| Häufigkeit der Behandlung pro Woche | Alle | 1 x |
| Markierung nach Behandlung | Einzeltierbehandlung | „Ja“ |
| Klauendesinfektion | Einzeltierbehandlung | Alle Klauen |
| Anzahl Klauenpfleger | Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad | 1 |
| Badesubstanz | Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad | „Kupfer oder Zink“ |
| Badedauer | Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad | 10 Minuten |
| Zu reinigende Fläche in m ² (y) | Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad | $y = 50 + ((4 + \text{maximale Länge Klauenbad}) * 2.5)$ |

9.5 Ergebnisse

Der erste Teil der Ergebnisse bezieht sich auf die Arbeitszeiterfassungen, die auf dem Betrieb Chamau durchgeführt wurden. Im Anhang sind eine Beschreibung der Arbeitselemente, sowie weitere statistische Informationen, wie die minimalen und maximalen Werte, zu finden. Der zweite Teil der Ergebnisse bezieht sich auf Berechnungen des Zeitbedarfs einer Moderhinkebehandlung mit dem Arbeitskalkulationsmodell. Dieses Kapitel gliedert sich in verschiedene Unterkapitel, welche den Zeitbedarf in Abhängigkeit verschiedener Variablen zeigen.

Nachfolgend werden die drei Behandlungsszenarien nochmals kurz erklärt.

1. Sanierung gemäss BGK: Ausschneiden der Klauen bei allen Tieren und anschliessendes Klauenbad, regelmässige Kontrollen der Klauengesundheit durch externe Fachkräfte.
2. Klauenschnitt und -bad: Ausschneiden bei allen Tieren und anschliessendes Klauenbad.

3. Einzeltierbehandlung (kurz Einzeltier): Behandlung der sichtbar lahmen Tiere in der Bucht mit Ausschneiden und lokaler Desinfektion der Klauen.

Die angegebene Prävalenz bezieht sich auf den Moderhinkestatus zu Beginn der Behandlung. Anhand der Prävalenz wird im Arbeitskalkulationsmodell die Behandlungsdauer berechnet:

10 %: Durchschnittliche Behandlungsdauer von 7 Wochen

50 %: Durchschnittliche Behandlungsdauer von 13 Wochen

80 %: Durchschnittliche Behandlungsdauer von 18 Wochen

Bei den Einzeltierbehandlungen ist jeweils der Anteil behandelter Tiere angegeben. Dieser Prozentsatz sagt aus, wie viele Tiere der gesamten Herde sichtbar lahmen und folglich auch behandelt werden.

9.5.1 Arbeitszeiterfassung auf der Chamau

1 Ausschneiden bei Einzeltieren in der Bucht

Für das Arbeitselement „Tier einfangen und drehen“ mussten im Mittel 64.7 cmin aufgewendet werden (siehe Tabelle 36). Der Klauenschnitt beanspruchte den höchsten Zeitbedarf mit 131.7 cmin pro Tier. Um das Tier aufstehen zu lassen waren 7.9 cmin nötig.

Tabelle 36: Mittelwerte, Stichprobengröße und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Einzeltierausschneiden in der Bucht“

| Arbeitselement | Mittelwert (cmin) | Stichprobengröße | Anzahl Arbeitskräfte |
|---------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| Tier einfangen und drehen | 64.6 ± 32.0 | 40 | 1 |
| Klauenschnitt | 131.7 ± 36.0 | 32 | 1 |
| Tier aufstehen lassen | 7.9 ± 3.8 | 25 | 1 |

Ausschneiden bei Auen in einem Klauenstand

Der Arbeitszeitbedarf für die Elemente „Tier in den Stand treiben“ und „Tier drehen“ belief sich auf 12.9 bzw. 12.0 cmin pro Tier (siehe Tabelle 37). Für den Klauenschnitt je Klaue mussten 36.8 cmin aufgewendet werden, was sich bei vier Klauen auf 147.2 cmin aufsummierte. Der Zeitbedarf für den Klauenschnitt, welcher durch zwei Arbeitskräfte durchgeführt wird, belief sich auf 112.0 cmin. Die Protokollierung der Klauengesundheit fiel mit 26.9 cmin pro Tier ins Gewicht. Um die Aue aus dem Klauenstand zu treiben, mussten 11.7 cmin eingerechnet werden.

Tabelle 37: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Ausschneiden in einem Klauenstand“

| Arbeitselement | Mittelwert (cmin) | Stichprobengrösse | Anzahl Arbeitskräfte |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Tier in den Stand treiben | 12.9 ± 8.4 | 94 | 1 |
| Tier drehen | 12.0 ± 5.0 | 93 | 2 |
| Klauenschnitt je Klaue | 36.8 ± 18.9 | 215 | 1 |
| Klauenschnitt | 112.0 ± 48.8 | 64 | 2 |
| Protokoll ausfüllen | 26.9 ± 16.4 | 93 | 1 |
| Tier zurückdrehen und raustreiben | 11.7 ± 3.6 | 96 | 2 |

Ausschneiden bei Lämmern

Um ein Lamm aus einem abgesperrten Bereich zu fangen und auf den Rücken zu drehen, waren 22.7 cmin nötig (siehe Tabelle 38). Der Klauenschnitt beanspruchte den höchsten Zeitbedarf mit 116.4 cmin pro Lamm. Die Protokollierung der Klauengesundheit fiel mit 53.9 cmin pro Lamm ins Gewicht. Um das Lamm aufstehen zu lassen, mussten 7.5 cmin aufgewendet werden.

Tabelle 38: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Ausschneiden bei Lämmern“

| Arbeitselement | Mittelwert (cmin) | Stichprobengrösse | Anzahl Arbeitskräfte |
|---------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Lamm einfangen und drehen | 22.7 ± 5.8 | 34 | 1 |
| Klauenschnitt | 116.4 ± 38.6 | 52 | 1 |
| Protokoll ausfüllen | 53.9 ± 17.4 | 53 | 1 |
| Lamm aufstehen lassen | 7.5 ± 4.6 | 52 | 1 |

Klauenbad

Um zehn Tiere aus einem abgesperrten Bereich in das Klauenbad zu treiben, waren 41.3 cmin nötig (siehe Tabelle 39).

Die Verzögerungszeit beim Abwarten der Badedauer betrug 21.7 cmin, das heisst das Klauenbad dauerte im Durchschnitt 521.7 cmin. Um die zehn Tiere aus dem Klauenbad zu treiben, mussten 28.8 cmin aufgewendet werden.

Tabelle 39: Mittelwerte, Stichprobengrösse und Anzahl AK je Arbeitselement der Behandlungsart „Klauenbad“

| Arbeitselement | Mittelwert (cmin) | Stichprobengrösse | Anzahl Arbeitskräfte |
|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 10 Tiere in Bad treiben | 41.3 ± 22.9 | 45 | 1 |
| Badedauer abwarten (5´) | 521.7 ± 50.1 | 45 | 1 |
| 10 Tiere hinaustreiben | 28.8 ± 10.8 | 45 | 1 |

9.5.2 Ergebnisse der Berechnungen mit dem Arbeitskalkulationsmodell

Zeitbedarf für eine Sanierung gemäss BGK, sowie dem Klauenschnitt und Klauenbad

Die folgenden Abbildungen zeigen den durchschnittlichen Zeitbedarf der Sanierung gemäss BGK und dem Klauenschnitt und -bad in Abhängigkeit der Anzahl Muttertiere, sowie der Moderhinkeprävalenz. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um den gemittelten Durchschnitt aller drei Geburtenverteilungen und um den mittleren Zeitbedarf pro Jahr. Abbildung 64 zeigt den Zeitbedarf in Abhängigkeit der Herdengrösse bis zu einer Anzahl von 100 Muttertieren. Je höher die Moderhinkeprävalenz, desto höher der Zeitbedarf und desto steiler steigt der Zeitbedarf mit steigender Herdengrösse. Eine Sanierung gemäss BGK verursacht unabhängig von der Herdengrösse und der Moderhinkeprävalenz den höheren Zeitbedarf, als das Szenario „Klauenschnitt und -bad“. Der Zeitbedarf verhält sich ab 50 Muttertieren linear zur Herdengrösse.

Abbildung 64: Durchschnittlicher Zeitbedarf einer Sanierung gemäss BGK oder einem Klauenschnitt und -bad in Abhängigkeit der Herdengrösse bis 100 Muttertiere und einer Moderhinkeprävalenz von 10, 50 und 80 % (MH-Prävalenz in Klammer)

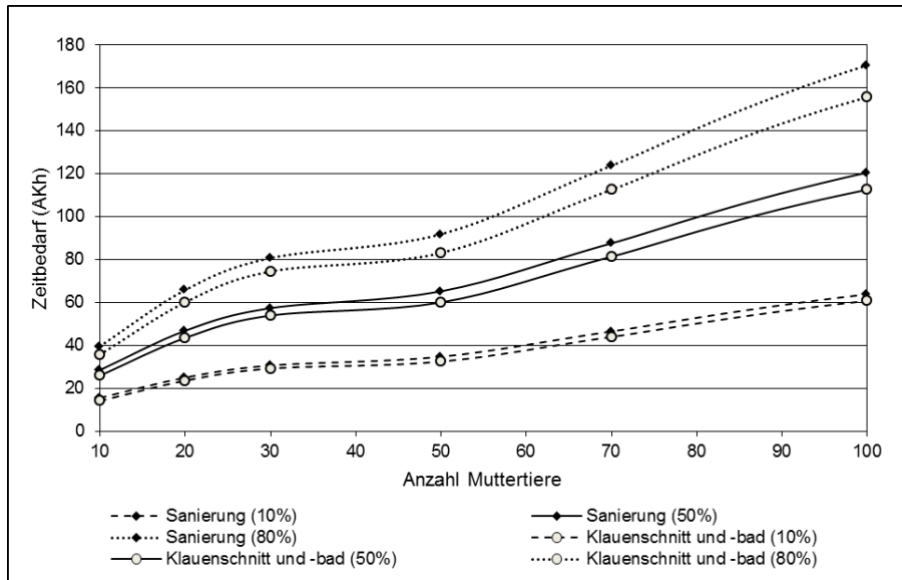
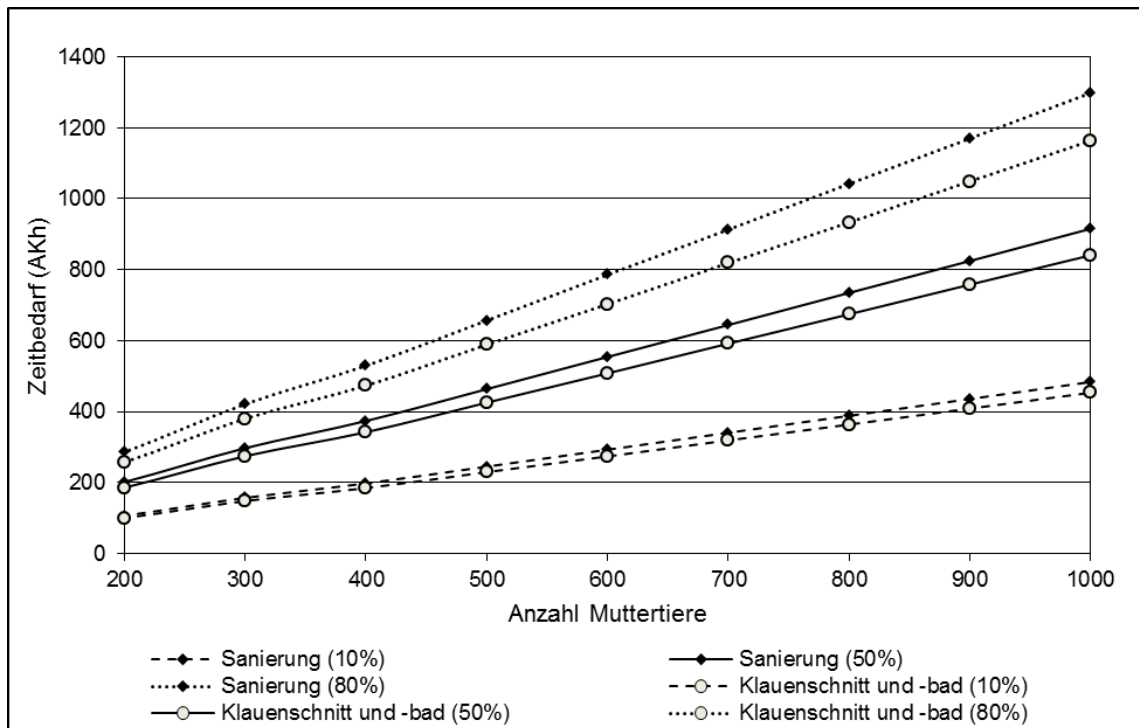


Abbildung 65 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen dem Zeitbedarf für die Herden-behandlung von Moderhinke mit einer Sanierung gemäss BGK und einem Klauenschnitt und -bad bei Herdengrössen ab 200 Muttertieren. Es zeigt sich dieselbe Entwicklung wie bei Herdengrössen unter 100 Tieren. Je höher die Moderhinkeprävalenz, desto höher der Zeitbedarf und desto stärker steigt der Zeitbedarf mit zunehmender Herdengrösse. Die Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsszenarien vergrössern sich mit zunehmender Herdengrösse und Moderhinkeprävalenz. Der Zeitbedarf steigt bei beiden Szenarien mit zunehmender MH-Prävalenz immer stärker an.

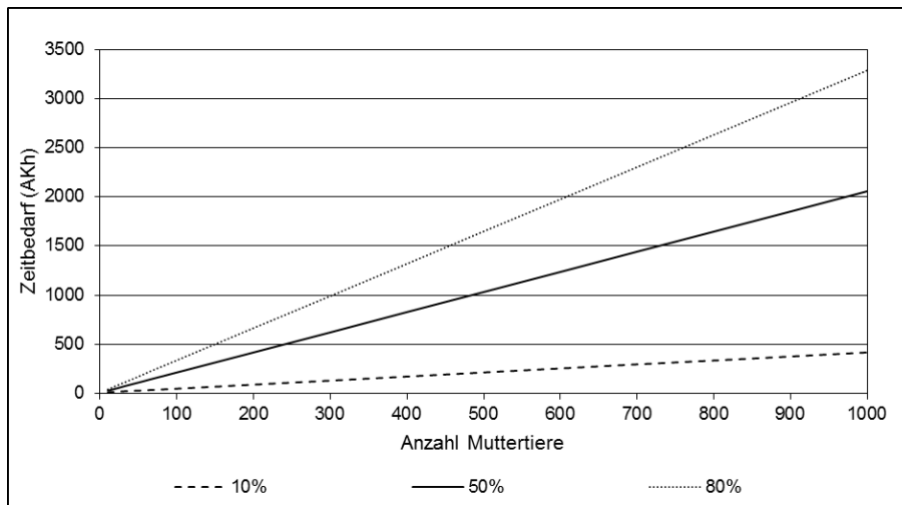
Abbildung 65: Durchschnittlicher Zeitbedarf einer Sanierung gemäss BGK oder einem Klauenschnitt und -bad in Abhängigkeit der Herdengrösse von 200 bis 1000 Muttertiere und einer Moderhinkeprävalenz von 10, 50 und 80 % (MH-Prävalenz in Klammer)



Zeitbedarf für eine Einzeltierbehandlung in der Bucht

Abbildung 66 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Zeitbedarf für die Behandlung von Einzeltieren in der Bucht und der Anzahl Muttertiere bei unterschiedlichen Anteilen an behandelten Tieren. Je höher die Prävalenz und die Anzahl Muttertiere, desto höher der Zeitbedarf. Die Beziehung zwischen Zeitbedarf und Herdengrösse zeigt sich linear. Die Steigung des Zeitbedarfs nimmt mit zunehmendem Anteil behandelter Tiere zu und die Differenz des Zeitbedarfs zwischen den verschiedenen Anteilen an behandelten Tieren vergrössert sich.

Abbildung 66: Durchschnittlicher Zeitbedarf für eine Einzeltierbehandlung in Abhängigkeit der Herdengrösse und einem Anteil an behandelten Tieren von 10, 50 und 80 %



Werden die drei Behandlungsszenarien miteinander verglichen, verursacht die Einzeltierbehandlung bei wenigen behandelten Tieren den tiefsten Zeitbedarf. Mit steigender Moderhinkeprävalenz bzw. steigendem Anteil behandelter Tiere und Herdengrösse steigt der Zeitbedarf der Einzeltierbehandlung jedoch deutlich stärker an, als bei den beiden anderen Szenarien. Ab einem Anteil behandelter Tiere von 20 % verursacht die Einzeltierbehandlung den höchsten Zeitbedarf.

9.5.3 Zeitbedarf pro Herde in Abhängigkeit der Geburtenverteilung bei einer Moderhinkeprävalenz von 50 %

In diesem Unterkapitel soll verdeutlicht werden, welchen Einfluss die Geburtenverteilung auf den Zeitbedarf einer Moderhinkebehandlung hat. Die folgenden Abbildungen zeigen den durchschnittlichen Zeitbedarf über alle Kalenderwochen in Abhängigkeit der Anzahl Muttertiere bei der Sanierung gemäss BGK, sowie dem Klauenschnitt und -bad. Die Geburtenverteilung hat bei den Einzeltierbehandlungen keinen Einfluss, da diese Art der Behandlung kein Ende findet und nur die Symptome bekämpft. Darum fehlt dieser Behandlungstyp in diesem Unterkapitel.

Abbildung 67 zeigt den Zeitbedarf einer Moderhinkebehandlung bei der Geburtenverteilung „Frühling“. „Frühling“ bedeutet, dass alle Muttertiere der Herden zwischen Januar und März ablammen, wobei im Februar am meisten Lämmer geboren werden. Eine Behandlung mit Klauenschnitt und -bad verursacht den höheren Zeitbedarf. Die Differenz zwischen den beiden Behandlungsszenarien erhöht sich von 0.8 AKh bei 10 Tieren auf 111 AKh bei 1000 Muttertieren.

Abbildung 67: Durchschnittlicher Zeitbedarf der Behandlungsszenarien Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad bei der Geburtenverteilung „Frühling“ und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %

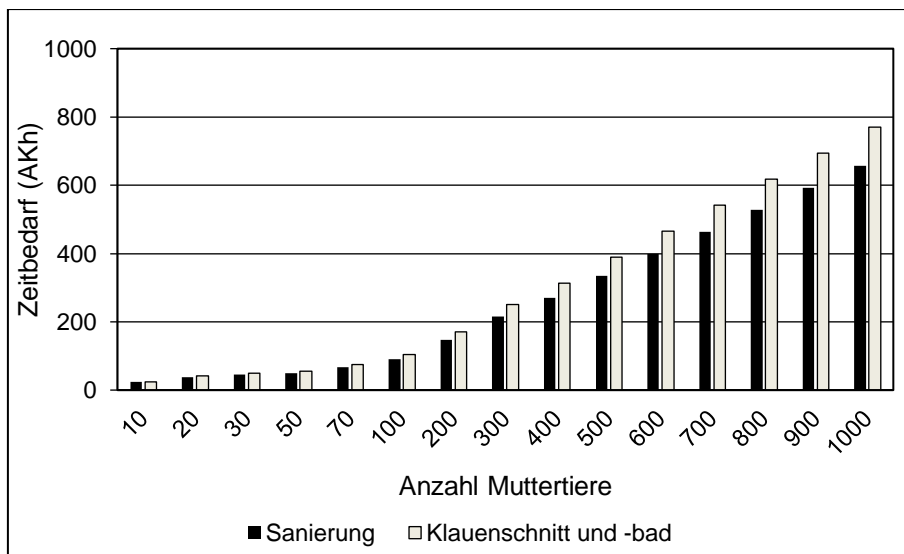
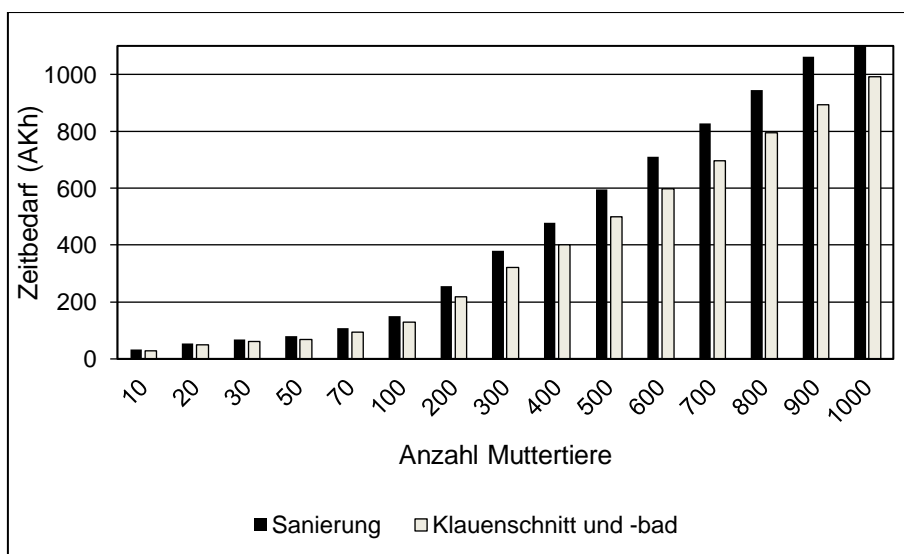


Abbildung 68 zeigt den Zeitbedarf bei zwei Geburten pro Jahr. Die Mutterschafe lammen bei dieser Geburtenverteilung im Frühling und im Herbst. Eine Sanierung gemäss BGK verursacht den höheren Zeitbedarf als eine Behandlung mit Klauenschnitt und -bad. Die Differenz zwischen den beiden Behandlungsszenarien steigert sich von 4.5 auf 186.6 AKh.

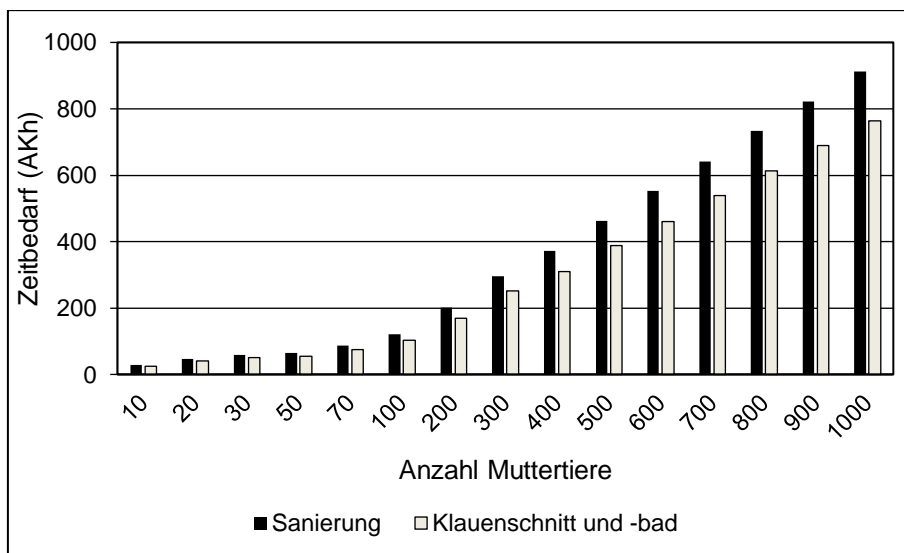
Abbildung 68: Durchschnittlicher Zeitbedarf der Behandlungsszenarien Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad bei der Geburtenverteilung „Frühling und Herbst“ und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %



Die letzte Abbildung zeigt den Zeitbedarf bei der Geburtenverteilung „asaisonal“ (siehe Abbildung 69). Hier lammen die Muttertiere regelmässig verteilt über das Jahr ab,

folglich lammen rund 2 % der Auen pro Tag ab. Für eine Sanierung gemäss BGK muss mehr Arbeitszeit aufgewendet werden, als für eine Behandlung mit Klauenschnitt und -bad. Die Differenz zwischen den beiden Behandlungsszenarien erhöht sich von 4.1 AKh bei wenigen Tieren pro Herde auf 149.2 AKh bei grossen Herden.

Abbildung 69: Durchschnittlicher Zeitbedarf der Behandlungsszenarien Sanierung gemäss BGK und Klauenschnitt und -bad bei der Geburtenverteilung „asaisonal“ und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %



Werden die drei Geburtenverteilungen miteinander verglichen, muss bei zwei Geburten im Jahr mit dem höchsten durchschnittlichen Zeitbedarf gerechnet werden, gefolgt von asaisonalen Geburten und Ablammungen im Frühling. Der Zeitbedarf erhöht sich bei allen Geburtenverteilungen mit zunehmender Herdengrösse. Die Geburtenverteilung beeinflusst bei der Sanierung gemäss BGK den Zeitbedarf stärker. Das heisst, die Unterschiede zwischen den Geburtenverteilungen sind grösser als beim Klauenschnitt und -bad.

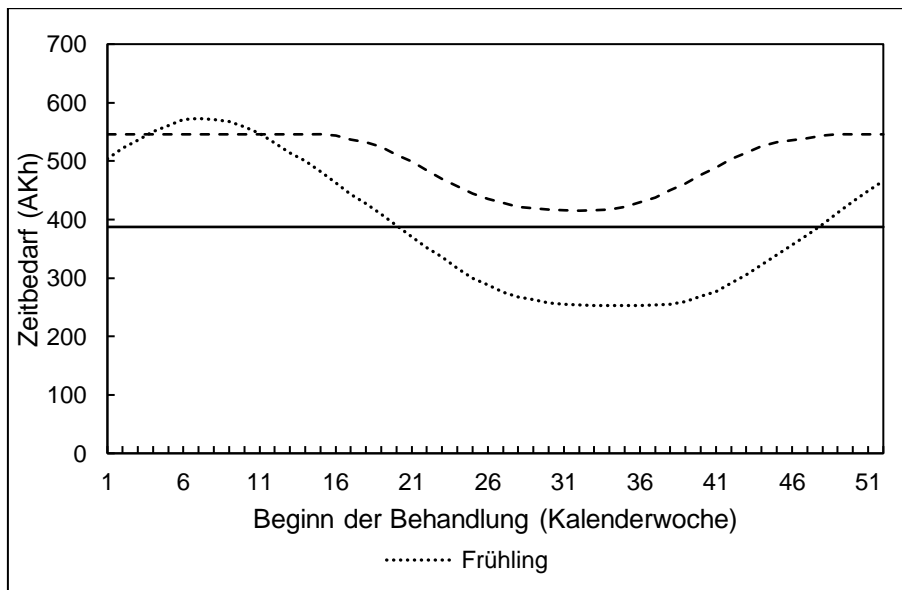
9.5.4 Zeitbedarf pro Herde in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns

Die beiden nächsten Abbildungen sollen veranschaulichen, wie sich der Zeitbedarf je Geburtenverteilung bei einer Herde von 500 Muttertieren und einer Moderhinkeprävalenz von 50 % in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns verändert. Wie bei der Geburtenverteilung auch, beeinflusst der Behandlungsbeginn den Zeitbedarf der Einzeltierbehandlung nicht und ist daher in den folgenden Abbildungen nicht enthalten.

Abbildung 70 gilt für das Behandlungsszenario Klauenschnitt und -bad. Bei diesem Szenario kann der Behandlungsbeginn beliebig gewählt werden. Je nach Beginn der Behandlung ist eine andere Geburtenverteilung am zeitintensivsten.

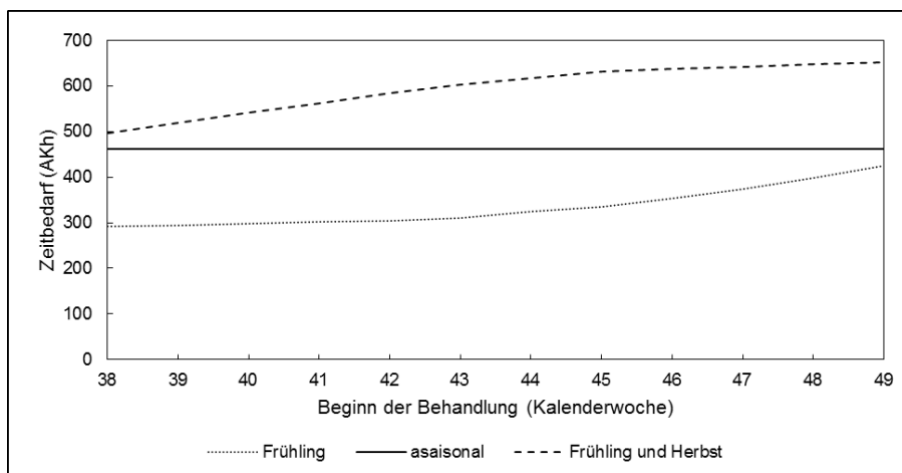
Bei den saisonalen Geburtenverteilungen („Frühling“ und „Frühling und Herbst“) ist der Zeitbedarf starken Schwankungen unterworfen und kann sich je nach Behandlungsbeginn verdoppeln. Die Geburtenverteilung „Frühling“ ist stärkeren Schwankungen im Jahresverlauf unterworfen als „Frühling und Herbst“. Zudem ist die Periode mit minimaler Arbeitszeit hier länger als bei zwei Geburten pro Jahr. Bei asaisonalen Ablammungen verläuft der Zeitbedarf konstant über das Jahr bei 387 AKh.

Abbildung 70: Durchschnittlicher Zeitbedarf beim Behandlungsszenario „Klauenschnitt und -bad“ in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns bei 500 Muttertieren und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %



Das Behandlungsszenario Sanierung gemäss BGK startet zwischen Kalenderwoche 38 und 49 (siehe Abbildung 71). Die Geburtenverteilung „Frühling und Herbst“ verursacht den höchsten Zeitbedarf, gefolgt von asaisonalen Ablammungen und Geburten im Frühling. Der Zeitbedarf für die Geburtenverteilung „Frühling“ steigt gegen Ende des Jahres immer stärker an. Bei zwei Geburten pro Jahr erhöht sich der Zeitbedarf gegen Winter auch, jedoch weniger stark als bei Geburten im Frühling.

Abbildung 71: Durchschnittlicher Zeitbedarf beim Behandlungsszenario „Sanierung gemäss BGK“ in Abhängigkeit des Behandlungsbeginns bei 500 Muttertieren und einer Moderhinkeprävalenz von 50 %



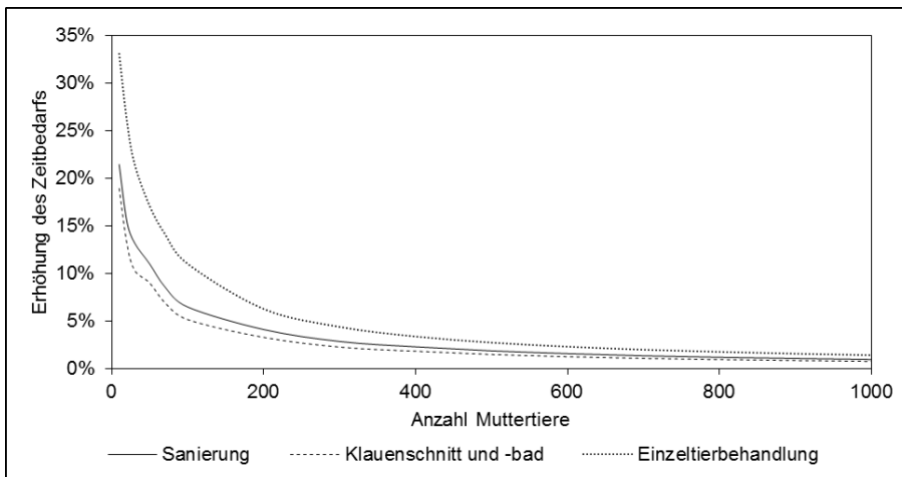
Die beiden Szenarien können hinsichtlich des Behandlungsbeginns nur beschränkt miteinander verglichen werden, da bei der Sanierung gemäss BGK die Behandlungsspanne deutlich kürzer ist. Werden die beiden Abbildungen trotzdem verglichen, verdeutlicht sich der unterschiedliche Schwankungsgrad des Zeitbedarfs. Beim Klauenschnitt und -bad hat der Behandlungsbeginn einen starken Einfluss auf den Zeitbedarf. Bei einer Sanierung gemäss BGK ist der Beginn der Behandlung beschränkt und die Schwankungen im Zeitbedarf sind daher geringer.

9.5.5 Sensitivität des Zeitbedarfs bei Erhöhung der geschätzten Planzeiten im Arbeitskalkulationsmodell

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Sensitivität der geschätzten Planzeiten im Arbeitskalkulationsmodell. Bei der Modellierung der Behandlungsszenarien wurden diverse Planzeiten geschätzt. In Tabelle 34 sind die geschätzten Planzeiten aufgeführt. Diese Planzeiten wurden nun um 100 % erhöht, um den Einfluss auf den Zeitbedarf zu zeigen. Abbildung 72 zeigt die maximale Erhöhung des Zeitbedarfs der Behandlungsszenarien in Abhängigkeit der Anzahl Muttertiere bei einer Moderhinkeprävalenz bzw. einem Anteil behandelter Tiere von 10 %. Der Zeitbedarf des Szenarios „Einzeltierbehandlung“ erhöht sich am stärksten, gefolgt von der Sanierung gemäss BGK und dem Klauenschnitt und -bad. Die Erhöhung des Zeitbedarfs bei der Einzeltierbehandlung bewegt sich zwischen 33 % und 1.5 %. Bei der Sanierung gemäss BGK liegt die Erhöhung bei 10 Muttertieren bei 21 % und sinkt

mit zunehmender Herdengrösse auf 1 %. Beim Klauenschnitt und -bad erhöht sich der Zeitbedarf zwischen 19 und 1 %.

Abbildung 72: Zusammenhang zwischen der Erhöhung aller geschätzten Planzeiten um 100 % und der daraus maximal resultierenden Erhöhung des Zeitbedarfs je Herdengrösse.



Über alle Behandlungsszenarien gesehen, ist die Erhöhung stärker je weniger Tiere behandelt werden. Ab einer Herdengrösse von 300 Muttertieren ist die Erhöhung des Zeitbedarfs unabhängig des Behandlungsszenarios kleiner als 5 % und flacht zunehmend bis unter 1 % ab.

9.6 Diskussion

Im ersten Teil der Diskussion werden die Ergebnisse der Arbeitszeiterfassung auf der Chamau thematisiert und mit Literaturwerten verglichen. Der zweite Teil der Diskussion bezieht sich auf die Berechnungen im Arbeitskalkulationsmodell.

9.6.1 Ergebnisse der Arbeitszeiterfassung

Vergleich der Behandlungsarten

In Tabelle 40 sind die Resultate der Arbeitszeiterfassung zusammengefasst und vergleichend dargestellt.

Tabelle 40: Durchschnittlicher Zeitbedarf je Arbeitselement der drei untersuchten Behandlungsarten

| | Einfangen (cmin) | Schneiden der Klauen (cmin) | Aufstehen (cmin) | Total (cmin) |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|--------------|
| Ausschneiden bei Einzeltieren | 64.6 ± 32.0 | 131.7 ± 36.0 | 7.9 ± 3.8 | 204.3 ± 71.8 |
| Klauenschnitt bei Auen | 24.9 ± 13.4 | 147.2 ± 75.6 | 11.7 ± 3.6 | 186.2 ± 71.0 |
| Klauenschnitt bei Lämmern | 22.7 ± 5.8 | 116.4 ± 38.6 | 7.5 ± 4.6 | 146.6 ± 49.0 |

Das Arbeitselement „Einfangen“ dauerte beim Ausschneiden bei Einzeltieren mit durchschnittlich 64.6 cmin dreimal länger als bei den anderen Behandlungsarten. Bei dieser Art des Einfangens werden definierte Einzeltiere aus der Herde rausgesucht, was den höheren Zeitbedarf für diesen Teilschritt erklärt. Zudem muss das gewünschte Tier zuerst in der Herde gesichtet werden. Beim Schneiden der Klauen verursachten die Lämmer den tiefsten Zeitbedarf. Die Klauen der Jungtiere sind kleiner im Vergleich mit adulten Schafen, was eine Erklärung für den tieferen Zeitbedarf sein könnte. Der durchschnittliche Moderhinkegrad pro Lamm (Summe der Scores pro Klaue) ist jedoch mit 5.9 ± 3.3 höher als beim Klauenschnitt der Auen im Klauenstand (MH-Score: 5.4 ± 2.2^4). Es wäre zu erwarten gewesen, dass höhere Moderhinkescores zu einem höheren Zeitbedarf für das Schneiden der Klauen führen.

Erstaunlicherweise ist der durchschnittliche Moderhinkegrad bei der Einzeltierbehandlung, wo ausschliesslich lahrende Tiere für die Behandlung selektioniert wurden, mit 5.3 ± 2.7 ebenfalls nicht höher als bei den anderen Behandlungsarten. Daraus lässt sich schliessen, dass sichtbar lahrende Tiere im Mittel nicht stärker von Moderhinke betroffen sind, als der Durchschnitt einer ganzen an Moderhinke erkrankten Herde. Zudem werden mit dieser Behandlungsart nicht wie gewünscht alle Tiere mit starker Moderhinke behandelt. Diese Beobachtungen decken sich mit den Angaben von Raadsma und Egerton (2013), die Lahmheit nicht als eindeutiges Indiz für Moderhinke beschreiben.

Beim Aufstehen der Tiere unterscheidet sich der Zeitbedarf je Behandlungsart kaum. Beim Klauenschnitt bei Auen war der Zeitbedarf für das Aufstehen durchschnittlich um 4 cmin höher. Das Arbeitselement „Aufstehen“ besteht hier aus zwei Teilschritten (Zurückdrehen der Drehvorrichtung und Tor öffnen), was den leicht höheren Zeitbedarf erklären könnte.

Beim Klauenbad machte die Badedauer den grössten Anteil des Zeitbedarfs aus. Dies könnte einen Landwirt dazu verführen, die Badezeit zu verkürzen. Das heisst, die

empfohlenen 10 Minuten Badezeit würden dann häufig nicht eingehalten. Bei diesem Teilschritt der Behandlung sollte jedoch nicht gespart werden, da die Einwirkdauer der Badeflüssigkeit massgeblich die Erfolgchancen der Behandlung beeinflusst (Winter 2009). Hingegen lohnt es sich zu beachten, dass der Platzbedarf im Klauenbad optimal ausgenutzt wird. Das Klauenbad auf der Forschungsstation Chamau bietet mit seinem 8 m Länge Platz für 10 adulte Tiere. Bei der Datenaufnahme zum Arbeitszeitbedarf wurden total nur 10 Tiere (Lämmer und Auen gemischt) ins Klauenbad getrieben. Aufgrund von Empfehlungen des BGK würden jedoch mehr Tiere hineinpassen, da zwei grössere Lämmer dem Platzbedarf einer Aue entsprechen. Mit der optimalen Ausnutzung des Klauenbads kann also Zeit eingespart werden, ohne die Wirksamkeit des Bades einzuschränken. Die Tiere sollten aber nicht zu dicht beieinander stehen, damit von jedem Tier alle Füsse mit der Badeflüssigkeit Kontakt haben und somit eine gute Einwirkung des Bades erwartet werden kann.

Vergleich mit der Literatur

In der Arbeit von Mager et al. (2009) sind Planzeiten zu folgenden Arbeitselementen vorhanden (in cmin):

| | |
|---|-------|
| Lamm einfangen in abgesperrtem Bereich: | 7.6 |
| Lamm auf den Rücken drehen: | 13.2 |
| Vordere Klaue schneiden bei einem Lamm: | 22.6 |
| Hintere Klaue schneiden bei einem Lamm: | 20.0 |
| Klauenschnitt bei adulten Schafen: | 200.0 |

Eingeteilt in die Teilschritte aus Tabelle 14 ergeben sich bei Mager et al. (2009) folgende Planzeiten für den Klauenschnitt bei Lämmern (in cmin):

| | |
|----------------|------|
| Einfangen: | 20.8 |
| Klauenschnitt: | 85.2 |

Lämmer

Die Angaben in der Literatur zum Einfangen und auf den Rücken drehen der Lämmer sind vergleichbar mit den Ergebnissen dieser Arbeit (20.8 cmin bei Mager et al. und 22.7 ± 5.8 cmin in dieser Arbeit). Beim Klauenschnitt bei den Lämmern beträgt die Differenz zur Literatur 31.2 cmin. Die Lämmer in der Literaturangabe leiden im Gegensatz zu den Angaben in dieser Arbeit nicht an Moderhinke, was die Differenz erklären könnte. Andererseits könnte dieser Unterschied auch durch andere Einflüsse zustande kommen, wie beispielsweise das Alter, den Verschmutzungsgrad der Klauen, die Routine des Klauenpflegers, usw.

Adulte Schafe

Bei adulten Schafen ist der Unterschied zur Literatur deutlich. Laut Mager et al. (2009) sind für das Schneiden der Klauen 200.0 cmin nötig. Im Gegensatz dazu, wurden in den Arbeitszeiterfassungen auf der Chamau für den Schnitt zwischen 116.4 und 149.6 cmin gemessen. Eigentlich wäre zu erwarten gewesen, dass sich der Klauenschnitt durch die Moderhinke deutlich verlängert, weil alle Hohlräume sorgfältig ausgeschnitten werden müssen. Eine mögliche Erklärung für diesen Widerspruch könnte das Hornwachstum sein. Die Planzeiten von Mager et al. (2009) gelten für einen Klauenschnitt, der ein- bis zweimal pro Jahr durchgeführt wird. Während des Tierversuchs auf der Chamau erfolgte der Klauenschnitt alle zwei Wochen und das Klauenhorn wuchs entsprechend kaum nach. Laut Literaturangaben wächst das Klauenhorn von Schafen durchschnittlich 0.11 mm pro Tag (Shelton et al., 2012) was sich bei einem Klauenschnitt pro Jahr auf 4 cm gewachsenes Klauenhorn aufsummiert. Im Tierversuch auf der Chamau wurden nur rund 0.8 mm Klauenhorn pro Schnitt entfernt. Dies könnte den tieferen Zeitbedarf für den Klauenschnitt auf der Chamau erklären.

Zudem gelten die 200.0 cmin für einen Klauenschnitt ohne Klauenstand. Das heisst, die Tiere werden manuell auf den Rücken gedreht. Ein Klauenschnitt in gebückter Haltung ist anstrengender und diese zusätzliche Arbeitsbelastung könnte den höheren Zeitbedarf für den Klauenschnitt in der Literatur ebenfalls miterklären. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, dass der Zeitbedarf für den Klauenschnitt bei den Einzeltierbehandlungen tiefer ist, als beim Ausschneiden im Klauenstand. Das Ausschneiden der Klauen bei Einzeltieren in dieser Arbeit erfolgte ebenfalls in gebückter Haltung und sollte daher auch länger dauern. Bei den Einzeltierbehandlungen im Tierversuch auf der Chamau wurden meist nur die Klaue(n) der lahmen Gliedmasse(n) ausgeschnitten. Die restlichen Klauen wurden zwar kontrolliert, aber bei fehlenden oder schwachen Moderhinkesymptomen nicht so intensiv behandelt, wie dies beim Ausschneiden im Klauenstand der Fall war. Dies könnte eine mögliche Erklärung für den unerwartet tieferen Zeitbedarf für das Schneiden der Klauen bei den Einzeltierbehandlungen sein. Der Moderhinkegrad scheint daher kein wesentlicher Einflussfaktor auf die Schnittdauer zu sein und die Schnittdauer wird wohl durch andere Faktoren stärker beeinflusst.

9.6.2 Zusätzlicher Arbeitsbedarf aufgrund von Moderhinke und Unterschiede im Zeitbedarf je Behandlungsart

Der durchschnittliche Schweizer Schafhalter hält rund 50 Schafe (Bundesamt für Statistik (BFS) 2000-2014). Die durchschnittliche Moderhinkeprävalenz in der Schweiz liegt bei 40 % (Friedrich et al., 2012), was zu einer Behandlungsdauer von 12 Wochen führt. Somit muss der Durchschnittsbetrieb rund 28 AKh für die Einzeltierbehandlung in

der Bucht aufwenden bei einem Anteil behandelter Tiere von 10 %. Für eine Sanierung gemäss BGK sind 60 AKh nötig und für einen Klauenschnitt und -bad 56 AKh. Erwartungsgemäss verursacht die Sanierung gemäss BGK den höchsten Zeitbedarf, gefolgt vom Klauenschnitt und -bad und den Einzeltierbehandlungen. Eine Sanierung gemäss BGK beinhaltet zusätzliche Kontrollen der Klauengesundheit, was den höheren Zeitbedarf im Vergleich zum Klauenschnitt und -bad erklärt. Abgesehen von den Klauenkontrollen sind sich diese beiden Behandlungsszenarien, sowohl vom Ablauf als auch vom Zeitbedarf her, sehr ähnlich.

9.6.3 Vergleich mit dem Zeitbedarf für den Pflegeschnitt bei gesunden Tieren

Nachfolgend soll anhand des Zeitbedarfs für die jährliche Klauenpflege die Grössendimension einer Moderhinkebehandlung aufgezeigt werden. Tabelle 41 zeigt den Zeitbedarf der jährlichen Klauenpflege im Vergleich mit dem einer Moderhinkebehandlung. Die Erhöhung des Zeitbedarfs aufgrund von Moderhinke ist deutlich, aber kleiner als erwartet. Die Unterschiede zwischen dem Zeitbedarf für den Pflegeschnitt und dem einer Moderhinkebehandlung werden mit wachsender Herdengrösse immer stärker. Eine mögliche Erklärung dafür sind die unterschiedlichen Herdengrössen. Beim jährlichen Pflegeschnitt werden in der Regel nur die Klauen der Muttertiere geschnitten. Bei der Moderhinkebehandlung werden jedoch die Lämmer ebenfalls mitbehandelt. Zudem beinhaltet die Moderhinkebehandlung neben dem Klauenschnitt noch das Klauenbad und allenfalls zusätzliche Klauenkontrollen, was den Zeitbedarf ebenfalls erhöht.

Tabelle 41: Vergleich des Zeitbedarfs eines jährlichen Pflegeschnitts mit dem Zeitbedarf einer Moderhinkebehandlung für verschiedene Herdengrössen

| Anzahl Muttertiere | Anzahl Pflegeschnitte pro Jahr | Zeitbedarf pro Herde in AKh für Pflegeschnitt (Mager <i>et al.</i> 2009) | Anzahl Muttertiere | Zeitbedarf pro Herde in AKh für Sanierung / Klauenschnitt und -bad / Einzeltierbehandlung (Bähler 2016) |
|--------------------|--------------------------------|--|--------------------|---|
| 125 | 2 | 42.5 | 100 | 63.8 / 60.7 / 47.7 |
| 245 | 2 | 51.5 | 200 | 106.8 / 100.3 / 89.0 |
| 400 | 1 | 60.0 | 400 | 197.9 / 184.6 / 171.6 |
| 490 | 2 | 68.6 | 500 | 245.1 / 229.7 / 213.0 |
| 800 | 1 | 88.0 | 800 | / 363.9 / 334.5 |

9.6.4 Vergleich der Behandlungsszenarien

Eine Einzeltierbehandlung bei gleichem Anteil an behandelten Tieren wie die Moderhinkeprävalenz (MH-Prävalenz und Anteil behandelter Tiere liegen beispielsweise bei 30 %) ist erstaunlicherweise nicht deutlich weniger zeitaufwändig, als die beiden anderen Behandlungsszenarien. Es gilt jedoch zu bedenken, dass in der Praxis oftmals nicht wöchentlich behandelt wird, wie im Behandlungsszenario angenommen. Im Tierversuch auf der Chamau lag der Anteil behandelter Tiere bei rund 13 %, bei einer durchschnittlichen Moderhinkeprävalenz von 77 % (Tiere mit höheren MH-Scores als 1 gelten als krank). Sollte sich die Moderhinkeprävalenz weiter erhöhen, würde sich der Anteil lahrender und folglich auch der Anteil behandelter Tiere erhöhen. Im Versuch auf der Chamau wurden alle Tiere systematisch alle zwei Wochen behandelt. Somit könnte der Anteil behandelter Tiere unter Praxisbedingungen höher sein, da ohne systematische Moderhinkebehandlung die MH-Prävalenz höher wäre und daher auch der Anteil lahrender Tiere. In der Literatur liegt die Lahmheitsprävalenz aufgrund von Moderhinke zwischen 8 und 10 % (Kaler und Green, 2008a; Wassink et al., 2003; Wassink et al., 2010), was sich mit den Angaben aus dem Tierversuch deckt. Somit ist die Einzeltierbehandlung am wenigsten zeitintensiv, da der Anteil behandelter Tiere wohl nur zwischen 5 und 20 % liegt.

Bei der Einzeltierbehandlung wird die Moderhinke aber nicht dauerhaft bekämpft, sondern vielmehr kontrolliert. Die Kontrolle der Krankheit ist jedoch nicht gleichzusetzen mit der Eliminierung der Krankheit. Durch Einzeltierbehandlungen, sprich dem Ausschneiden der Klauen und einer lokalen Desinfektion, werden nur die Symptome gelindert. Die Erreger werden jedoch nicht vollständig eliminiert. Die Sanierung gemäss BGK und ein Klauenschnitt und -bad (Eliminierungsszenarien) haben hingegen das Ziel, die Erreger langfristig aus der Herde zu eliminieren. Einzeltierbehandlungen können bei tiefer Moderhinkeprävalenz Zeiten mit vielen Tieren auf dem Betrieb überbrücken. Sobald die Anzahl Tiere auf dem Betrieb beim Jahresminimum steht, sollte eines der Eliminierungsszenarien begonnen werden.

Beim Vergleich der beiden Eliminierungsszenarien verursacht eine Sanierung durchschnittlich zwischen 6 % (MH-Prävalenz von 10 %), 8 % (50 %) und 10 % (80 %) mehr Zeit pro Herde, als eine Behandlung mit Klauenschnitt und -bad. Nun stellt sich die Frage, ob sich dieser Mehraufwand lohnt. Bei korrekter Durchführung führen beide Behandlungsmethoden zum Erfolg, da sie sich von der Behandlung her nicht unterscheiden. Der Unterschied besteht in der Erfolgskontrolle. Eine Sanierung hat den Vorteil, dass der Schafhalter durch externe Fachkräfte bei der Behandlung unterstützt und beraten wird. Zudem erhält der Betrieb nach erfolgreicher Sanierung den Status „MH-frei“, was sich vor allem beim Verkauf von Tieren positiv auswirken kann. Ausschlaggebend für den Erfolg einer Sanierung ohne externe Unterstützung ist die korrekte Diagnose der Krankheit.

Der Schafhalter muss imstande seine Moderhinke, und vor allem die Abwesenheit von Moderhinke, am Tier korrekt zu erkennen. Kaler und Green (2008a, 2008b) konnten zeigen, dass Schafhalter bereits leicht lahrende Schafe gut erkennen und Moderhinke wurde von 85 % der Schafhalter auf Fotos erkannt. Andererseits schnitten die „Experten“, meist waren es Tierärzte, in dieser Studie deutlich besser ab im Erkennen und Benennen von Klauenerkrankungen als die Schafhalter. Aus diesen Gründen scheint es möglich, eine Sanierung ohne zusätzlichen Kontrollaufwand und Aufzeichnungen gemäss BGK-Sanierungsschema erfolgreich durchzuführen.

9.6.5 Abhängigkeiten des Zeitbedarfs

Die Resultate zeigen eine starke Abhängigkeit des Zeitbedarfs von der Herdengrösse und der Moderhinkeprävalenz. Es fällt auf, dass sich der Zeitbedarf der Eliminierungsszenarien bis zu einer Herdengrösse von 50 Muttertieren nicht linear zur Anzahl Muttertiere verhält. Eine Erklärung dafür könnte die Klauenbadgrösse sein. Die Klauenbadgrösse verhält sich nicht linear zur Herdengrösse. Bei einer Herde von 30 Muttertieren ist das Bad im Verhältnis kleiner, als bei den restlichen Herdengrössen. Dadurch braucht es mehr Durchgänge im Klauenbad und der Zeitbedarf erhöht sich mit zunehmender Herdengrösse überproportional stark. Zudem erhöht sich die Differenz im Zeitbedarf zwischen der Sanierung gemäss BGK und dem Klauenschnitt und -bad mit zunehmender Moderhinkeprävalenz, weil die Kontrolle der Klauengesundheit alle vier Wochen stattfindet und bei längerer Behandlung folglich mehr Kontrollen durchgeführt werden.

Da es sich bei Moderhinke um eine Herdenerkrankung handelt, ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor der Behandlung die Kontrolle und Mitbehandlung aller Tiere und somit auch der Lämmer. Durch die Mitbehandlung der Lämmer erhöht sich der Zeitbedarf deutlich, da pro Aue durchschnittlich 1.7 Lämmer pro Jahr bzw. Wurf (bei einem Wurf pro Jahr) geboren werden (Schweizerischer Schafzuchtverband (SZV), 2015). Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor ist die Behandlungsdauer. Bei tiefer MH-Prävalenz muss die Behandlung wöchentlich während durchschnittlich sieben Wochen wiederholt werden. Mit zunehmender Prävalenz kann sich die Behandlungsdauer auf bis zu 21 Wochen ausdehnen. Daher ist das frühe Erkennen von Krankheitssymptomen wichtig, um den Zeitbedarf zu senken.

9.6.6 Unterschiede je nach Betriebstyp

Es sind Unterschiede je nach Betriebstyp zu erwarten. Einerseits gibt es direkte Einflussgrössen auf den Zeitbedarf, wie beispielsweise die Anzahl Tiere, die Infrastruktur (z. B. Klauenbadgrösse) oder die Anzahl Arbeitskräfte. Andererseits ist Moderhinke eine multifaktorielle Krankheit. Aspekte wie Hygiene oder Tierverkehr beeinflussen die Übertragung von Moderhinke und wirken sich so indirekt auch auf den Zeitbedarf der Behandlung aus.

Indirekte Einflussgrößen

Die Umweltbedingungen während der Ablammperiode sind unabhängig der Geburtenverteilung für die Moderhinkeerreger vorteilhaft und die Wahrscheinlichkeit eines Krankheitsausbruchs erhöht sich. Während der Ablammperiode werden die Schafe eingestallt.

Die Tiere haben folglich weniger Platz zur Verfügung, was die Übertragung der Moderhinkeerreger begünstigt (Kaler et al., 2010; Smith et al., 2014). Durch die Geburt der Lämmer reduziert sich der Platzbedarf zusätzlich, was die Übertragung der Krankheit ebenfalls fördert. Das Stroh-Mist-Gemisch im Stall ist zudem ideal für die Erreger. Diese können lange darin überleben. Solche Gegebenheiten erschweren die Bekämpfung der Krankheit und erhöhen den Zeitbedarf, weil die Krankheit bei hoher Tierzahl ausbricht. Einige Betriebstypen können anfälliger für die Übertragung der Krankheit sein, weil die Tierdichte höher ist oder die Tiere länger im Stall stehen. Zusätzlich ergeben sich Unterschiede aufgrund von Hygienestandards. Durch sauberes Arbeiten beim Klauenschnitt, sowie dem Entfernen des abgeschnittenen Horns und durch häufiges Desinfizieren der Werkzeuge kann die Übertragung vermindert werden.

Direkte Einflussgrößen

Bei den direkten Einflüssen auf den Zeitbedarf ist die Tierzahl am wichtigsten. Der Einfluss der Herdengröße wurde bereits diskutiert. Die Ergebnisse zeigen zudem einen Einfluss der Geburtenverteilung auf den Zeitbedarf, weil die Geburtenverteilung die Anzahl Tiere auf dem Betrieb beeinflusst. Je nach Geburtenmanagement ist die zeitliche Verteilung der Lämmer im Jahresverlauf verschieden. Je weniger Tiere behandelt werden müssen, desto kleiner ist auch der Zeitbedarf. Die Geburtenverteilung „Frühling“ ist vor allem für eine Sanierung gemäss BGK ideal, weil im Herbst weniger Lämmer auf dem Betrieb sind. Die anderen Geburtenverteilungen verursachen den höheren Zeitbedarf, weil es keine oder nur kurze Perioden ohne Lämmer auf dem Betrieb gibt. Der Zeitbedarf kann bei geschickter Wahl des Behandlungsbeginns trotzdem gesenkt werden. Eine Möglichkeit ist der Verzicht einer zweiten Ablammung im Herbst, wenn beabsichtigt wird, Moderhinke in einer Herde zu bekämpfen. Bei asaisonalen Geburten ist ein Wechsel der Geburtenverteilung jedoch kaum möglich, da beispielsweise bei einem Milchschaftbetrieb die asaisonale Milchproduktion und somit auch die Geburtenverteilung zentral für das Betriebsmanagement ist.

Der Zeitbedarf für das Klauenbad erhöht sich bei jungen Lämmern, weil sie gesondert von der restlichen Herde das Klauenbad passieren sollten. Bei gemeinsamem Trieb und Bad mit der Herde besteht die Gefahr, dass die Lämmer umgerannt und erdrückt werden oder ertrinken. Auch bei hochträchtigen Tieren erhöht sich der Zeitbedarf, weil

diese sehr behutsam behandelt werden müssen. Bei Behandlungsbeginn im Spätherbst oder Winter darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass im nächsten Frühling erneut Lämmer geboren werden. Bei hoher Moderhinkeprävalenz und daher langer Behandlungsdauer müssen die im nächsten Frühling geborenen Lämmer ebenfalls mitbehandelt werden, was den Zeitbedarf für eine Behandlung ebenfalls erhöht.

Die Datenaufnahme erfolgte auf einem gut ausgestatteten Betrieb mit überdurchschnittlicher Anzahl Schafe. Bei kleinen Betrieben könnte sich der Zeitbedarf erhöhen, weil durch veraltete oder fehlende Infrastruktur die Rüstzeiten höher werden. Kleine Betriebe haben oft keine fest installierten Klauenbäder. Diese Gegebenheit wurde im Arbeitskalkulationsmodell berücksichtigt, indem die Rüstzeit bei kleinen Herden erhöht wurde. Inwieweit diese Anpassungen der Praxis entsprechen, ist jedoch nicht geklärt. Zudem basieren die beiden Eliminierungsszenarien auf der Verwendung eines Klauenstands. Verfügt der Betrieb über keinen Klauenstand, wird sich der Zeitbedarf wohl erhöhen, weil das manuelle Drehen der Tiere länger dauert.

Eine weitere Einflussgrösse sind die Arbeitskräfte. Während der Datenaufnahme waren bis zu fünf Personen mit spezifischen Aufgaben betraut. Sind weniger Personen anwesend, erhöht sich der Zeitbedarf aufgrund von längeren Wegstrecken pro Person und stärkerer Ermüdung.

Das Behandlungsszenario „Ausschneiden bei Einzeltieren“ sollte keine grossen Unterschiede im Zeitbedarf je nach Betriebstyp verursachen, da kaum Infrastruktur für die Behandlung nötig ist. Zudem hat die Geburtenverteilung keinen Einfluss, da die Behandlung nie abgeschlossen ist. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Anzahl Arbeitskräfte, die zur Behandlung nötig ist. Die Behandlung kann von einer Person durchgeführt werden und die Daten wurden auch nur mit einer Person erhoben. Somit sind die beiden Eliminierungsszenarien anfälliger für Unterschiede je nach Betriebstyp, als das Ausschneiden bei Einzeltieren.

9.6.7 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Betriebe

Ein Modell, und daher auch ein Arbeitskalkulationsmodell, beruht immer auf Annahmen. Die Herausforderung besteht nun darin, Annahmen zu treffen, die die Wirklichkeit möglichst genau widerspiegeln und für möglichst viele Betriebe gelten. Nachfolgend sollen die verschiedenen Annahmen aus dem Arbeitskalkulationsmodell mit der Literatur verglichen und auf ihre Übertragbarkeit auf andere Betriebe überprüft werden.

Anzahl Lämmer pro Aue und Geburtenverteilung

Wann immer möglich wurde mit Durchschnittswerten gearbeitet. So beruht die Anzahl Lämmer pro Aue auf Durchschnittswerten der vier Hauptschafzassen der Schweiz.

Diese vier Rassen machen über 90 % der Herdebuchtiere beim Schweizerischen Schafzuchtverband aus und repräsentieren den Schweizer Durchschnitt daher sicherlich gut (Schweizerischer Schafzuchtverband (SZV), 2015).

Im Arbeitskalkulationsmodell dieser Arbeit wurden drei Geburtenverteilungen gewählt, die verschiedene Haltungsformen berücksichtigen. Unter extensiver Haltung sind saisonale Ablammungen im Frühling üblich, die auch eine Alpung der Tiere erlauben. Vor allem bei den Rassen Weisses Alpenschaf und Schwarzbraunes Bergschaf sind zwei Ablammungen pro Jahr üblich. Intensive Lämmermastbetriebe und Betriebe mit Milchschaafen lassen ihre Tiere eher asaisonal ablammen. Mithilfe von Geburtenmeldungen des Schweizerischen Schafzuchtverbands konnte die Anzahl Geburten je Monat generiert werden. Diese Daten zeigen zwei Geburtsspitzen: Die erste im März und die zweite im Oktober. Im Arbeitskalkulationsmodell sind die Geburtenverteilungen um einen Monat verschoben, weil sich die Verteilungen am Tierversuch orientieren. Die Geburtsspitze bei einer Geburt im Frühling ist Anfang Februar, bei zwei Geburten pro Jahr Anfang März und November. Die Geburtsspitzen haben jedoch kaum einen Einfluss auf den durchschnittlichen Zeitbedarf der Behandlung, da sich die Lämmerzahl dadurch nicht verändert. Es verändert sich nur der Zeitpunkt der Arbeitsspitze. Bei späteren Geburten verschiebt sich die Arbeitsspitze nach hinten, was allenfalls bei den Empfehlungen für die Eliminierungsszenarien berücksichtigt werden muss, indem der Behandlungsbeginn angepasst wird.

Mastdauer der Lämmer

Die Mastdauer wurde aufgrund von Teilresultaten aus dem Tierversuch auf 147 Tage (21 Wochen) gesetzt. Verglichen mit Literaturwerten ist die Mastdauer mittelintensiv und entspricht einer Zufütterung mit Krafffutter, wie es auch im Versuch auf der Chamau gehandhabt wurde. In Bayern liegt die durchschnittliche Mastdauer bei 139 Tagen mit Schlachtgewichten, wie sie auch in der Schweiz angestrebt werden (Kosel 2014). Die Mastdauer im Arbeitskalkulationsmodell liegt zwischen den Angaben zur Stallmast (123 Tage) und der Stallendmast (164 Tage) in Bayern. Somit liegt auch die Mastdauer im Modell im mittleren Bereich und kann als durchschnittlich angesehen werden. Vor allem bei reiner Weidemast und extensiver Haltung ist die Mastdauer im Modell jedoch zu tief angesetzt und der Zeitbedarf würde sich erhöhen.

Alter der Lämmer bei der Behandlung

Im Arbeitskalkulationsmodell wird das Alter der Lämmer nicht berücksichtigt, das heisst der Zeitbedarf pro Lamm ist derselbe bei einem einwöchigen und einem 3 Monate alten Lamm. Das Durchschnittsalter der Lämmer während der Arbeitszeiterfassung auf der Chamau, lag bei den Einzeltierbehandlungen bei 127 Tagen und beim Ausschneiden der Klauen aller Lämmer bei 116 Tagen. Somit gelten die erhobenen

Planzeiten eigentlich für ältere Lämmer. Muzafar et al., (2015) konnten zeigen, dass Lämmer moderhinkefrei geboren werden. Einige Stunden nach der Geburt konnten die Autoren jedoch bereits Moderhinkeerreger an den Lämmerklaue nachweisen. Auch junge Lämmer können bereits von starker Moderhinke betroffen sein. Im Tierversuch auf der Chamau litt ein 35 Tage altes Lamm bereits an starker Moderhinke von Score 4. Somit müssen auch sehr junge Lämmer als potenzielle Überträger von Moderhinke berücksichtigt und entsprechend behandelt werden. Aus diesen Gründen spielt das Alter der Lämmer hinsichtlich der Moderhinke keine wesentliche Rolle. Das Alter ist hingegen beim Einfangen der Tiere entscheidend, weil jüngere Lämmer leichter einzufangen und zu tragen sind.

9.6.8 Sensitivität der geschätzten Planzeiten

Da nicht alle Planzeiten unter Praxisbedingungen erhoben werden konnten, mussten die Rüstzeiten der Behandlungsszenarien geschätzt werden. Auf den Zeitbedarf der ganzen Behandlung hat die Rüstzeit jedoch keinen grossen Einfluss, wie die Resultate der Sensitivitätsanalyse gezeigt haben. Bei Herden über 50 Muttertiere liegt sie für die Eliminierungsszenarien bei unter 10 %. Im Gegensatz dazu, fällt die Rüstzeit bei den Einzeltierbehandlungen mehr ins Gewicht, weil die Anzahl behandelter Schafe niedriger ist. Mit zunehmender Herdengrösse verkleinern sich die maximalen Abweichungen im Zeitbedarf, weil die Rüstzeiten anteilmässig immer unbedeutender werden. Rüstzeiten sind stark von der Infrastruktur des jeweiligen Betriebs abhängig und schwer schätzbar. Bei Mager et al. (2009) ist der Zeitbedarf für die Rüstzeiten nicht genau ersichtlich, lässt sich aber grob abschätzen.

Nach Abzug der 200 cmin für das Schneiden der Klauen verbleiben bei Mager et al. (2009) für die restlichen Arbeiten 450 bzw. 700 cmin (400 bzw. 800 Tiere) pro Tier. Einerseits muss also das Einfangen und Drehen der Tiere deutlich mehr ins Gewicht fallen und andererseits sind die Rüstzeiten wohl auch höher, als die von uns angenommenen Werte. Aufgrund des eher kleinen Einflusses der Rüstzeit, im Vergleich zu den gemessenen Zeiten der restlichen Arbeitselemente (Einfangen, Klauenschnitt, usw.), kommen wir zum Schluss, dass die Ergebnisse des Arbeitskalkulationsmodells gut auf die Praxis übertragen werden können.

10. Indirekte Kosten

10.1 Einführung

Die Moderhinke führt zu direkten Schäden in der Fleischproduktion wie z.B. schlechtere Wachstumsraten bei den Lämmern und der damit verbundenen längeren Mastperioden. Diese direkten Schäden können des Weiteren zu indirekten Schäden respektive Auswirkungen auf den Gesamtmarkt führen. Eine komplette Sanierung der Moderhinke in der Schweiz würde beispielsweise die Arbeits- und Behandlungskosten auf den Produktionsbetrieben senken und simultan zu mehr Mastertrag führen. Dies wiederum kann zu einer Veränderung der Marktverhältnisse führen. Diese Kosteneinsparungen führen letztendlich – über alle Produzenten gemittelt – zu einer Effizienzsteigerung der Schweizer Lammfleischproduktion.

In dieser Arbeit geht es darum qualitativ zu beurteilen, ob bedeutende indirekte Effekte bei einer Sanierung oder Bekämpfung zu erwarten sind.

10.2 Nachfrage

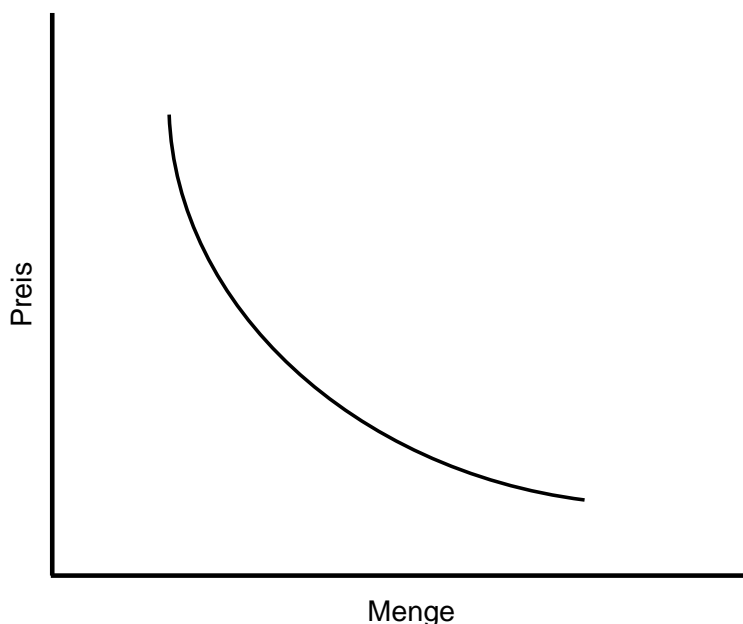
In diesem Kapitel wird auf die Nachfrage eingegangen und Einflüsse eruiert, welche die Nachfrage nach Lammfleisch bei einer Sanierung beeinflussen. Für das Angebot wird anschliessend dasselbe gemacht, so dass schliesslich der Einfluss auf den Markt bestimmt werden kann.

10.2.1 Elastizität der Nachfrage

Mehrere Studien haben die Nachfrageelastizität nach Lammfleisch geschätzt. 2014 wurde die Preiselastizität von inländischem Lammfleisch in der Schweiz geschätzt (Aepli, 2014). Mit einem errechneten Wert von 0.139 ist die Nachfrage sehr unelastisch. Das heisst, bei einer moderaten Preisschwankung reagiert die Nachfrage nur minim. Im Gegensatz dazu ist die Elastizität im Grosshandel deutlich grösser. Dies gilt für inländisches (-1.19) sowie auch ausländisches Lammfleisch (-2.59) (Aepli, 2014).

Bei der Berechnung der Nachfrageelastizität wurde jeweils eine isoelastische Nachfrage angenommen. Das heisst, die Nachfrageelastizität ist an jeder Stelle auf der Nachfragefunktion konstant. Eine solche Funktion sieht wie folgt aus:

Abbildung 73: Isoelastische Nachfragefunktion



10.2.2 Einfluss der Importe

Der Import von Lammfleisch hat beim jetzigen Grenzschutz die Aufgabe, erwartete kurzfristige Schwankungen im Angebot und der Nachfrage auszugleichen (besonders in Bezug auf die Edelstücke), um den Preis möglichst stabil zu halten (Aepli, 2011). In den letzten Jahren gab es kaum Veränderungen bei den Importmengen. Sie schwankte zwischen 5500 und 6500 Tonnen Fleisch, welches zu tieferen Weltmarktpreisen importiert werden konnte.

Mit einem Importanteil von 50 % oder mehr (je nach Betrachtungsweise und Jahr) unterscheidet sich der Schweizer Lammfleischmarkt markant von Rindfleisch- oder Schweinemarkt. Das bedeutet, dass über die Importe das Preisgefüge deutlich stärker beeinflusst werden kann.

10.2.3 Nachfrageveränderung bei einer Sanierung oder Bekämpfung

Eine höhere Zahlungsbereitschaft für Fleischprodukte bei tiergerechter Haltung wurde bereits in einigen Studien nachgewiesen (Nocella et al., 2010). Dabei hängt die Zahlungsbereitschaft stark vom Inhalt respektive der Qualität des Labels, wie auch vom Konsumentenvertrauen in dieses Label ab (Lagerkvist und Hess, 2011). Das Vermarktungspotential für Schweizer Lammfleisch ist grundsätzlich hoch (Aepli, 2011). Es stellt sich aber durchaus die Frage, inwiefern eine Sanierung oder Bekämpfung der Moderhinke die Zahlungsbereitschaft verändern würde. Grundsätzlich muss aufgrund der Erfahrung der Vergangenheit davon ausgegangen werden, dass dies kaum der Fall sein wird. Einerseits stellt Moderhinke keine Gefahr für die öffentliche Gesundheit dar.

Aus Sicht des Konsumenten geht es somit einzig um den Aspekt Tierwohl. Eine Sanierung oder Bekämpfung ist vielmehr eine Voraussetzung um z.B. negative Berichterstattung, die im Zusammenhang mit Moderhinke in den letzten Jahren mehrmals festgestellt werden konnte, zu minimieren. Das heisst, dass eine Sanierung oder Bekämpfung eher dazu dient, einer potentiell sinkenden Zahlungsbereitschaft entgegenzuwirken als die Zahlungsbereitschaft zu erhöhen.

Bei vergangenen Lebensmittelskandalen zeigte sich oftmals ein starker Rückgang der Nachfrage und folglich auch des Preises beim entsprechenden Produkt. Die BSE-Krise senkte den Konsum von Rindfleisch in Deutschland um 40 Prozent, wobei sich dieser nach drei Jahren wieder erholt hatte (Nyárs and Vizvári, 2006). Heute ist die BSE-Krise mehrheitlich vergessen und die Konsumation von Rindfleisch hat sich wieder stabilisiert (Eurobarometer, 2010). Mit anderen Lebensmittelkrisen (Vogelgrippe, Chinesischer Milchskandal, Dioxinfleisch in Irland, Pferdefleischskandal in Europa, EHEC-Epidemie) verhielt es sich ähnlich; heute werden die betroffenen Produkte wieder bedenkenlos konsumiert (Bánáti, 2011). Grundsätzlich lässt sich sagen, dass bei Vorkommnissen, wo die Gesundheit des Konsumenten betroffen ist, sowohl die mediale Berichterstattung, wie auch der Konsumrückgang höher sind (Dobrick et al., 2014). Bei Vorkommnissen mit Falschdeklarationen und Ungeniessbarkeit ist der Rückgang weitaus geringer. Folglich ist davon auszugehen, dass sich ein Bekanntwerden der Moderhinke langfristig nicht gross auf die Nachfrage auswirken würde (kurzfristig ist dies jedoch möglich). Dies wird durch die Tatsache untermauert, dass Klauenkrankheiten bei Wiederkäuern verbreitet sind, jedoch nie Anlass für eine breite öffentliche Diskussion boten.

Die Preisentwicklung von Substitutionsprodukten hat ebenfalls einen Einfluss auf die Nachfrage nach Lammfleisch. Aepli (2014) hat folgende Kreuzpreiselastizitäten für die Substitutions- und Komplementärprodukte von Lammfleisch errechnet (Tabelle 42).

Tabelle 42: Kreuzpreiselastizitäten für Substitutions- und Komplementärprodukte von Lammfleisch. Nicht aufgeführte Produkt haben keine signifikante Elastizität

| Produkte | Kreuzpreiselastizität | Produkte | Kreuzpreiselastizität |
|------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Rindfleisch: | -0.448 | Joghurt | -0.081 |
| Schweinefleisch: | 0.279 | Butter | -0.323 |
| Pouletfleisch | -2.472 | Margarine | 0.112 |
| Wurstprodukte: | 0.303 | Olivenöl | 0.278 |
| Schinken, Speck | 0.989 | Früchte | 0.045 bis 0.049 |
| Fisch | -0.104 | Gemüse | -0.034 bis 0.005 |

| | | | |
|-----------------|--------|------------|--------|
| Meeresfrüchte | -0.087 | Zucker | 0.068 |
| Konservenfische | -0.058 | Schokolade | -0.146 |
| Milch | -0.047 | Konfekt | -0.016 |
| Rahmprodukte | -0.069 | Eiscreme | -0.126 |

Zwischen Lammfleisch und den meisten Produkten besteht kein starker Substitutionseffekt (<0.5). Einen bedeutenden Substitutionseffekt mit Lammfleisch weist einzig verarbeitetes Schweinefleisch (wie z.B. Speck und Schinken) auf. Zwischen Pouletfleisch und Lammfleisch besteht ein Komplementäreffekt. Die Preisentwicklungen von verarbeitetem Schweinefleisch und Pouletfleisch haben somit einen – wenn auch geringen – Einfluss auf die Nachfrage nach Lammfleisch. Dieser Einfluss unter zukünftigen Preisen zu schätzen, übersteigt aber den Rahmen dieser Arbeit. Insgesamt wird diese Effekt in Zukunft verhalten ausfallen, da beim jetzigen Grenzschutz von keinen allzu grossen Veränderungen des Preisgefüges auszugehen ist.

Eine Sanierung der Moderhinke hat insgesamt keinen markanten Einfluss auf die Nachfrage nach Lammfleisch. Die zukünftige Entwicklung auf Nachfrageseite des Lammfleischmarkts wird vielmehr durch unabhängige Faktoren, wie die Bevölkerungsentwicklung, das Wetter (Grillsaison etc.) oder Konsumtrends beeinflusst.

10.3 Angebot

Grundsätzlich kann man zwischen kurzfristiger Angebotselastizität und langfristiger Angebotselastizität unterscheiden. Oftmals ändern Produzenten bei kurzfristigen Änderungen ihre Produktionsstrategie weniger stark und dadurch ist diese Elastizität kleiner. Bei langfristigen Preisänderungen hingegen wird die Strategie oftmals angepasst und die Produktion verkleinert respektive vergrössert. Hier ist die Elastizität resp. das Ausmass der Anpassung grösser.

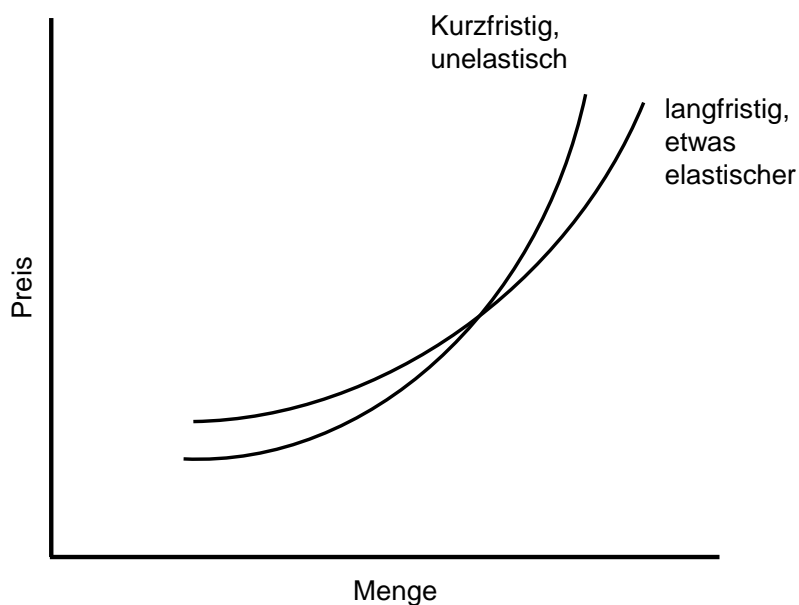
Für die Angebotselastizität von Lammfleisch in der Schweiz existiert jeweils eine Schätzung für den kurzfristigen und langfristigen Effekt. In Ferjani et al. (2013) wurden für das Angebot an Schweizer Lamm- und Schaffleisch folgende Elastizitäten geschätzt.

Langfristig: 0.60

Kurzfristig: 0.27

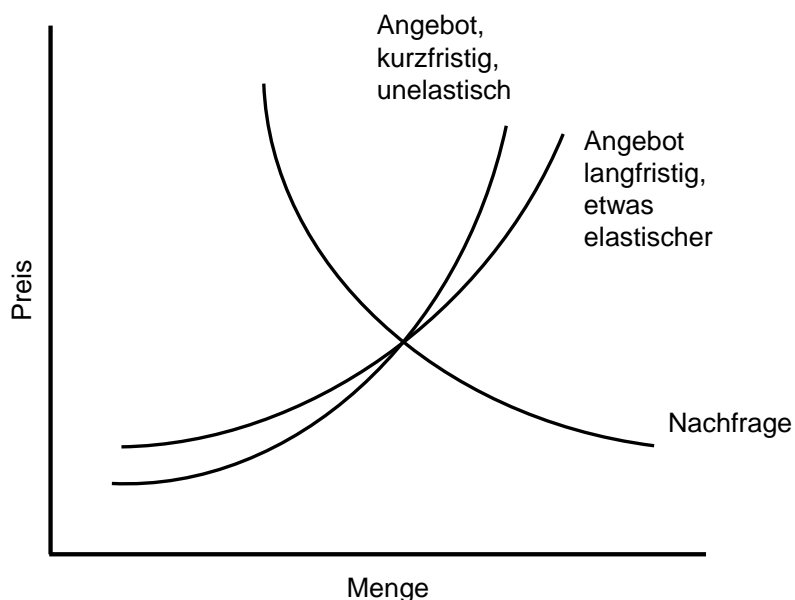
Die graphische Darstellung sieht wie folgt aus:

Abbildung 74: Angebotsfunktion (kurz- und langfristig)



Fügt man nun die isoelastische Nachfragefunktion hinzu, erhält man den in Abbildung 75 abgebildeten Graph. Die drei Kurven schneiden sich im heutigen Marktgleichgewicht (Status quo) mit einer nachgefragten Menge von 4540 Tonnen bei einem Preis von 11.60 Franken.

Abbildung 75: Marktgleichgewicht



Die Sanierung der Moderhinke kann einen Einfluss auf das Angebot von Lammfleisch auf dem Markt haben. Dabei gibt es sowohl angebotssteigernde sowie

angebotssenkende Einflüsse. Einen indirekten Einfluss auf den Markt hätte eine Sanierung durch die Mehrproduktion an Lammfleisch nach der Sanierung. Dabei kommt die Mehrproduktion durch eine kürzere Mastdauer zustande. Wird die Moderhinke nun schweizweit saniert, führt das im Endeffekt dazu, dass tendenziell mehr Schweizer Lammfleisch auf dem Markt angeboten wird. Zusätzlich können die Produzenten günstiger produzieren und erfahren somit eine Effizienzsteigerung.

Einen negativen Einfluss auf das Angebot an Schweizer Lammfleisch hätte ein möglicher Ausstieg von Produzenten aus der Lammfleischproduktion. Es ist sehr wohl davon auszugehen, dass die Produzenten nicht alleine aufgrund einer Sanierung aus der Produktion aussteigen, aber dass eine Sanierung oder zumindest eine verstärkte Bekämpfung einen weiteren Grund neben anderen darstellen könnte, den Betrieb aufzugeben.

Insgesamt kann somit davon ausgegangen werden, dass sich das Angebot an Lammfleisch in der Schweiz nicht allzu stark ändern wird. Nun kommt noch ein weiterer wichtiger Aspekt dazu: Solange der Grenzschutz beim Fleisch und dabei konkret das Zollkontingent so bestehen bleibt, werden bei höherem Inlandangebot die Importe etwas reduziert werden können. Diese Möglichkeit besteht, solange die in der Uruguay-Runde vereinbarte Mindestmenge nicht unterschritten wird. Durch diese Regulierung ist davon auszugehen, dass sich das Angebot insgesamt kaum verändern wird.

10.4 Diskussion

10.4.1 Effekt auf das Marktgleichgewicht

Der Effekt auf das Marktgleichgewicht ist insgesamt gering bis vernachlässigbar. Einerseits ist der Markt sowohl von Seiten des Angebots als auch der Nachfrage verhältnismässig träge, andererseits kann über die Importe das Marktgleichgewicht stabilisiert werden. Solange der restriktive Grenzschutz noch besteht (vermutlich noch mindestens 8 Jahre) gibt es die Möglichkeit, über die Importe eine sich leicht verändernde Inlandmenge aufgrund einer Bekämpfung der Moderhinke oder einer Sanierung der Schweizer Schafpopulation auszugleichen und zwar in beide Richtungen.

10.4.2 Effekte auf die Wertschöpfungskette Lammfleisch

Der Lammfleischproduktion auf Ebene Landwirtschaft sind diverse Stufen der Wertschöpfungskette vor- und nachgelagert. Zu den vorgelagerten gehören z.B. die Hersteller von Inputfaktoren wie Futtermittel, Arzneimittel, Stalleinrichtungen etc. Zudem gibt es noch Dienstleister wie der Klauenschneider oder der Schafscherer. Nachgelagert sind der Tierhandel, die Schlachtung und Verarbeitung, sowie der

Detailhandel. Bei allen Stufen der Wertschöpfungskette ist nicht von einer allzu starken Beeinträchtigung durch Moderhinke resp. einer Sanierung oder Bekämpfung auszugehen. Es ist aber möglich, dass je nach Bekämpfungsmassnahmen z.B. Einschränkung des Tierverkehrs Auswirkungen (in diesem Beispiel auf den Tierhandel) entstehen können. Wie diese Auswirkungen aber ausfallen, kann erst dann beurteilt werden, wenn der Entscheid bezüglich einer Sanierung oder Bekämpfung resp. der Massnahmen vorliegt.

11. Kosten-Nutzen Evaluation der verschiedenen Bekämpfungsszenarien

Mit der Kosten-Nutzen-Analyse soll der Wohlfahrtsgewinn der Sanierung der Moderhinke im Schweizer Schafbestand ermittelt werden. Hierzu wird der Nettonutzen der in Kapitel 7 definierten Bekämpfungsszenarien berechnet. Ein Überblick über die in die Analyse einflussenden Effekte und den Zeithorizont gibt Kapitel 11.1. Anschliessend werden in den Kapiteln 11.2 und 11.3 Schätzungen zum zukünftigen Schafbestand und der Betriebsgrössenentwicklung durchgeführt, um die Schadenshäufigkeit und Skaleneffekte in die Analyse fliessen zu lassen. Darauffolgend werden die detaillierten Szenarien für die Kosten-Nutzen Evaluation detailliert. Abschliessend folgen die Auswertungen der Szenarien anhand ihrer Kosten- und Nutzenkomponenten.

11.1 Berechnung der Nettowohlfahrt

Die Vorzüglichkeit einer schweizweiten Moderhinkesanie rung wird mithilfe des Konzepts der Nettowohlfahrt ermittelt. Hierbei werden die gegenwärtigen und zukünftigen Kosten und Nutzen der Gesellschaft berücksichtigt. Der gesamtschweizerische Nettowohlfahrtseffekt wird dementsprechend wie folgt berechnet:

$$NW = \sum_{t=1}^T \frac{(\sum_{j=1}^l n_{j,t} - \sum_{i=1}^m c_{i,t})}{(1+d)^t} - \sum_{i=1}^m c_{i,0}$$

NW = Nettowohlfahrtseffekt
n = gegenwärtiger und zukünftiger Nutzen
c = gegenwärtige und zukünftige Kosten
d = Diskontsatz

(32)

Hierbei gibt t das Jahr an, in welchem die Nutzen und Kosten berechnet werden, j definiert eines von l Nutzelementen der Moderhinkebekämpfung und i ist eine von m Kostenkomponenten, die mit der Bekämpfung von Moderhinke entstehen. Entscheidend für die Analyse von Sanierungskonzepten sind die zusätzlichen Kosten, die über die Kosten der momentanen Bekämpfung hinausgehen. Der Nettonutzen der Sanierung wird von Einzeltier- und Betriebsebene hochgerechnet auf die Schweiz. Darüber hinaus fliessen die Schätzungen der gesellschaftlichen Kosten durch verändertes Tierwohl in die Berechnung der Nettowohlfahrt ein. Da diese nicht zu den direkten Kosten der Schafhalter zählen, werden sie separat ausgewiesen.

Die Nettowohlfahrt wird über einen Zeithorizont von 2014 bis 2030 abgeschätzt.¹³ Der Term im Nenner entspricht dem Diskontfaktor und berücksichtigt, dass zeitnahe

¹³ Anfänglich war vorgesehen, Schätzungen über 30 Jahre durchzuführen. Mit zusätzlicher Länge nimmt jedoch die Zuverlässigkeit der Prognoseergebnisse ab. Vor dem Hintergrund,

Gewinne oft höher gewichtet werden als spätere. Diese Bevorzugung früher anfallender Geldbeträge wird Zeitpräferenz genannt und durch den Diskontsatz d ausgedrückt, welcher die Zeitpräferenz der Gesellschaft in Form eines Zinssatzes ausdrückt. Die Wahl des Diskontierungsfaktors ist nicht trivial (Maciariello, 1975). Sie hängt von den Opportunitätskosten des Investments in dem Bereich Moderhinke ab, d.h. wie sich alternative Investments entwickelt hätten. Vor dem Hintergrund, dass die ökonomische Entwicklung der Schweizer Volkswirtschaft nur schwer abzuschätzen ist und die Inflation nahe Null liegt, wird ein Diskontsatz von Null angenommen, was zu einem Diskontfaktor von 1 führt. Auch die Lohn- und Preisentwicklung hängt mit der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Entwicklung zusammen. Über den Prognosezeitraum werden sie konstant gehalten. Als Lohnansatz des Landwirtes wurde 28 CHF pro Stunde angenommen, womit die Opportunitätskosten der Schafhaltung berücksichtigt sind. Die Höhe der Sachkosten und betriebsfremden Arbeitskosten für die Behandlung der Moderhinke werden in weiter unten erläutert.

11.2 Schätzung des Tierbestandes

Die Grösse der Schafpopulation ist ein entscheidender Faktor für die Kosten-Nutzen Analyse, weil sie die Schadenshäufigkeit bestimmt. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die Anzahl an Schafen für den Prognosezeitraum zu schätzen. Weil sich die Tierbestände sehr unterschiedlich in den verschiedenen Regionen der Schweiz entwickeln, werden regionsweise Schätzungen vorgenommen. Aus den Regionen der Schweiz werden Daten von 1999 bis 2014 genutzt, welche in Abschnitt 11.3.1 erläutert werden. Im darauffolgenden Abschnitt wird das methodische Vorgehen zur Modellauswahl erklärt. Abschnitt 11.3.3 fasst kurz die Ergebnisse zusammen, welche in die Kosten-Nutzen-Analyse einfließen.

11.2.1 Datenbeschreibung

Als Grundlage für die Prognosen der Tierbestände wurden Daten der AGIS Datenbank vom BLW ausgewertet. Es wurden jährliche Daten der Jahre 1999 bis 2014 analysiert. Die Tierbestände wurden für die 22 Regionen berechnet, welche in Kapitel 6 beschrieben sind. Weil Information über die Bestossung von Sömmerungsbetrieben nicht vorhanden waren, käme es zu Doppelzählungen, wenn die Analyse mit

dass flächendeckende Sanierungen ihren Haupteffekt in den ersten Jahren haben und auch das epidemiologische Modell bei allen Szenarien relativ schnell zu einem stabilen Zustand der Moderhinkeprävalenz konvergiert, werden sich die Entwicklungen der 15 Jahre in den anschliessenden Jahren nur noch akzentuieren. Den Mehrwert einer weitergehenden Prognose schätzen wir daher gering ein.

Ganzjahres- und Sömmerungsbetrieben durchgeführt würde. Aus diesem Grund flossen in die Analyse ausschliesslich Daten der Heimbetriebe ein. Tabelle 43 zeigt die Anzahl Schafe in den Jahren 1999 und 2014 sowie die Änderung zwischen diesen Jahren. Hieraus wird ersichtlich, dass sich die Schafbestände in den verschiedenen Regionen sehr unterschiedlich entwickelt haben. Im Durchschnitt gab es in diesem Zeitraum eine Vergrösserung des schweizweiten Schafbestandes um 8.8 %.

Tabelle 43: Tierbestand pro Region

| Region | Tierbestand 1999 | Tierbestand 2014 | Änderung |
|--------|------------------|------------------|----------|
| 1 | 7561 | 11413 | 50.9 % |
| 2 | 7149 | 10387 | 45.3 % |
| 3 | 12029 | 15618 | 29.8 % |
| 4 | 11718 | 11573 | -1.2 % |
| 5 | 29280 | 33638 | 14.9 % |
| 6 | 16150 | 17125 | 6.0 % |
| 7 | 15925 | 25107 | 57.7 % |
| 8 | 19609 | 24968 | 27.3 % |
| 9 | 13328 | 13442 | 0.9 % |
| 10 | 36578 | 31543 | -13.8 % |
| 11 | 14375 | 18747 | 30.4 % |
| 12 | 17541 | 16319 | -7.0 % |
| 13 | 34048 | 34872 | 2.4 % |
| 14 | 13282 | 18693 | 40.7 % |
| 15 | 11810 | 12119 | 2.6 % |
| 16 | 20874 | 28849 | 38.2 % |
| 17 | 12381 | 16484 | 33.1 % |
| 18 | 32622 | 31373 | -3.8 % |
| 19 | 9765 | 9944 | 1.8 % |
| 20 | 9403 | 8737 | -7.1 % |
| 21 | 17412 | 13724 | -21.2 % |
| 22 | 27333 | 19741 | -27.8 % |
| Summe | 390173 | 424416 | 8.8 % |

Anmerkungen: Der Tierbestand beinhaltet Auen, Widder und Lämmer. Die Nummerierung der Regionen entspricht derjenigen des Maximum Entropie Teils (Kapitel 6).

11.2.2 Methode der Schätzung zukünftiger Schafbestände

Zur Schätzung der zukünftigen Schafbestände können verschiedene statistische Modelle angewendet werden. Diese werden im nächsten Unterkapitel kurz vorgestellt. Im Anschluss daran wird das Vorgehen erläutert, mithilfe dessen das beste Modell ausgewählt wurde.

Modelle zur Schätzung zukünftiger Schafbestände

In dem Zeitraum zwischen 1999 und 2014 gab es je nach Region z.T. deutliche Änderungen in der Schafpopulation (s. Tabelle 43). In Tabelle 44 werden die Modelle vorgestellt, mit welchen es möglich sein sollte, die Entwicklung der Schafbestände einer Region über die Zeit zu erklären.

Tabelle 44: Getestete Modelle zur Abschätzung der Entwicklung der Schafbestände

| Nr. | Trend | Schätzverfahren | Schätzgleichung |
|-----|-----------------|-----------------|---|
| 1 | Linear | FE | $S_{it} = \beta T_t + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 2 | Linear | RTM | $S_{it} = \beta \gamma_i T_t + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 3 | Linear | SUR | $S_{it} = \alpha_i + \beta_i T_t + \varepsilon_{it}$, $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} T_t] = \sigma_{ik}$ |
| 4 | Log-Linear | FE | $\ln(S_{it}) = \beta T_t + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 5 | Log-Linear | RTM | $\ln(S_{it}) = \beta \gamma_i T_t + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 6 | Log-Linear | SUR | $\ln(S_{it}) = \alpha_i + \beta_i T_t + \varepsilon_{it}$, $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} T_t] = \sigma_{ik}$ |
| 7 | Quadratisch | FE | $S_{it} = \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 8 | Quadratisch | RTM | $S_{it} = \beta_1 \gamma_i T_t + \beta_2 \gamma_i T_t^2 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 9 | Quadratisch | SUR | $S_{it} = \alpha_i + \beta_{1,i} T_t + \beta_{2,i} T_t^2 + \varepsilon_{it}$, $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} T_t] = \sigma_{ik}$ |
| 10 | Log-Quadratisch | FE | $\ln(S_{it}) = \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 11 | Log-Quadratisch | RTM | $\ln(S_{it}) = \beta_1 \gamma_i T_t + \beta_2 \gamma_i T_t^2 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |

| Nr. | Trend | Schätzverfahren | Schätzgleichung |
|-----|-----------------|-----------------|--|
| 12 | Log-Quadratisch | SUR | $\ln(S_{it}) = \alpha_i + \beta_{1,i}T_t + \beta_{2,i}T_t^2 + \varepsilon_{it}$, $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} T_t] = \sigma_{ik}$ |
| 13 | Kubisch | FE | $S_{it} = \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \beta_3 T_t^3 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 14 | Kubisch | RTM | $S_{it} = \beta_1 \gamma_i T_t + \beta_2 \gamma_i T_t^2 + \beta_3 \gamma_i T_t^3 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 15 | Kubisch | SUR | $S_{it} = \alpha_i + \beta_{1,i}T_t + \beta_{2,i}T_t^2 + \varepsilon_{it}$, $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} T_t] = \sigma_{ik}$ |
| 16 | Log-Kubisch | FE | $\ln(S_{it}) = \beta_1 T_t + \beta_2 T_t^2 + \beta_3 T_t^3 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 17 | Log-Kubisch | RTM | $\ln(S_{it}) = \beta_1 \gamma_i T_t + \beta_2 \gamma_i T_t^2 + \beta_3 \gamma_i T_t^3 + \gamma_i + \varepsilon_{it}$ |
| 18 | Log-Kubisch | SUR | $S_{it} = \alpha_i + \beta_{1,i}T_t + \beta_{2,i}T_t^2 + \beta_{3,i}T_t^3 + \varepsilon_{it}$, $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} T_t] = \sigma_{ik}$ |

Es gibt somit 18 Modellvarianten, die für die Prognose der Tierbestände in Betracht gezogen werden. Gemeinsam ist allen Modellen, dass ein Zeittrend für die Schweizer Schafpopulation angenommen wird. Dieser Trend kann jedoch unterschiedlich gartet sein (s. Spalte 2 „Trendannahme“). Ausserdem gibt es verschiedene statistische Verfahren zur Schätzung der Schafbestände (s. Spalte „Schätzverfahren“). In der letzten Spalte wird die statistische Schätzgleichung aufgezeigt.

Bei den Modellen mit linearem Trend (Nr. 1 bis 3) wird der Schafbestand (S_{it}) einer Region (i) zu einem bestimmten Zeitpunkt (t) von einer Trendvariable T_t beeinflusst. Die Trendvariable ist so definiert, dass sie im ersten Jahr (1999) um 1 hochzählt bis zu 16 im letzten Jahr (2014). Bei einem log-linearen Zusammenhang (Modelle 4 – 6) ist der Schafbestand logarithmiert. Es wird davon ausgegangen, dass mit jedem Jahr der Schafbestand um einen gewissen Prozentsatz ansteigt und nicht um eine absolute Anzahl an Schafen. Bei quadratischem Trend wird neben der linearen Trendvariable auch noch eine quadrierte Trendvariable in die Gleichung eingefügt. Die Schafbestände in den Modellen 7 – 9 ist können sich somit auch exponentiell entwickeln. Schliesslich kann neben dem linearen und dem quadratischen Trendterm auch ein kubischer Trend ins Modell eingefügt werden. Der Trendverlauf kann in den Modellen 13 – 15 noch flexibler gestaltet werden kann. Wie beim linearen Trendmodell können auch beim quadratischen und kubischen Trendmodell die Schafpopulationen logarithmiert werden, um auch einen prozentualen Anwachs abbilden zu können (Modelle 10 – 12 resp. 16 – 18).

Als Schätzverfahren werden das Fixed Effects (FE) Modell, das Random Trend Modell (RTM) und das Seemingly Unrelated Regression (SUR) Modell in Betracht gezogen. Das FE Modell ist ein klassisches Verfahren zur Analyse von Paneldaten, d.h. Daten

bei denen die gleichen Beobachtungen (hier: Regionen) über mehrere Zeitperioden gemessen wurden. Regionale Unterschiede werden bei dieser Methode mit der Konstante γ_i erfasst. Diese ändert sich nur über die Regionen i , aber bleibt über die Zeit konstant (dies ist der namensgebende fixe Effekt). Beim typischen FE Modell wird angenommen, dass der Zeittrend in jeder Region gleich verläuft. Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen regionalen Entwicklungen der Tierbestände (s. Tabelle 43) ist dies eine starke Einschränkung. Als zweites Modell, das getestet wird, kommt das Random Trend Modell infrage. Das RTM ist eine Spezialvariante des FE Modells, in der der regionspezifische Effekt γ_i zusätzlich mit dem Trendterm multipliziert wird (Wooldridge, 2005). Das RTM kann somit für jede Region unterschiedliche Trendverläufe ermöglichen. Im Gegensatz zu den vorherigen Modellen wird bei dem von Zellner (1962) entwickelten SUR Modell (Seemingly Unrelated Regression Modell) ein Gleichungssystem geschätzt. Hierbei wird ein Set an Einzelgleichungen geschätzt, d.h. für jede Region eine Gleichung. Die Gleichungen werden simultan in einem Schritt geschätzt. Auf diese Weise wird ermöglicht, dass die nicht erklärten Teile der Gleichungen (die Residuen ε_{it}) korreliert sein können.¹⁴ Diese Technik erlaubt die Berücksichtigung von externen Schocks, die nicht durch den Trend erklärt werden: wenn Ereignisse zeitgleich einen ähnlichen (oder entgegengesetzten) Effekt auf die Tierbestände in mehreren Regionen haben, so kann dies im SUR durch positive (negative) Korrelationen der Residuen berücksichtigt werden. Dadurch erhöht sich die Effizienz der Schätzung, d.h. insbesondere bei wenigen Beobachtungen können präzisere Schätzergebnisse erzielt werden als bei Schätzverfahren, die keine Korrelation der Fehlerterme erlauben. Dies ist von Relevanz, da pro Region nur Daten aus 16 Jahren vorliegen.¹⁵

Bei Kombination der o.g. Trendverläufe und Schätzvarianten ergeben sich 18 Modelle, die für die Prognose der Schafpopulation infrage kommen. Es ist nicht von vornherein

¹⁴ Die Korrelation findet dabei zwischen den Regionen i statt und wird durch den Korrelationskoeffizienten σ_{ik} beschrieben. Bei Beobachtungen unterschiedlicher Zeitperioden gilt die Standardannahme der Unabhängigkeit der Residuen, d.h. $E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{is} | T_i] = 0$.

¹⁵ Durch die geringe Anzahl an Datenpunkten ergibt sich auch ein technisches Schätzproblem. Die Anzahl der Freiheitsgrade ist nämlich reduziert, und es können nur bestimmt viele Gleichungen in das System aufgenommen werden. Die im Modellvergleich berichteten Ergebnisse des SUR Modells wurden berechnet, indem zwei separate SUR Schätzungen für die Regionen 1 – 11 und die Regionen 12 – 22 durchgeführt wurden. Aufgrund dieser Datenlimitation können keine Korrelationen der Fehlerterme zwischen den Regionen 1-11 und 12-22 berücksichtigt werden. Da die Regionen 1-11 und 12-22 allerdings grosse geographisch zusammenhängende Regionen sind, wird ein wesentlicher Teil überregionaler Schockauswirkungen abgedeckt.

klar, welches Modell die beste Prognoseeigenschaft hat. Auch wenn bestimmte Modelle flexibler sind als andere, so müssen sie nicht besser geeignet sein für die Prognose. Zum einen können flexible Trendmodelle leicht zu realitätsfernen Steigerungen oder Abfällen führen, da sie nicht von äusseren Faktoren beschränkt werden, die in der Realität limitierend auf die Schafbestände einwirken.¹⁶ Zum anderen reduziert sich mit jeder zusätzlichen Variable im Modell dessen Schätzeffizienz. Dies kann bei den relativ wenigen jährlichen Beobachtungen durchaus ins Gewicht fallen. Im folgenden Kapitel wird deshalb gezeigt, wie das beste Modell ausgewählt wurde.

Auswahl des besten Modells mittels Kreuzvalidierung

Zur Findung des bestgeeigneten Modells wurde eine Kreuzvalidierungstechnik angewendet. Bei diesem Vorgehen wird der Datensatz in mehreren Durchläufen in jeweils eine Trainings- und eine Testperiode eingeteilt. Die Trainingsperiode wird genutzt, um mit ihren Daten mehrere für die Prognose infrage kommende Modelle zu schätzen. Anschliessend wird mithilfe der Modellergebnisse eine Vorausschätzung für die Testperiode gemacht. Da diese bereits in der Vergangenheit liegt, können die Prognoseergebnisse überprüft werden. Zur Bestimmung der Prognosegüte der getesteten Modelle wird folgende Kennzahl berechnet:

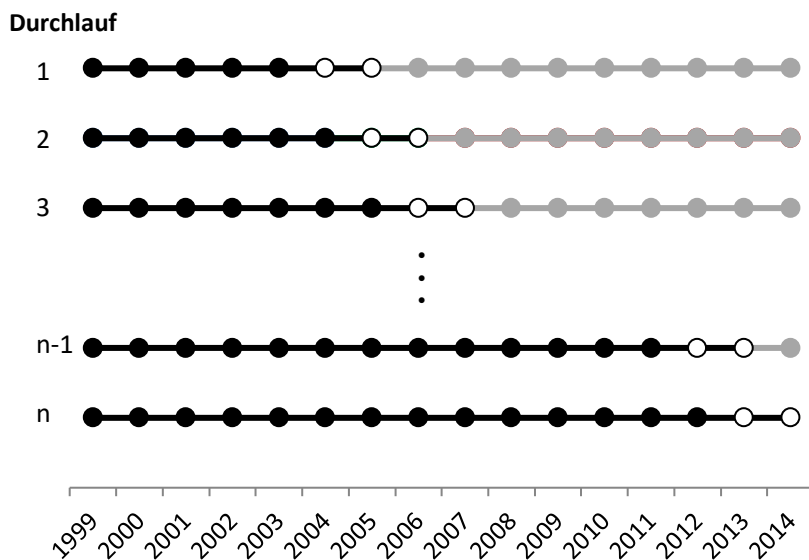
$$G = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{22} (\hat{S}_{it} - S_{it})^2 \quad (33)$$

Dies ist die quadrierte Abweichung des prognostizierten Wertes \hat{S}_{it} vom tatsächlichen Wert S_{it} der Schafbestände, die über alle 22 Regionen und den gesamten Prognosezeitraum T geschätzt wird. Diese ist ein Richtmass für den Prognosefehler des getesteten Modells.

Bei der angewendeten Kreuzvalidierung wird zunächst von einer relativ kleinen Trainingsperiode ausgegangen, welche dann in jedem neuen Durchlauf um ein weiteres Jahr erweitert wird. Als Testperiode werden eine bestimmte Anzahl der anschliessenden Jahre genutzt. Konkret wurde festgelegt, dass der erste Durchlauf mit einer Trainingsperiode von 1999 bis 2003 startet. Zunächst wurde das Verfahren mit einer Testperiode von zwei Jahre durchgeführt, womit mehr Trainingsläufe und zum Schluss lange Trainingsperioden ermöglicht wurden. Anschliessend wurde noch eine Testperiode von fünf Jahren genutzt, womit besser die Langzeit-Prognosefähigkeit ermittelt werden kann. Abbildung 76 stellt dieses Vorgehen schematisch für eine Testperiode von zwei Jahren dar.

¹⁶ Auch lineare Trendmodelle können zu unrealistischen Werten führen, allerdings erwiesen sie sich in unseren späteren Auswertungen als wesentlich realitätsnäher als andere Modelle.

Abbildung 76: Darstellung des Kreuzvalidierungsverfahrens (Beispiel: zehn Durchläufe mit zweijähriger Testperiode)



Anmerkung: Schwarz = Trainingsperiode, weiss = Testperiode, grau = im jeweiligen Durchlauf nicht genutzter Datenpunkt.

Für jedes der 18 Modelle aus Tabelle 44 wird der Prognosefehler jedes Durchlaufes notiert. Nach Beendigung aller Durchläufe, wird für jedes Modell der Mittelwert der Prognosefehler aller Durchläufe berechnet.

Entsprechend dieser Kennzahl wird eine Reihenfolge der Modelle gebildet. Ausgehend vom Modell mit dem geringsten Prognosefehler wird dann überprüft, ob die Prognose über 30 Jahre zu sinnvollen Werten führt. Somit werden Modelle ausgeschlossen, die zwar über die kurze Zeit der Testperiode gut abschneiden, aber langfristig unrealistische Trends aufweisen. Dasjenige Modell, das den geringsten Prognosefehler hat und zudem für jede Region keine unrealistisch hohen oder niedrigen Werte ermittelt, wird für die finale Tierbestandsprognose ausgewählt. Dieses Gewinnermodell wird abschliessend für die gesamte Zeitperiode 1999 – 2014 geschätzt. Mit diesen Schätzergebnissen werden dann die zukünftigen regionalen Schafbestände geschätzt. Für sämtliche Schätzungen des Kreuzvalidierungsverfahrens wird die Statistik-Software Stata 13 eingesetzt.

11.2.3 Ergebnis

Die Ergebnisse der Kreuzvalidierung sind in Tabelle 45 dargestellt. Die getesteten Modelle wurden entsprechend dem Messkriterium für die Prognosegüte G aufsteigend sortiert.

Tabelle 45: Prognoseeigenschaften der Modelle zur Schafbestandschätzung

| Modell-Nummer | Prüfgrösse G | Realistischer Wertebereich? |
|-------------------|--------------|-----------------------------|
| 15 | 909.7 | Nein |
| 18 | 932.5 | Nein |
| 9 | 1006.6 | Nein |
| 12 | 1015.8 | Nein |
| 3 | 1303.3 | Ja |
| 6 | 1346.0 | - |
| 2 | 2487.2 | - |
| 5 | 2777.3 | - |
| 1 | 3288.7 | - |
| 4 | 3507.5 | - |
| 7 | 4663.9 | - |
| 8 | 4746.8 | - |
| 10 | 6135.6 | - |
| 16 | 7370.8 | - |
| 13 | 8295.7 | - |
| 11 | 11224.9 | - |
| 14 | 13261.2 | - |
| 17 | 39437.9 | - |
| Gewinnermodell: 3 | | |

Die erste Spalte gibt die Modellnummer an entsprechend der Auflistung in Tabelle 44. Je kleiner der Wert G ist, umso geringer ist die Prognoseabweichung (s. Gleichung 33). In der dritten Spalte wird angezeigt, ob das Modell zu unverhältnismässig hohen Werten innerhalb der nächsten 30 Jahre führt.¹⁷ Dies wurde anhand der Trendverläufe auf aggregierter Ebene für die Schweiz geprüft. Nur so viele Modelle wurden auf realistische Werte geprüft, bis dieser Test erfolgreich war. Ein Test von Modellen mit höheren Prognosefehlern ist unnötig.

Es zeigt sich, dass die relativ komplexen Trendmodelle 15, 18, 9 und 12 für die kurzen Testphasen von zwei und fünf Jahren zwar am besten in puncto Prognosegüte G abschnitten, jedoch langfristig unverhältnismässig hohe Tierbestände prognostizierten. Aus diesem Grund wurden diese Modelle verworfen. Das nächstbeste Modell Nr. 3 ist ein lineares Trendmodell, das mit der SUR Methode geschätzt wurde. Da es

¹⁷ Die Kosten-Nutzen-Analyse wird über eine Periode von 15 Jahren stattfinden. Da sich übermässige Entwicklungen auf regionaler Ebene allerdings über einen längeren Zeitraum akzentuieren, ist die längere Periode gut zum Test geeignet. Zudem stellt der Test über 30 Jahre sicher, dass das gewählte Modell und damit die Ergebnisse dieser Studie auch für längere Zeiträume gelten.

Ergebnisse lieferte, die in einem realistischen Rahmen liegen, wurde dieses Modell ausgewählt für die Schätzung der regionalen Tierbestände für die anschließende Kosten-Nutzen Analyse. Der Prognosefehler ist zudem bei weitem geringer als bei den darauffolgenden Modellen, mit Ausnahme des log-linearen SUR Modells 6, das knapp schlechter abschneidet. Der lineare Zusammenhang scheint somit den Trend in den Schafbeständen am besten wiederzugeben.

Das SUR Verfahren liefert unterschiedliche Modellgleichungen für jede Region. Die folgende Tabelle zeigt die geschätzten Parameter für jede Region auf.

Tabelle 46: Tierbestand Schätzung des Gewinnermodells: SUR mit linearem Trend

| Region | Konstante α (z-Wert) | Trend β (z-Wert) | R ² | (Chi ²) |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|
| Region 1 | 6896 (17.44)*** | 131.6 (3.22)*** | 0.39 | (10.37)*** |
| Region 2 | 7420 (10.97)*** | -33.7 (-0.48) | 0.01 | (0.23) |
| Region 3 | 10639 (16.13)*** | 318.0 (4.66)*** | 0.58 | (21.74)*** |
| Region 4 | 10155 (29.95)*** | 2.6 (0.08) | 0.00 | (0.01) |
| Region 5 | 21950 (19.92)*** | 575.0 (5.05)*** | 0.61 | (25.47)*** |
| Region 6 | 13601 (25.92)*** | 79.8 (1.47) | 0.12 | (2.16) |
| Region 7 | 14092 (16.68)*** | 705.6 (8.07)*** | 0.80 | (65.2)*** |
| Region 8 | 17074 (32.61)*** | 416.3 (7.69)*** | 0.79 | (59.11)*** |
| Region 9 | 10587 (20.48)*** | 117.3 (2.19)** | 0.23 | (4.81)** |
| Region 10 | 36284 (86.35)*** | -418.6 (-9.63)*** | 0.85 | (92.81)*** |
| Region 11 | 13364 (23.4)*** | 129.9 (2.2)** | 0.23 | (4.83)** |
| Region 12 | 18266 (59.28)*** | -216.5 (-6.79)*** | 0.74 | (46.16)*** |
| Region 13 | 35514 (53.16)*** | 37.3 (0.54) | 0.02 | (0.29) |
| Region 14 | 13346 (18.82)*** | 324.4 (4.42)*** | 0.55 | (19.56)*** |
| Region 15 | 10729 (31.32)*** | 113.6 (3.21)*** | 0.39 | (10.28)*** |
| Region 16 | 22045 (31.57)*** | 452.5 (6.27)*** | 0.71 | (39.27)*** |
| Region 17 | 11184 (28.76)*** | 283.2 (7.04)*** | 0.76 | (49.57)*** |
| Region 18 | 34647 (45.37)*** | -120.5 (-1.53) | 0.13 | (2.33) |
| Region 19 | 9821 (52.38)*** | -44.5 (-2.29)** | 0.25 | (5.27)** |
| Region 20 | 10041 (47.02)*** | -65.3 (-2.96)*** | 0.35 | (8.74)*** |
| Region 21 | 17632 (82.55)*** | -299.6 (-13.57)*** | 0.92 | (184.01)*** |
| Region 22 | 27726 (101.02)*** | -561.0 (-19.77)*** | 0.96 | (390.67)*** |
| Anzahl Beobachtungen: 16 | | | | |

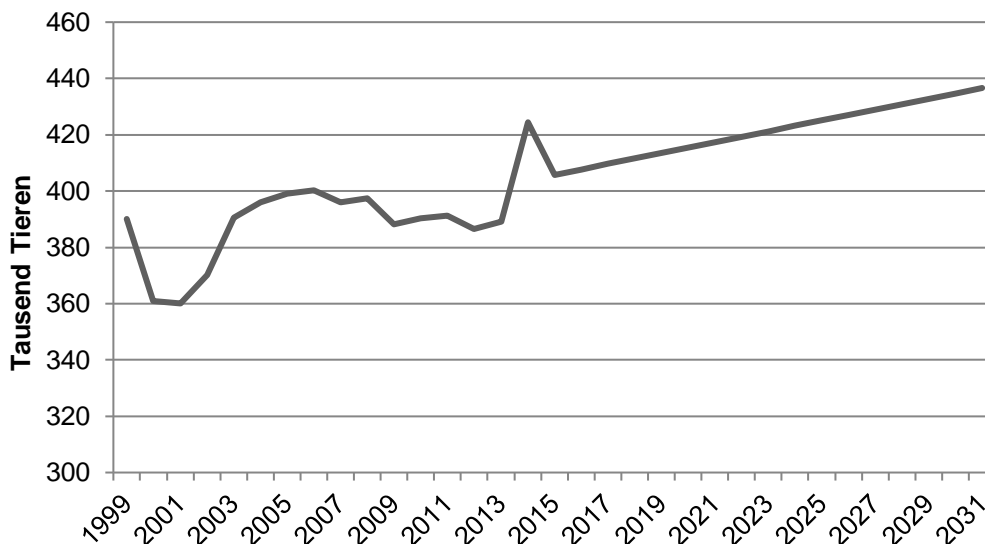
Anmerkungen: ***, ** und * geben ein Signifikanzniveau von 99 %, 95 % bzw. 90 % an.

Die Konstante gibt die regionsspezifische Schafzahl an. In Klammern ist der z-Wert angegeben, der eine Masszahl dafür ist, ob dieser Wert statistisch signifikant verschieden ist von Null. Der Trend gibt an, um wie viele Schafe sich der regionale Schafbestand jedes Jahr erhöht oder verringert. Auch hier gibt der z-Wert die

statistische Signifikanz an. Das R^2 ist eine Masszahl der Schätzgüte der Gleichung, und der χ^2 -Wert gibt hier die Signifikanz des gesamten Modells wieder.¹⁸ Die meisten Regionen weisen einen hoch signifikanten Trend auf, nur fünf Regionen haben einen insignifikanten Trend. Bei den meisten Regionen ist der Trend seit 1999 eindeutig positiv, allerdings gibt es auch drei Regionen mit signifikant negativem Trend. Somit ist es wichtig, die regionalen Unterschiede zu berücksichtigen.

Für die Kosten-Nutzen-Evaluation wurden anhand dieser Ergebnisse für jede Region und jedes Jahr Prognosewerte bis 2031 berechnet. Diese Werte sind im Anhang angegeben. Abbildung 77 zeigt den prognostizierten Verlauf der Tierpopulation für die gesamte Schweiz an. Es wurden hier bis 2014 die AGIS Daten und ab dann die Prognoseergebnisse aller Regionen addiert. Hierbei zeigt sich, dass mit den Daten der vergangenen 16 Jahre ein positiver Trend in der Schafpopulation der Schweiz geschätzt wird.

Abbildung 77: Tierpopulation der Schweiz 1999-2031



Anmerkungen: Bis 2014 wurden Daten von AGIS ausgewertet. Ab 2015 wurde die Tierpopulation prognostiziert.

11.3 Skaleneffekte: Schätzung der Entwicklung der Betriebsgrössen

Je nach Betriebsgrösse können die Kosten der Moderhinkebekämpfung unterschiedlich ausfallen. Dabei ist mit zunehmender Herdengrösse von geringeren

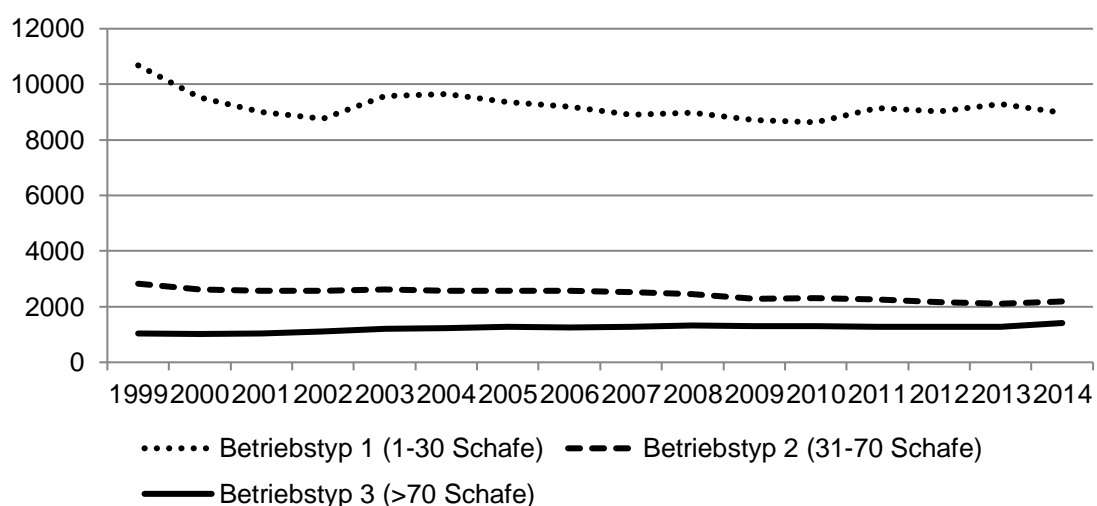
¹⁸ Diese Masszahl ist zur Vollständigkeit abgebildet. Da das gesamte Modell mit dem Trend nur eine Variable beinhaltet, wird das χ^2 -Kriterium bezüglich der Einschätzung des Signifikanzniveaus zum gleichen Ergebnis kommen wie der z-Wert der Trendvariable.

Arbeits- und Sachkosten pro Schaf auszugehen (s. Kapitel 9). Dies wird in der Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt. Dieses Kapitel nutzt quantitative Methoden zur Abschätzung der zukünftigen Betriebsgrössenverteilung pro Region. Anhand der Ergebnisse dieser Analyse können die in Kapitel 11.4 ausgewiesenen Kosten für unterschiedliche Betriebsgrössen auf die Schweiz hochgerechnet werden. Die Vorgehensweise wird im Folgenden aufgezeigt.

11.3.1 Datenbeschreibung

Für die Entwicklung der Betriebsgrössen wurden Daten der AGIS Datenbank von 1999 bis 2014 genutzt. Die Betriebsgrösse wird hierbei an der Anzahl an Tieren (inkl. Lämmern) auf dem Betrieb gemessen. Für die Auswertung wurden Daten von Ganzjahresbetrieben genutzt. Es wurden drei Betriebstypenklassen gebildet: Betriebe mit bis zu 30 Schafen (klein), Betriebe mit 31 bis 70 Schafen (mittel) und Betriebe mit mehr als 70 Schafen (gross). Diese Betriebstypkategorien machen Grössenvorteile in der anschliessenden Kosten-Nutzen-Analyse sichtbar und umfassen ausreichend viele Betriebe für eine Prognose über den Zeithorizont der Analyse. Wie in Abbildung 78 zu sehen ist, fällt der überwiegende Teil der Schweizer Betriebe in die Kategorie mit bis zu 30 Schafen. Allerdings ist die Anzahl kleiner Betriebe stark rückläufig. So reduzierte sich die Anzahl kleiner Betriebe im Jahr 2014 gegenüber 1999 um 1694. Auch die Anzahl der Schafhalter mit 31-70 Schafen nimmt ab, von 2828 im Jahr 1999 auf 2199 im 2014. Im selben Zeitraum stieg hingegen die Zahl der Betriebe mit über 70 Schafen von 1034 auf 1414 Betriebe.

Abbildung 78: Gesamtschweizerische Entwicklung der Betriebstypen 1999-2014



Es gibt bei den Betriebsgrössen jedoch auch erhebliche regionale Unterschiede. Dies ist in Tabelle 47 für das Jahr 2014 dargestellt. So gibt es z.B. zwei Regionen, in denen die kleinen Betriebe weniger als 33 % der schafhaltenden Betriebe ausmachen. Dort ist

die Schafhaltung dementsprechend stärker geprägt von mittleren Betrieben (49 % in Region 10) und grossen Betrieben (42 % in Region 21). Dementsprechend sind dies Regionen mit relativ wenig schafhaltenden Betrieben. Im Durchschnitt machen der erste Betriebstyp 71 %, der zweite Betriebstyp 17 % und der dritte Betriebstyp 11 % der schweizerischen Schafhaltung aus.

Tabelle 47: Betriebstypen pro Region (2014)

| Region | Betriebstyp 1 (1-30 Tiere) | Betriebstyp 2 (31-70 Tiere) | Betriebstyp 3 (>70 Tiere) |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | Anzahl (Anteil in %) | Anzahl (Anteil in %) | Anzahl (Anteil in %) |
| 1 | 391 (83.73 %) | 45 (9.64 %) | 31 (6.64 %) |
| 2 | 230 (80.14 %) | 30 (10.45 %) | 27 (9.41 %) |
| 3 | 504 (82.49 %) | 60 (9.82 %) | 47 (7.69 %) |
| 4 | 318 (78.33 %) | 58 (14.29 %) | 30 (7.39 %) |
| 5 | 1076 (82.14 %) | 145 (11.07 %) | 89 (6.79 %) |
| 6 | 532 (78.35 %) | 99 (14.58 %) | 48 (7.07 %) |
| 7 | 609 (74.27 %) | 128 (15.61 %) | 83 (10.12 %) |
| 8 | 1194 (87.22 %) | 120 (8.77 %) | 55 (4.02 %) |
| 9 | 415 (78.75 %) | 76 (14.42 %) | 36 (6.83 %) |
| 10 | 192 (31.95 %) | 293 (48.75 %) | 116 (19.3 %) |
| 11 | 94 (48.45 %) | 38 (19.59 %) | 62 (31.96 %) |
| 12 | 164 (51.9 %) | 76 (24.05 %) | 76 (24.05 %) |
| 13 | 514 (58.54 %) | 235 (26.77 %) | 129 (14.69 %) |
| 14 | 526 (78.51 %) | 77 (11.49 %) | 67 (10 %) |
| 15 | 375 (78.29 %) | 69 (14.41 %) | 35 (7.31 %) |
| 16 | 472 (69.82 %) | 114 (16.86 %) | 90 (13.31 %) |
| 17 | 451 (75.42 %) | 97 (16.22 %) | 50 (8.36 %) |
| 18 | 543 (65.58 %) | 176 (21.26 %) | 109 (13.16 %) |
| 19 | 109 (56.48 %) | 44 (22.8 %) | 40 (20.73 %) |
| 20 | 87 (50.29 %) | 47 (27.17 %) | 39 (22.54 %) |
| 21 | 46 (26.59 %) | 55 (31.79 %) | 72 (41.62 %) |
| 22 | 146 (42.2 %) | 117 (33.82 %) | 83 (23.99 %) |
| Summe | 8988 (71.33 %) | 2199 (17.45 %) | 1414 (11.22 %) |

11.3.2 Methode zur Schätzung der zukünftigen Betriebsgrössenentwicklung

Die Prognose der Betriebsgrössenentwicklung wird mithilfe der Seemingly Unrelated Regression (SUR) Methode durchgeführt (Zellner, 1962). Dieses statistische Verfahren wurde bereits tiefergehend in Kapitel 11.2 erläutert. Zunächst werden mithilfe der Daten von 1999-2014 die Bestimmungsfaktoren der regionalen Betriebstypenanteile statistisch geschätzt. Mithilfe dieser Schätzungen können dann Vorausschätzungen für die zukünftigen Jahre durchgeführt werden. Für jeden Betriebstyp wird folgender Funktionszusammenhang angenommen:

$$B_{it} = \beta_i T_t + \sum_{j=1}^{22} \kappa_{ij} R_j + \varepsilon_{it} \quad i = \{1,2,3\}, \quad E[\varepsilon_{it} \cdot \varepsilon_{kt} | T_t, R_j] = \sigma_{ik} \quad (34)$$

Hierbei stellt B_{it} den Anteil eines Betriebstyps i zum Zeitpunkt t dar, welcher von der Lage in Region R_i und einem Zeittrend T_t beeinflusst wird. Das SUR Modell hat in der Anwendung auf die Betriebstypen einen wesentlichen Vorteil gegenüber anderen Schätzverfahren. Die simultane Schätzung der Gleichungen für die Betriebstypen stellt sicher, dass sich die Anteile der Betriebstypengrössen zu 100 % summieren. Um dies zu erreichen, wird die Gleichung für Betriebstyp 3 nicht im System mitgeschätzt. Nachträglich können die regionalen Anteile dieses Betriebstyps mittels der Gleichung $B_{3t} = 1 - (B_{1t} + B_{2t})$ berechnet werden.¹⁹ Da die Addition der regionalen Betriebstypenanteile eine Voraussetzung für sinnvolle Schätzungen ist, kommen andere Schätzmethoden nicht infrage. Aus diesem Grund wird auf ein aufwändiges Kreuzvalidierungsverfahren wie in Kapitel 11.2 verzichtet.²⁰ Es kann theoretisch auftreten, dass unrealistische Betriebstypenanteile kleiner Null geschätzt werden. Um die Anwendung der Ergebnisse auch über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren sicherzustellen, wurde überprüft, ob solch ein Fall bis 2046 auftritt. Dies war nicht der Fall, weshalb die SUR Schätzung als zuverlässig für die Anwendung auf die Schweizer Betriebsdaten eingestuft wird. Die Schätzung des SUR Modells wurde mithilfe der Statistik Software Stata 13 durchgeführt.

¹⁹ Die Koeffizienten der Gleichung für den dritten Betriebstyp können ebenfalls berechnet werden. Sie sind für die Prognose jedoch nicht relevant und wurden hier nicht berechnet.

²⁰ Auch die anderen Modellvariationen bzgl. der Trendannahme, die in Kapitel 11.2 infrage kamen, sind für die Fragestellung hier nicht anwendbar. Wie im Kapitel 11.2 für Tierbestände ist es bei den Betriebstypen so, dass komplexerer Trendmodelle mit quadratischen und kubischen Trends für einzelne Betriebstypen zu unrealistischen Werten führen. Logarithmische Trendeinflüsse sind nicht in dieses SUR Modell integrierbar, da mit dem Logarithmieren der abhängigen Variable die Eigenschaft verloren ginge, dass sich die Anteile der Betriebstypen zu 100 % addieren.

11.3.3 Ergebnis

Die Ergebnisse der Schätzung für die Betriebstypen 1 und 2 sind in Tabelle 48 aufgeführt. Wie bereits oben erwähnt, ist eine Schätzung des dritten Betriebstyps nicht notwendig, da sich sein Anteil aus den Ergebnissen berechnen lässt.

Tabelle 48: Schätzung der Betriebstypenanteile

| Variable | Betriebstyp 1 | Betriebstyp 2 |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | Parameter (z-Wert) | Parameter (z-Wert) |
| Trend | -0.0012 (-4.2)*** | -0.0017 (-7.14)*** |
| Region 1 | 0.8514 (128.85)*** | 0.1204 (21.83)*** |
| Region 2 | 0.7550 (114.27)*** | 0.1293 (23.44)*** |
| Region 3 | 0.8336 (126.16)*** | 0.1263 (22.89)*** |
| Region 4 | 0.8013 (121.27)*** | 0.1582 (28.67)*** |
| Region 5 | 0.8496 (128.58)*** | 0.1231 (22.32)*** |
| Region 6 | 0.8179 (123.79)*** | 0.1498 (27.15)*** |
| Region 7 | 0.7768 (117.57)*** | 0.1739 (31.53)*** |
| Region 8 | 0.9011 (136.38)*** | 0.0947 (17.17)*** |
| Region 9 | 0.7990 (120.92)*** | 0.1689 (30.62)*** |
| Region 10 | 0.3920 (59.33)*** | 0.5012 (90.86)*** |
| Region 11 | 0.5020 (75.98)*** | 0.2453 (44.46)*** |
| Region 12 | 0.4113 (62.25)*** | 0.3791 (68.71)*** |
| Region 13 | 0.6351 (96.12)*** | 0.2728 (49.45)*** |
| Region 14 | 0.8188 (123.92)*** | 0.1274 (23.09)*** |
| Region 15 | 0.7632 (115.51)*** | 0.1680 (30.46)*** |
| Region 16 | 0.7592 (114.9)*** | 0.1670 (30.27)*** |
| Region 17 | 0.8057 (121.94)*** | 0.1648 (29.88)*** |
| Region 18 | 0.6714 (101.62)*** | 0.2345 (42.51)*** |
| Region 19 | 0.5859 (88.68)*** | 0.2862 (51.88)*** |
| Region 20 | 0.5320 (80.51)*** | 0.3005 (54.46)*** |
| Region 21 | 0.3106 (47.01)*** | 0.3669 (66.51)*** |
| Region 22 | 0.4662 (70.56)*** | 0.3745 (67.89)*** |
| | R ² (Chi ²) | R ² (Chi ²) |
| | 0.9987 (280889.78)*** | 0.9922 (44586.29)*** |
| Anzahl Beobachtungen: 352 | | |

Anmerkungen: Die abhängige Variable hat einen Wertebereich von 0 (=0 % Anteil) bis 1 (=100 % Anteil). ***, ** und * geben ein Signifikanzniveau von 99 %, 95 % bzw. 90 % an.

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass beide Betriebstypen einen signifikant negativen Trend aufweisen. Sie verlieren somit schweisweit an Anteil. Die geschätzten Betriebstypenanteile für die folgenden 15 Jahre und jede Region werden im Anhang dargestellt. Dort sind auch die kalkulierten Anteile des Betriebstyps 3 aufgeführt.

11.4 Spezifizierung der Behandlungskosten und -nutzen in den Szenarien

Die in Kapitel 7 definierten Szenarien werden im Folgenden in Hinblick auf die anfallenden Kosten und Nutzen genauer spezifiziert. Hierfür ist es notwendig, die Moderhinkebehandlung genau darzustellen. Tabelle 49 zeigt, welche Behandlungsarten für die verschiedenen Szenarien angenommen werden.

Tabelle 49: Behandlungsarten bei verschiedenen Szenarien

| Szenario | Behandlungsart |
|------------------------------------|--|
| LF) Laisser-faire (Tupfen ab 2016) | Betriebe in GR und GL: Sanierung mit Tupferproben Ansonsten: Einzeltierbehandlung |
| B) BGK Schema | Sanierung mit klinischen Kontrollen |
| C) BGK Schema mit Tupferproben | Sanierung mit Tupferproben |
| A) Keine Sanierung schweizweit | Einzeltierbehandlung |

Im Laisser-faire Szenario wird für Glarus und Graubünden eine andere Behandlungsart durchgeführt als in der restlichen Schweiz. Dies wird in der Analyse berücksichtigt, indem der Anteil der in diesen Kantonen befindlichen Schafpopulation an der Gesamtschweiz berechnet. Von 2010-2014 waren dies 14.92 % des schweizerischen Schafbestandes. Dieser Teil der Schafpopulation wird saniert, während der andere Teil der Schafpopulation eine Einzeltierbehandlung erfährt. Folglich wird für diejenigen Landwirte, die ausserhalb dieser Kantone saniert haben, angenommen, sie hätten ihre Tiere mit Klauenschnitt und Klauenspray behandelt. In den Gebieten ausserhalb Glarus und Graubünden wird generell eine weite Bandbreite an mehr und weniger intensiven Massnahmen genutzt. Wie in Kapitel 7 erwähnt, wurde als Mass dieser Varietät die Behandlungsart Klauenschnitt und Klauenspray für diese Regionen angenommen. Dort werden alle zwei Wochen alle sichtbar erkrankten (hinkenden) Tiere behandelt, indem ihre Klauen geschnitten werden und bei allen Tieren Klauenspray eingesetzt wird. Der Anteil erkrankter Tiere, die alle zwei Wochen auf diese Weise behandelt werden, wird auf 30 % angesetzt.

Die Sanierung nach BGK Konzept verursacht Behandlungskosten in drei Jahren. Im ersten Jahr findet die Bekämpfung mittels Klauenbad und Klauenschnitt statt. Bei wöchentlichem Baden von jedem Schaf für 10 Minuten in einer Mischung aus Zinksulfat und Wasser sowie zweiwöchentlichem Klauenschnitt wird hierbei eine Heilungsdauer von 10 Wochen angenommen.²¹ Die Grösse des Klauenbades wird

²¹ Die Heilungsdauer hängt wesentlich von der Durchseuchung des Bestandes ab (Greber, 2016, noch nicht veröffentlicht). 10 Wochen ist Abschätzung von Deborah Greber und Rita

hierbei der Grösse der Schafherde angepasst. Für die Sanierung empfiehlt der BGK den Landwirten einen Behandlungsbeginn zu einer Zeit, in der keine Lämmer auf dem Betrieb sind. Da dies nicht immer möglich ist z.B. aufgrund asaisonal abklammernder Schafarten wird angenommen, dass neben den Auen auch 20 % der Lämmer auf dem Betrieb behandelt werden. Für jeden der drei Betriebstypen wurde der Median an adulten Tieren und der Median an Lämmern berechnet, wobei von letzterem 20 % für die Behandlungsperiode angenommen wurden. Die Zahlen für diese Berechnung wurden aus der AGIS Datenbank des Jahres 2014 bezogen. Für Betriebe des Typs 1 (1-30 Schafe) wurde ein Betrieb mit 6 Auen und einem Lamm evaluiert, für den Betriebstyp 2 (31-70 Schafe) hatte der repräsentative Betrieb 28 Auen und 4 Lämmer und Betriebstyp 3 (>70 Schafe) hat zum Behandlungszeitraum 69 Auen und 9 Lämmer auf dem Betrieb. Diese Zahlen dienen als Grundlage für die Kosten-Nutzen-Evaluation.

Im Szenario „Tupfer“ wird anstelle der Abschlussuntersuchung durch den Tierarzt eine PCR-Analyse durchgeführt. Entsprechend der Regelung des ab 2016 angewendeten Schemas in Glarus und Graubünden werden bei einem Betrieb der Betriebsgrösse 1 alle Tiere kontrolliert, bei einem Betrieb des zweiten Betriebstyps 25 Tiere untersucht und bei Betriebstyp 3 werden 28 Tiere untersucht. Die Tupferproben können durch geschulte Klauenkontrolleure entnommen werden. Im Arbeitszeitmodell werden für diesen Vorgang sämtliche Arbeitsschritte wie bei der Klauenkontrolle vorgenommen werden. Anstelle der Arbeitszeit für die Klauenkontrolle wurde hierbei eine Arbeitszeit von 1.5 Minuten/Schaf angesetzt. Der Preis der PCR-Analyse wird mit CHF 6.5 pro Tier angesetzt. Dieser Wert entspricht den momentanen Kosten der Analyse und kann nach Schätzung von Giochen Bearth (stellvertretender Kantonstierarzt Graubünden) auch für die schweizweite Sanierung genutzt werden.

Die Anzahl und Arten der Kontrollen in den drei Sanierungsjahren wird in der folgenden Tabelle dargestellt. In der folgenden Kosten-Nutzen-Analyse wird berücksichtigt, dass Betriebe zu einem gewissen Prozentsatz sich reinfizieren können und die Behandlung von vorne aufnehmen müssen. Hierfür ist der Anteil der Betriebe im ersten Jahr nach der Infektion genutzt worden, um die Anzahl der Schafe zu berechnen, welche sich im zweiten Jahr der Sanierung befinden. Ferner wurde die Anzahl an Betrieben berechnet, die von diesem zweiten Jahr in den Pool der nichtinfizierten Betriebe zurückgeflossen sind, um die Anzahl der Schafe im dritten Jahr der Behandlung zu messen (s. Spezifikation des epidemiologischen Modells, Kapitel 8).

Lüchinger, die darauf basiert, dass wenig durchseuchte Herden nach ca. 8 Wochen gesunden, während stark durchseuchte Herden 12 Wochen und mehr zur Heilung benötigen.

Tabelle 50: Kontrollen in den Szenarien Laisser-faire, BGK Schema und Tupfer

| | Szenario BGK Schema | Szenarien Tupfer und Laisser-faire |
|--|------------------------|--|
| <u>erstes Sanierungsjahr</u> | Anzahl | Anzahl |
| Anzahl klinische Kontrollen durch KK | 4 | 4 |
| Anzahl klinische Untersuchungen durch TA | 1 | 0 |
| Anzahl Tupferproben | 0 | 1 |
| <u>zweites Sanierungsjahr</u> | | |
| Anzahl klinische Kontrollen durch KK | 1 | 1 |
| Anzahl klinische Untersuchungen durch TA | 1 | 0 |
| Anzahl Tupferproben | 0 | 1 |
| <u>drittes Sanierungsjahr</u> | | |
| Anzahl klinische Kontrollen durch KK | 1 | 0 |
| Anzahl klinische Untersuchungen durch TA | 0 | 0 |
| Anzahl Tupferproben | 0 | 1 |

Anmerkungen: Beim Laisser-faire Szenario finden die Kontrollen nur für diejenige Schafpopulation statt, die sich in Glarus und Graubünden befindet.

Im Szenario ohne jegliche Sanierung in der Schweiz wird angenommen, dass überall die Einzeltierbehandlung eingesetzt wird, wie sie im Laisser-faire Szenario für die Betriebe ausserhalb der Kantone Glarus und Graubünden beschrieben wurde. Aufgrund der verminderten Behandlung in diesen Kantonen ist zu erwarten, dass die Behandlungskosten geringer ausfallen.

In den verschiedenen Szenarien ist aufgrund der unterschiedlichen Bekämpfungsstrategien von einem unterschiedlichen Infektionsdruck auszugehen. Dementsprechend nimmt die Häufigkeit der Moderhinke bei intensiverer Bekämpfung ab, weshalb die durch Moderhinke verursachten Kosten verringert werden. Dies wird bei der Berechnung des Nutzens der Behandlung berücksichtigt, indem beider Schadensberechnung die szenario-spezifischen Moderhinkeprävalenzen aus dem epidemiologischen Modell (Kapitel 8) angewendet werden. Konkret wird der aus diesem Modell berechnete Median der Moderhinkeprävalenz für jede Region für die Abschätzung der Kosten verwendet.

Basierend auf den vorigen Erklärungen werden die Sach- und Fremdkosten für die drei Betriebstypen in Tabelle 51 aufgeführt.

Tabelle 51: Sach- und Fremdkosten ausgewiesen nach Betriebstypen

| Betriebstyp 1 | Betriebstyp 2 | Betriebstyp 3 |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| 6 Auen + 1 Lamm | 28 Auen + 4 Lämmer | 69 Auen + 9 Lämmer |

| <u>Sachkosten</u> | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|
| Klauenspray | pro | 0.62 CHF | 2.82 CHF | 6.86 CHF |
| Behandlung (30 % der Tiere) | | | | |
| Zinksulfat, einmalig | | 31.30 CHF | 68.30 CHF | 172.80 CHF |
| Wasser, einmalig | | 0.06 CHF | 0.13 CHF | 0.32 CHF |
| <u>Fremdkosten</u> | | | | |
| Klauenkontrolleur | | 30 CHF | 30 CHF | 39 CHF |
| (pro Kontrolle) | | | | |
| Tierarzt | | 60 CHF | 64 CHF | 156 CHF |
| (pro Untersuchung) | | | | |
| PCR-Laboranalyse | | 45 CHF | 162.5 CHF | 182 CHF |
| (pro Kontrolle) | | | | |
| | (7 von 7 Tieren kontrolliert) | | (25 von 32 Tieren kontrolliert) | (28 von 78 Tieren kontrolliert) |

Anmerkungen: Kosten für Klauenspray: 0.29 CHF/Tier, Zinksulfat: 4.8 CHF/kg, Wasser 0.002 CHF / Liter. Mischung: 2kg Zinksulfat pro 10 Liter Wasser. Badgrösse für 3 Tiere bei Betriebstyp 1, 4 Tiere bei Betriebstyp 2 und 10 Tiere bei Betriebstyp 3. Tierarzt: 2 CHF/Tier bei mind. 60 CHF, Klauenkontrolleur: 1 CHF/Tier bei mind. 30 CHF.

Die Arbeitskosten wurden auf Basis des Arbeitszeitmodells in Kapitel 9 berechnet, welches speziell für die Erfassung der Arbeitszeiten bei der Moderhinkebehandlung auf Schweizer Schafbetrieben ausgelegt ist. Es wurden für jede der drei Betriebsgrössenklassen (s. Kapitel 11.3) die Arbeitskosten berechnet. Eine Übersicht über die Kosten der Behandlungsarten Einzeltierbehandlung, Sanierung mit klinischen Kontrollen und Sanierung mit Tupferproben wird in den Tabellen 52 bis 54 gegeben. Die Kosten jedes Betriebstyps werden entsprechend ihren regionalen Anteilen gewichtet, pro Tier umgerechnet und dann auf die Tierpopulation der Region hochgerechnet. Anschliessend werden die Kosten für die Schweiz über alle Jahre des Prognosezeitraums zusammengerechnet. Da es keine Zahlen dafür gibt, wie unterschiedliche Betriebstypen von Moderhinke betroffen sind, wird davon ausgegangen, dass alle Betriebsgrössenklassen gleichermassen betroffen sind. Somit wird die Moderhinkeprävalenz der Region auf die Schafpopulation jedes Betriebstyps übertragen.

Tabelle 52: Kosten des Betriebes bei Einzeltierbehandlung, pro Jahr

| | Betriebstyp klein | | | | Betriebstyp mittel | | | | Betriebstyp gross | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------|----------|-----------|--------------------|-------|----------|------------|-------------------|-------|----------|-----------|
| | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag |
| Auen | Tier | 6 | | | Tier | 28 | | | Tier | 69 | | |
| 3. Lämmer | Tier | 3 | | | Tier | 17 | | | Tier | 44 | | |
| Pro Anwendung behandelte Tiere (30 %) | Tier | 3 | | | Tier | 14 | | | Tier | 34 | | |
| 4. Arbeitskosten | | | | | | | | | | | | |
| Klauenschnitt und -spray á Stunden: | 0.26h | 26 | 28 CHF/h | 189.28 | 0.59h | 26 | 28 CHF/h | 429.52 CHF | 1.15h | 26 | 28 CHF/h | CHF 837.2 |
| 5. Sachkosten | | | | | | | | | | | | |
| Anwendung Klauenspray (0.29 CHF/Tier) | mal | 26 | 0.3 CHF | 6.79 CHF | mal | 26 | 1.2 CHF | 31.67 | mal | 26 | 3.0 CHF | 76.91 CHF |
| 6. Kosten Total | | | | 196.1 CHF | | | | 461.2 CHF | 7. | 8. | 9. | 914.1 CHF |

Tabelle 53: Kosten des Betriebes bei Sanierung mit klinischen Kontrollen, pro Jahr

| | Betriebstyp klein | | | | Betriebstyp mittel | | | | Betriebstyp gross | | | |
|--|-------------------|-------|----------|---------|--------------------|-------|----------|---------|-------------------|-------|-----------|----------|
| | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag |
| Adulte Tiere | Tier | 6 | | | Tier | 28 | | | Tier | 69 | | |
| Lämmer (Zeit d. Behandlung u. Kontrollen) | Tier | 1 | | | Tier | 4 | | | Tier | 9 | | |
| Arbeitskosten | | | | | | | | | | | | |
| <i>Erstes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenbad á Stunden: | 0.70h | 10 | 28 CHF/h | 195 CHF | 1.91h | 10 | 28 CHF/h | 536 CHF | 4.52h | 10 | 28 CHF/h | 1266 CHF |
| Klauenschneiden á Stunden: | 0.57h | 5 | 28 CHF/h | 79 CHF | 1.32h | 5 | 28 CHF/h | 185 CHF | 2.71h | 5 | 28 CHF/h | 379 CHF |
| Klauenkontrolle á Stunden: | 0.47h | 5 | 28 CHF/h | 66 CHF | 0.75h | 5 | 28 CHF/h | 105 CHF | 1.26h | 5 | 28 CHF/h | 177 CHF |
| <i>Zweites Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenkontrolle á Stunden: | 0.47h | 2 | 28 CHF/h | 26 CHF | 0.75h | 2 | 28 CHF/h | 42 CHF | 1.26h | 2 | 28 CHF/h | 71 CHF |
| <i>Drittes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenkontrolle á Stunden: | 0.47h | 1 | 28 CHF/h | 13 CHF | 0.75h | 1 | 28 CHF/h | 21 CHF | 1.26h | 1 | 28 CHF/h | 35 CHF |
| Arbeitskosten total | | | | 379 CHF | | | | 888 CHF | | | | 1928 CHF |
| Kosten durch Dritte | | | | | | | | | | | | |
| <i>Erstes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenkontrolleur (1 CHF/Tier, mind. 30 CHF) | mal | 4 | 30 CHF | 120 CHF | mal | 4 | 32 CHF | 128 CHF | mal | 4 | 78 CHF | 312 CHF |
| Tierarzt (2 CHF/Tier, mind. 60 CHF) | mal | 1 | 60.0 CHF | 60 CHF | mal | 1 | 64.0 CHF | 64 CHF | mal | 1 | 156.0 CHF | 156 CHF |
| <i>Zweites Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenkontrolleur (1 CHF/Tier, mind. 30 CHF) | mal | 1 | 30 CHF | 30 CHF | mal | 1 | 32 CHF | 32 CHF | mal | 1 | 78 CHF | 78 CHF |
| Tierarzt (2 CHF/Tier, mind. 60 CHF) | mal | 1 | 60.0 CHF | 60 CHF | mal | 1 | 64.0 CHF | 64 CHF | mal | 1 | 156.0 CHF | 156 CHF |
| <i>Drittes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |

| | Betriebstyp klein | | | | Betriebstyp mittel | | | | Betriebstyp gross | | | |
|---|-------------------|-------|--------------|--------------|--------------------|-------|-----------|---------------|-------------------|-------|-----------|------------|
| | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag |
| Klauenkontrolleur (1 CHF/Tier, mind. 30 CHF) | mal | 1 | 30 CHF | 30 CHF | mal | 1 | 32 CHF | 32 CHF | mal | 1 | 78 CHF | 78 CHF |
| Kosten durch Dritte total | | | | 300.0 CHF | | | | 320 CHF | | | | 780 CHF |
| Sachkosten | | | | | | | | | | | | |
| Zinksulfat | kg | 4.4 | 4.80 CHF | 21.12 CHF | kg | 10.65 | 4.80 CHF | 51.12 CHF | kg | 27 | 4.80 CHF | 129.60 CHF |
| Wasser | Liter | 36 | 0.002 CHF | 0.07 CHF | Liter | 71 | 0.002 CHF | 0.14 CHF | Liter | 180 | 0.002 CHF | 0.36 CHF |
| Sachkosten total | | | | 21.2 CHF | | | | 51.3 CHF | | | | 130.0 CHF |
| Kosten Total | | | | 700.3 CHF | | | | 1259.6 CHF | | | | 2837.7 CHF |

Tabelle 54: Kosten des Betriebes bei Sanierung mit Tupferproben, pro Jahr

| | Betriebstyp klein | | | | Betriebstyp mittel | | | | Betriebstyp gross | | | |
|---|-------------------|-------|----------|-----------|--------------------|-------|----------|-----------|-------------------|-------|----------|------------|
| | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag |
| Adulte Tiere | Tier | 6 | | | Tier | 28 | | | Tier | 69 | | |
| Lämmer (Zeit d. Behandlung u. Kontrollen) | Tier | 1 | | | Tier | 4 | | | Tier | 9 | | |
| Arbeitskosten | | | | | | | | | | | | |
| <i>Erstes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenbad á Stunden: | 0.70h | 10 | 28 CHF/h | 195 CHF | 1.91h | 10 | 28 CHF/h | 536 CHF | 4.52h | 10 | 28 CHF/h | 1266 CHF |
| Klauenbad: Entsorgung Zinksulfat | 0.17h | 1 | 28 CHF/h | 5 CHF | 0.17h | 1 | 28 CHF/h | 5 CHF | 0.17h | 1 | 28 CHF/h | 5 CHF |
| Klauenschneiden á Stunden: | 0.57h | 5 | 28 CHF/h | 79 CHF | 1.32h | 5 | 28 CHF/h | 185 CHF | 2.71h | 5 | 28 CHF/h | 379 CHF |
| Klauenkontrolle á Stunden: | 0.47h | 4 | 28 CHF/h | 52 CHF | 0.75h | 4 | 28 CHF/h | 84 CHF | 1.26h | 4 | 28 CHF/h | 141 CHF |
| Tupferprobenentnahme á Stunden: | 0.57h | 1 | 28 CHF/h | 16 CHF | 1.20h | 1 | 28 CHF/h | 34 CHF | 2.36h | 1 | 28 CHF/h | 66 CHF |
| <i>Zweites Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenkontrolle á Stunden: | 0.47h | 1 | 28 CHF/h | 13 CHF | 0.75h | 1 | 28 CHF/h | 21 CHF | 1.26h | 1 | 28 CHF/h | 35 CHF |
| Tupferprobenentnahme á Stunden: | 0.57h | 1 | 28 CHF/h | 16 CHF | 1.20h | 1 | 28 CHF/h | 34 CHF | 2.36h | 1 | 28 CHF/h | 66 CHF |
| <i>Drittes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Tupferprobenentnahme á Stunden: | 0.57h | 1 | 28 CHF/h | 16 CHF | 1.20h | 1 | 28 CHF/h | 34 CHF | 2.36h | 1 | 28 CHF/h | 66 CHF |
| Arbeitskosten total | | | | 392.1 CHF | | | | 930.9 CHF | | | | 2024.6 CHF |
| Kosten durch Dritte | | | | | | | | | | | | |
| <i>Erstes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |

| | Betriebstyp klein | | | | Betriebstyp mittel | | | | Betriebstyp gross | | | |
|--|-------------------|-------|-----------|-----------|--------------------|-------|-----------|------------|-------------------|-------|-----------|------------|
| | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag | Einheit | Menge | Preis | Betrag |
| Klauenkontrolleur (1 CHF/Tier, mind. 30 CHF) | mal | 4 | 30 CHF | 120 CHF | mal | 4 | 32 CHF | 128 CHF | mal | 4 | 78 CHF | 312 CHF |
| Laboranalyse PCR | Tier | 7 | 6.5 CHF | 46 CHF | Tier | 25 | 6.5 CHF | 163 CHF | Tier | 28 | 6.5 CHF | 182 CHF |
| <i>Zweites Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Klauenkontrolleur (1 CHF/Tier, mind. 30 CHF) | mal | 1 | 30 CHF | 30 CHF | mal | 1 | 32 Fr. | 32 Fr. | mal | 1 | 78 Fr. | 78 Fr. |
| Laboranalyse PCR | Tier | 7 | 6.5 Fr. | 46 Fr. | Tier | 25 | 6.5 Fr. | 163 Fr. | Tier | 28 | 6.5 Fr. | 182 Fr. |
| <i>Drittes Sanierungsjahr</i> | | | | | | | | | | | | |
| Laboranalyse PCR | Tier | 7 | 6.5 Fr. | 46 Fr. | Tier | 25 | 6.5 Fr. | 163 Fr. | Tier | 28 | 6.5 Fr. | 182 Fr. |
| Kosten durch Dritte total | | | | 286.5 Fr. | | | | 647.5 Fr. | | | | 936.0 Fr. |
| Sachkosten | | | | | | | | | | | | |
| Zinksulfat | kg | 4.4 | 4.80 Fr. | 21.12 Fr. | kg | 10.65 | 4.80 Fr. | 51.12 Fr. | kg | 27 | 4.80 CHF | 129.60 CHF |
| Wasser | Liter | 36 | 0.002 CHF | 0.07 CHF | Liter | 71 | 0.002 CHF | 0.14 CHF | Liter | 180 | 0.002 CHF | 0.36 CHF |
| Sachkosten total | | | | 21.2 CHF | | | | 51.3 CHF | | | | 130.0 CHF |
| Kosten Total | | | | 699.8 CHF | | | | 1629.7 CHF | | | | 3090.5 CHF |

11.5 Annahmen zum Nutzen der Behandlung

Der Nutzen der Behandlung setzt sich zusammen aus der Kostenminderung bzw. Erlössteigerungen auf dem Betrieb und aus den verringerten intangiblen Schäden, d.h. den nicht direkt messbaren Kosten, die der Gesellschaft entstehen.²² Informationen zu ersterem wurden aus dem Tierversuch genommen, während die intangiblen Schäden, wozu v.a. das Tierwohl zählt, durch Expertenschätzungen erfasst wurden (Kapitel 3). Für die Kalkulation des jährlichen Nutzens der o.g. Behandlungsmassnahmen ist entscheidend, wie viele Tiere durchschnittlich auf dem Betrieb sind. Hierfür wird angenommen, dass die durchschnittliche Mastdauer der Lämmer 21 Wochen beträgt. Der Nutzen von Bekämpfungsmassnahmen richtet sich zudem massgeblich nach der Häufigkeit der Moderhinkeerkrankungen. Im Maximum Entropie Modell von Kapitel 6 wurde darauf hingewiesen, dass aus den erhobenen Fragebogendaten die Moderhinkeprävalenz auf zwei unterschiedliche Weisen berechnet werden kann. Dabei liefert die Variante „High“ vergleichsweise hohe Prävalenzwerte, während die Berechnungsweise „Base“ eher kleinere Prävalenzwerte für die 22 Regionen ergibt. Im Anschluss werden beide Berechnungsweise nacheinander in getrennten Tabellen aufgeführt, wobei das High-Szenario als erstes aufgeführt wird, da diese Berechnungsweise als realistischer eingeschätzt wird.

Da der Tierversuch zeigte, dass an Moderhinke erkrankte Tiere langsamer zunehmen, wird die ermittelte Verlängerung der Mastdauer in der Kostenkalkulation berücksichtigt. Hierfür wird angenommen, dass Lämmer nicht vorzeitig geschlachtet werden sondern bis zum Endgewicht gemästet werden. Die zusätzlichen Arbeits- und Futterkosten werden entsprechend angerechnet. Hierbei wird gemäss den Publikationen Deckungsbeiträge (Agridea, 2015a) und Reflex (Agridea, 2015b) bei einem Arbeitsansatz von 28 CHF und durchschnittlichen Futterkosten von 0.15 CHF pro Tag sowie durchschnittlichen allgemeinen Betriebskosten von 0.25 CHF pro Tag davon ausgegangen, dass die Kosten pro Tier und Tag 2,70 CHF betragen.²³

Zur Bewertung der Verringerung intangibler Schäden wurden Expertenmeinungen eingeholt (s. Kapitel 4). Konkret wurde gefragt, wie hoch die intangiblen Schäden bei angenommener Prävalenz von 70 % sind, und wie der Schadensrückgang bei 20 %, 50 % und 70 % Heilung ist. Hieraus wurde mittels linearer Interpolation zwischen den Expertenangaben die Schadensreduktion bei verringerter Moderhinkeprävalenz in 1 %-Schritten ermittelt. Der Verlauf ist in Kapitel 3 grafisch dargestellt, und die angewendeten Werte sind in Tabelle 55 dargestellt.

²² Es wurde auf den Einbezug der indirekten Schäden verzichtet, da hier kaum Effekte zu erwarten sind (siehe Kapitel 8).

²³ Diese Werte wurden von Marc Boessinger (Agridea) unter Zuhilfenahme der genannten Quellen geschätzt.

Tabelle 55: Intangible Schäden bei unterschiedlicher schweizweiter Moderhinkeprävalenz

| Moderhinkeprävalenz | Schaden (Mio CHF) | Moderhinkeprävalenz | Schaden (Mio CHF) |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 70.0 % | 53.03 | 35.0 % | 29.16 |
| 69.3 % | 52.64 | 34.3 % | 28.43 |
| 68.6 % | 52.25 | 33.6 % | 27.70 |
| 67.9 % | 51.87 | 32.9 % | 26.97 |
| 67.2 % | 51.48 | 32.2 % | 26.24 |
| 66.5 % | 51.09 | 31.5 % | 25.51 |
| 65.8 % | 50.70 | 30.8 % | 24.78 |
| 65.1 % | 50.32 | 30.1 % | 24.05 |
| 64.4 % | 49.93 | 29.4 % | 23.32 |
| 63.7 % | 49.54 | 28.7 % | 22.59 |
| 63.0 % | 49.16 | 28.0 % | 21.87 |
| 62.3 % | 48.77 | 27.3 % | 21.14 |
| 61.6 % | 48.38 | 26.6 % | 20.41 |
| 60.9 % | 47.99 | 25.9 % | 19.68 |
| 60.2 % | 47.61 | 25.2 % | 18.95 |
| 59.5 % | 47.22 | 24.5 % | 18.22 |
| 58.8 % | 46.83 | 23.8 % | 17.49 |
| 58.1 % | 46.45 | 23.1 % | 16.76 |
| 57.4 % | 46.06 | 22.4 % | 16.03 |
| 56.7 % | 45.67 | 21.7 % | 15.30 |
| 56.0 % | 45.28 | 21.0 % | 14.57 |
| 55.3 % | 44.75 | 20.3 % | 14.08 |
| 54.6 % | 44.21 | 19.6 % | 13.60 |
| 53.9 % | 43.67 | 18.9 % | 13.11 |
| 53.2 % | 43.13 | 18.2 % | 12.62 |
| 52.5 % | 42.60 | 17.5 % | 12.14 |
| 51.8 % | 42.06 | 16.8 % | 11.65 |
| 51.1 % | 41.52 | 16.1 % | 11.17 |
| 50.4 % | 40.99 | 15.4 % | 10.68 |
| 49.7 % | 40.45 | 14.7 % | 10.20 |
| 49.0 % | 39.91 | 14.0 % | 9.71 |
| 48.3 % | 39.37 | 13.3 % | 9.23 |
| 47.6 % | 38.84 | 12.6 % | 8.74 |
| 46.9 % | 38.30 | 11.9 % | 8.25 |
| 46.2 % | 37.76 | 11.2 % | 7.77 |
| 45.5 % | 37.22 | 10.5 % | 7.28 |
| 44.8 % | 36.69 | 9.8 % | 6.80 |
| 44.1 % | 36.15 | 9.1 % | 6.31 |
| 43.4 % | 35.61 | 8.4 % | 5.83 |
| 42.7 % | 35.07 | 7.7 % | 5.34 |
| 42.0 % | 34.54 | 7.0 % | 4.86 |
| 41.3 % | 34.00 | 6.3 % | 4.37 |
| 40.6 % | 33.46 | 5.6 % | 3.88 |

| Moderhinkeprävalenz | Schaden (Mio CHF) | Moderhinkeprävalenz | Schaden (Mio CHF) |
|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 39.9 % | 32.93 | 4.9 % | 3.40 |
| 39.2 % | 32.39 | 4.2 % | 2.91 |
| 38.5 % | 31.85 | 3.5 % | 2.43 |
| 37.8 % | 31.31 | 2.8 % | 1.94 |
| 37.1 % | 30.78 | 2.1 % | 1.46 |
| 36.4 % | 30.24 | 1.4 % | 0.97 |
| 35.7 % | 29.70 | 0.7 % | 0.49 |

Für die Kosten-Nutzen Evaluation wird angenommen, dass von der Gesellschaft nicht der Ist-Zustand der intangiblen Schäden bewertet wird, sondern eine Verringerung (oder Verschlechterung) der Moderhinkeprävalenz. Die Änderung gegenüber dem Vorjahr muss hierbei gemäss der Annahme mindestens 1 % betragen, sodass der Unterschied aus gesellschaftlicher Sicht bemerkbar ist. Hiermit wird auch dem Ergebnis des Workshops Rechnung getragen, dass die Bewertung intangibler Schäden überproportional steigt. Die verhaltene Resonanz auf geringe Änderungen ist auch ein wesentlicher Grund, warum die Veränderung der Schäden und nicht die Höhe der Schäden als Richtmass für die Kosten-Nutzen-Analyse verwendet wurde.

11.6 Kosten-Nutzen Evaluation

Im Folgenden werden die Kosten und die Wirkung der Moderhinkebekämpfung für die verschiedenen Szenarien ausgewiesen. Hierfür wurden die jährlichen Kosten und Wirkungen der Bekämpfungsszenarien berechnet für den Zeitraum vom Startjahr 2014 bis zum Jahr 2030. Durch die Bekämpfungsmassnahmen werden Kosten, die durch Moderhinke entstehen, vermindert. Aus diesem Grund wird der Nutzen von Bekämpfungsmassnahmen mit einem negativen Vorzeichen ausgedrückt. Infolgedessen werden Kosten durchgehend mit positivem Vorzeichen und Nutzen mit negativen Vorzeichen gekennzeichnet. Anschliessend wird die Nettowohlfahrt der verschiedenen Behandlungsszenarien dargestellt. Diese wird aus der Differenz der einzelnen Kosten- und Nutzelemente von den Szenarien „Keine Bekämpfung“, „Sanierung mit klinischen Kontrollen“ und „Sanierung mit Tupferproben“ zum Laisser-faire Szenario berechnet. In der Nettoberechnung deutet ein positiver Wert auf höhere Kosten hin, weshalb dasjenige Szenario mit dem geringsten Wert die beste Nettowohlfahrt erzielt.

11.7 Darstellung der Kosten- und Nutzelemente

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Kosten der verschiedenen Szenarien zusammengesetzt sind. Ausserdem wird ausgewiesen, in welchem Mass eine Moderhinkebekämpfung positive Effekte hat durch die Einsparung von direkten Kosten oder aufgrund der Verbesserung von Tierwohl und anderen intangiblen Schäden.

11.7.1 Kosten und Wirkung der Bekämpfung in den Szenarien

Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen Evaluation unter Annahme einer hohen Moderhinkeprävalenz im Jahr 2014 (High) werden in Tabelle 56 dargestellt. In den Spalten

werden die einzelnen Szenarien zusammengefasst, während in den Zeilen die Kosten der Moderhinke und die Wirkungsindikatoren der Bekämpfung von Moderhinke aufgezeigt werden. Die Kosten werden aufgeteilt in Arbeitskosten der Landwirte, Kosten verursacht durch Dritte (z.B. Lohn an Klauenkontrolleure) und Sachkosten (z.B. Zinksulfat für Klauenbad). Ebenfalls werden die gesamten Behandlungskosten im oberen Bereich der Tabelle zusammengefasst. Der Nutzen der Behandlung wird anhand von zwei Indikatoren berechnet, welche im unteren Teil der Tabelle dargestellt werden. So fallen in jedem Szenario beim Landwirt direkte Kosten durch die Moderhinke an, welche aufgrund der längeren Mast von Lämmern entstehen. Weiterhin entstehen der Gesellschaft intangible Kosten, welche entsprechend den Einschätzungen aus den Expertenworkshops (Kapitel 3) vorrangig durch eine Verringerung des Tierwohles verursacht werden. Es kommt zu Unterschieden in den Werten zwischen diesen Szenarien, weil sich die verschiedenen Bekämpfungsmassnahmen unterschiedlich auf die Prävalenz der Moderhinke auswirken. In Klammern wird der Wert des Konfidenzintervalls angegeben, der von den Prävalenzberechnungen der Simulationen des epidemiologischen Modells kommt. Demzufolge gibt dieses Intervall einen monetären Wertkorridor bei um 5 % abweichenden Moderhinkeprävalenzen an.

Tabelle 56: Behandlungskosten und Auswirkungen der Moderhinke 2014-2030 (High) (in 1,000 CHF)

| | Szenario Laisser-faire | Szenario Keine Bekämpfung | Szenario BGK Schema | Szenario Tupfer |
|---|------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
| Behandlungskosten | | | | |
| Arbeitskosten | 47,135 | 59,477 | 14,244 | 8,080 |
| (95% Konfidenzintervall) | (38,707 – 55,203) | (51,648 – 66,793) | (11,180 – 17,611) | (6,205 – 10,297) |
| Kosten durch Dritte | 985 | 0 | 12,451 | 7,922 |
| (95% Konfidenzintervall) | (669 – 1,339) | (0 – 0) | (10,265 – 14,851) | (6,601 – 9,484) |
| Sachkosten | 2,020 | 2,591 | 763 | 414 |
| (95% Konfidenzintervall) | (1,656 – 2,370) | (2,248 – 2,910) | (588 – 956) | (311 – 536) |
| Total, Behandlungskosten | 50,140 | 62,068 | 27,458 | 16,416 |
| (95% Konfidenzintervall) | (41,031 – 58,912) | (53,896 – 69,703) | (22,034 – 33,418) | (13,117 – 20,317) |
| Monetäre Auswirkung der Moderhinke-Entwicklung | | | | |
| Nutzen reduzierter Mastdauer | 1,648 | -20,474 | 40,665 | 52,754 |
| (95% Konfidenzintervall) | (1,328 – 1,802) | (-20,901 – -19,540) | (36,921 – 43,821) | (45,788 – 59,249) |
| Tierwohl und andere intangible Schäden | 553,422 | 691,667 | 192,775 | 99,936 |
| (95% Konfidenzintervall) | (441,966 – 647,156) | (606,668 – 762,332) | (140,771 – 253,578) | (71,947 – 134,365) |

Anmerkungen: Diskontfaktor = 1, Angaben zu konstanten Preisen. Direkte Kosten und Behandlungskosten wurden über den gesamten Zeitraum zusammenaddiert. Bei intangiblen Kosten wurden Veränderungen der Schweizer Moderhinke-Prävalenz um 1 % und mehr als kostenändernd ausgewiesen.

Es zeigt sich, dass die Arbeitskosten in allen Szenarien den grössten Anteil an den Behandlungskosten aufweisen. Die höchsten Arbeitskosten fallen im Szenario „Keine Bekämpfung“ an. Hier ist im Zeitraum 2014-2030 mit Arbeitskosten von circa 60 Millionen CHF zu rechnen. Abhängig von der geschätzten Prävalenzrate variieren die erwarteten

Arbeitskosten um mehr als 7 Millionen CHF. Unter der Annahme, dass die bisherigen Massnahmen beibehalten werden und die Kantone, welche bereits Massnahmen ergriffen habe, ihre Massnahmen fortsetzen, ist damit zu rechnen, dass im Untersuchungszeitraum Arbeitskosten von circa 47 Millionen CHF anfallen werden (Scenario „Laisser-faire“). Diese Kostenschätzungen fallen deutlich höher aus als die Schätzungen für gezielte Massnahmen im Rahmen der Szenarien „BGK Schema“ und „Tupfer“. Hier ist mit Arbeitskosten von 14 Millionen CHF bzw. 8 Millionen CHF zu rechnen. Die Verteilung der Fremdkosten, d.h. die Aufwendungen für Dritte sind im Szenario „BGK Schema“ deutlich höher als in den anderen Szenarien. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Tupferproben zu einer Reduktion der Fremdkosten um 4.5 Millionen CHF führen würde. Damit schneidet das Szenario „Tupfer“ deutlich besser ab als das Szenario „BGK Schema“. Auch bei den Sachkosten schneidet das Szenario „Tupfer“ deutlich besser ab als die anderen Szenarien. So sind die Kosten mit 0.4 Millionen CHF halb so hoch wie für das Szenario „BGK Schema“. Die Szenarien „Laisser-faire“ und „Keine Bekämpfung“ führen zu deutlich höheren Sachkosten, was nicht verwundert, da hier die Aufwendungen einer langfristigen Behandlung von Einzeltieren deutlich höher sind. Schaut man sich die gesamten Behandlungskosten an, so ist festzustellen, dass das Szenario „Tupfer“ deutlich besser abschneidet als die anderen Szenarien. So ist bei diesem Szenario mit Behandlungskosten von 16.4 Millionen CHF zu rechnen. Die Behandlungskosten sind damit um 11 Millionen CHF niedriger als beim Szenario „BGK Schema“. Dies liegt daran, dass die Prävalenzen hier deutlich schneller sinken und es somit auch zu weniger Reinfektionen kommt (siehe epidemiologisches Modell in Kapitel 8). Eine verbesserte Erkennung von Moderhinke zahlt sich somit deutlich aus. Hingegen liegen die Gesamtkosten bei den Szenarien „Laisser-faire“ und „Keine Bekämpfung“ deutlich höher. Hier ist mit Behandlungskosten von 50.1 Millionen CHF bzw. 62.1 Millionen CHF für den Zeitraum 2014-2030 zu rechnen.

Vergleicht man den Nutzen der einzelnen Szenarien in Bezug auf die Mastdauer, so sind deutlich Unterschiede zwischen den Szenarien zu erkennen. Das Szenario „Keine Bekämpfung“ führt zu einer signifikanten Erhöhung der durchschnittlichen Mastdauer. Damit einhergehend ist mit grösseren Aufwendungen für die Pflege und Fütterung zu rechnen. Diese belaufen sich auf mehr als 20.4 Millionen CHF für den Zeitraum 2014-2030. Deutlich besser schneidet das Szenario „Laisser-faire“ ab, welches eine Beibehaltung der Massnahmen in Graubünden und Glarus vorsieht. Hier in mit wirtschaftlichen Nutzen von circa 1.6 Millionen CHF zu rechnen. Vergleicht man die systematischen Bekämpfungsszenarien, so fällt auf, dass das Szenario „Tupfer“ zu grösseren wirtschaftlichen Mehrwerten führt. Dies ist nicht verwunderlich, da die Prävalenzraten bei diesen Szenarien deutlich schneller sinken und es somit auch zu weniger Reinfektionen kommt. Der wirtschaftliche Nutzen im Szenario „Tupfer“ ist um 10.1 Millionen CHF höher und entspricht 52.7 Millionen CHF im Zeitraum 2014-2030.

Die Werte in der anschliessenden Tabelle 57 basieren auf den eher optimistischen Schätzungen der Moderhinkeprävalenz aus den Fragebogendaten (Base). Es zeigt sich, dass der Vorteil im Szenario „Tupfer“ gegenüber dem klassischen klinischen BGK-Schema deutlich kleiner ist. Der wesentliche Vorteil im Szenario „Tupfer“ liegt in der schnellen

Eindämmung der Ausbreitung von Moderhinke. Allerdings wird in den Base-Szenarien von anfangs geringeren Prävalenzen ausgegangen. Es zeigt sich somit, dass der Mehrwert der Tupferproben umso höher ist, je stärker die Moderhinke verbreitet ist.

**Tabelle 57: Behandlungskosten und Auswirkungen der Moderhinke 2014-2030 (Base)
(in 1,000 CHF)**

| | Szenario Laisser-faire | Szenario Keine Bekämpfung | Szenario BGK Schema | Szenario Tupfer |
|---|------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
| Behandlungskosten | | | | |
| Arbeitskosten | 35,430 | 43,101 | 9,424 | 6,533 |
| (95% Konfidenzintervall) | (27,858 – 43,022) | (35,978 – 50,347) | (7,036 – 12,003) | (4,857 – 8,522) |
| Kosten durch Dritte | 634 | 0 | 8987 | 6827 |
| (95% Konfidenzintervall) | (394 – 901) | (0 – 0) | (7,285 – 10,823) | (5,646 – 8,227) |
| Sachkosten | 1,522 | 1,882 | 489 | 329 |
| (95% Konfidenzintervall) | (1,194 – 1,851) | (1,566 – 2,201) | (352 – 636) | (237 – 439) |
| Total, Behandlungskosten | 37,586 | 44,983 | 18,900 | 13,689 |
| (95% Konfidenzintervall) | (29,445 – 45,774) | (37,544 – 52,548) | (14,673 – 23,462) | (10,739 – 17,188) |
| Monetäre Auswirkung der Moderhinke-Entwicklung | | | | |
| Nutzen reduzierter Mastdauer | 629 | -13,760 | 34,156 | 39,440 |
| (95% Konfidenzintervall) | (613 – 598) | (-13,491 – -13,104) | (28,839 – 38,666) | (32,527 – 45,863) |
| Tierwohl und andere intangible Schäden | 394,994 | 506,838 | 113,355 | 74,835 |
| (95% Konfidenzintervall) | (277,280 – 506,476) | (404,609 – 595,876) | (77,815 – 155,390) | (51,796 – 104,256) |

Anmerkungen: Diskontfaktor = 1, Angaben zu konstanten Preisen. Direkte Kosten und Behandlungskosten wurden über den gesamten Zeitraum zusammenaddiert. Bei intangiblen Kosten wurden Veränderungen der Schweizer Moderhinke-Prävalenz um 1 % und mehr als kostenändernd ausgewiesen.

Im unteren Teil der Tabellen 56 und 57 sind die Auswirkungen der Moderhinke auf die Gesellschaft (intangible Kosten) dargestellt. Augenscheinlich ist, dass das Szenario ohne systematische Bekämpfung der Moderhinke besonders hohe intangible Schäden für den Zeitraum 2014-2030 aufweist. Auch das „Laisser-faire“ Szenario verursacht hohe Kosten, da bei diesem in den meisten Teilen der Schweiz von einer Einzeltierbehandlung ausgegangen wird, mit welcher die Moderhinke nicht wirksam bekämpft werden kann. Vergleicht man die systematischen Bekämpfungsszenarien, so wird ersichtlich, dass das Szenario „Tupfer“ den anderen Szenarien deutlich überlegen ist. So sinken die intangiblen Schäden in diesem Szenario auf weniger als 100 Millionen CHF unter der Annahme einer hohen Moderhinkeprävalenz im Jahr 2014 (High), wohingegen sie bei den anderen Szenarien deutlich höher sind.

11.7.2 Nettowohlfahrt der Bekämpfungsszenarien

Die obige Gegenüberstellung zeigt nicht auf, wie die alternativen Bekämpfungsszenarien im Vergleich zur Beibehaltung des Ist-Zustandes (Szenario „Laisser-faire“) abschneiden. Um diesen Vergleich zu ermöglichen, wird das Laisser-faire Szenario mit den alternativen Szenarien verglichen indem die Differenzen der Kosten und Nutzen gebildet werden. Hieraus

lässt sich dann der Nettowohlfahrtsgewinn der alternativen Szenarien bestimmen. Die Berechnungsergebnisse werden in Tabelle 58 für den Fall einer hohen Prävalenz (High) und in Tabelle 59 für den Fall einer geringen Prävalenz (Base) zusammengefasst.

Tabelle 58: Direkter Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (High) (in 1,000 CHF)

| | Szenario Keine Bekämpfung | Szenario BGK Schema | Szenario Tupfer |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Behandlungskosten, Vergleich mit Laisser-faire | | | |
| Differenz zu Arbeitskosten bei Laisser-faire | 12,342 | -32,891 | -39,055 |
| Differenz Kosten durch Dritte bei Laisser-faire | -985 | 11,466 | 6,937 |
| Differenz Sachkosten bei Laisser-faire | 571 | -1,257 | -1,606 |
| Total Kostendifferenz | 11,928 | -22,682 | -33,724 |
| Monetärer Effekt der Moderhinkebekämpfung, Vergleich mit Laisser-faire | | | |
| Differenz zu Nutzen reduzierter Masterdauer beim Szenario "Laisser-faire" | -22,122 | 39,017 | 51,106 |
| Nettowohlfahrtsgewinn | -34,050 | 61,699 | 84,830 |

Tabelle 59: Direkter Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (Base) (in 1,000 CHF)

| | Szenario Keine Bekämpfung | Szenario BGK Schema | Szenario Tupfer |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Behandlungskosten, Vergleich mit Laisser-faire | | | |
| Differenz zu Arbeitskosten bei Laisser-faire | 7,671 | -26,006 | -28,897 |
| Differenz Kosten durch Dritte bei Laisser-faire | -634 | 8,353 | 6,193 |
| Differenz Sachkosten bei Laisser-faire | 360 | -1,033 | -1,193 |
| Total Kostendifferenz | 7,397 | -18,686 | -23,897 |
| Monetärer Effekt der Moderhinkebekämpfung, Vergleich mit Laisser-faire | | | |
| Differenz zu Nutzen reduzierter Masterdauer beim Szenario "Laisser-faire" | -14,389 | 33,527 | 38,811 |
| Nettowohlfahrtsgewinn | -21,786 | 52,213 | 62,708 |

Der Vergleich der Behandlungskosten zeigt, dass eine Aufgabe sämtlicher bisherigen Sanierungs-Massnahmen in den Kantonen Glarus und Graubünden höhere Behandlungskosten zur Folge hätte. Da in diesem Szenario anstatt einer systematischen Behandlung der Moderhinke nur Einzeltierbehandlungen vorgenommen werden, erhöht sich die Prävalenz- und Reinfektionsrate in diesen Kantonen signifikant. Dies führt dazu, dass über den Zeitraum 2014-2030 zusätzliche Behandlungskosten von circa 12 Millionen CHF anfallen. Hingegen führen die systematischen Verfahren zu einer starken Reduktion der Behandlungskosten. Im Vergleich zum Ist-Zustand sinken die Behandlungskosten im Szenario „BGK Schema“ um 22.7 Millionen und im Szenario „Tupfer“ um 33.7 Millionen unter Annahme einer hohen Moderhinkeprävalenz.

Auch bei den Behandlungsnutzen sind signifikante Unterschiede zwischen den alternativen Szenarien zu erkennen. So führt eine Aufgabe aller Massnahmen zu starken Nutzenverlusten, da mehr Tiere krank sind und länger gemästet werden müssen. Hingegen führen die systematischen Massnahmen zu hohen Nutzengewinnen, welche durch die

Reduktion der Mastdauer im Vergleich zum Szenario „Laisser-faire“ verursacht werden. Die Einsparungen sind grösser beim Szenario „Tupfer“ als beim Szenario „BGK Schema“. So liegen die Nutzegewinne hier bei mehr als 51.1 Millionen CHF.

Berechnet man nun die Nettowohlfahrtseffekte der alternativen Szenarien, so fällt auf, dass das Szenario „Keine Bekämpfung“ zu substantiellen Nettowohlfahrtsverlusten von mehr 21.7 Millionen CHF führt. Hingegen verursachen die beiden systematischen Bekämpfungsszenarien einen Nettowohlfahrtsgewinn. Dieser fällt für das Szenario „Tupfer“ mit 84.8 Millionen deutlich stärker aus als für das Szenario „BGK Schema“. Hier ist mit Nettowohlfahrtsgewinnen von 61.7 Millionen CHF zu rechnen. Die Differenz zwischen beiden Szenarien erklärt sich durch die geringere Prävalenz- und Reinfektionsrate im Szenario „Tupfer“. Entsprechend ist das Szenario „Tupfer“ das Verfahren, welches den grössten Nettowohlfahrtseffekt aufweist und daher zur Bekämpfung der Moderhinke zu bevorzugen ist.

In den Tabellen 60 und 61 werden die Ergebnisse dargestellt, wenn zusätzlich die intangiblen Kosten berücksichtigt werden. Da diese Kosten für die gesamte Gesellschaft anfallen, handelt es sich um eine gesamtgesellschaftliche Nettowohlfahrtsbetrachtung. Es zeigt sich, dass die Verringerung intangibler Kosten einen bedeutenden Anteil am gesamten Nutzen der Bekämpfungsmassnahmen ausmacht. Insbesondere das Szenario ohne Sanierung schneidet hier deutlich schlechter ab, da der Anteil an von Moderhinke betroffener Schafe erheblich zunimmt. Da angenommen wurde, dass sich in der Gesellschaft nur die Unterschiede im Schadensniveau bemerkbar machen und nicht jedes Jahr das volle Schadensniveau berechnet werden kann, sind diese Kosten noch als gering einzuschätzen.

Tabelle 60: Gesellschaftlicher Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (High) (in 1,000 CHF)

| | Szenario Keine Bekämpfung | Szenario BGK Schema | Szenario Tupfer |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Behandlungskosten, Vergleich mit Laisser-faire | 11,928 | -22,682 | -33,724 |
| Monetärer Effekt der Moderhinkebekämpfung, Vergleich mit Laisser-faire | | | |
| Differenz zu Nutzen reduzierter Mastdauer beim Szenario "Laisser-faire" | -22,122 | 39,017 | 51,106 |
| Differenz zu intangiblen Kosten beim Szenario "Laisser-faire" | -138,245 | 360,647 | 453,486 |
| Total Differenz, direkte und intangible Kosten | -160,367 | 399,664 | 504,592 |
| Nettowohlfahrtsgewinn, direkt und intangibel | -172,295 | 422,346 | 538,316 |

Tabelle 61: Gesellschaftlicher Nettowohlfahrtsgewinn/-verlust gegenüber Laisser-faire Szenario (Base) (in 1,000 CHF)

| | Szenario Keine Bekämpfung | Szenario BGK Schema | Szenario Tupper |
|---|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Behandlungskosten, Vergleich mit Laisser-faire | 7,397 | -18,686 | -23,897 |
| Monetärer Effekt der Moderhinkebekämpfung, Vergleich mit Laisser-faire | | | |
| Differenz zu Nutzen reduzierter Mastdauer beim Szenario "Laisser-faire" | -14,389 | 33,527 | 38,811 |
| Differenz zu intangiblen Kosten beim Szenario "Laisser-faire" | -111,844 | 281,639 | 320,159 |
| Total Differenz, direkte und intangible Kosten | -126,233 | 315,166 | 358,970 |
| Nettowohlfahrtsgewinn, direkt und intangibel | -133,630 | 333,852 | 382,867 |

Abschliessend wird die Wohlfahrtsbetrachtung in Form von Säulendiagrammen in den Abbildungen 79 und 80 für die High und die Base Szenarien vorgenommen. Hier sind Kosten und Nutzen (Wirkung) der Massnahmen in die gleiche Richtung skaliert, sodass ein direkter Vergleich der Höhe der Säulen möglich ist. Es zeigt sich, dass die alternativen systematischen Verfahren deutlich besser abschneiden als das Laisser-faire Szenario. Beim Szenario ohne Sanierung in den Kantonen Glarus und Graubünden fallen zwar geringere Behandlungskosten an als bei Fortführung des Ist-Zustandes, jedoch ist der Nutzen unter Berücksichtigung einer verlängerten Mastdauer und der zusätzlichen intangiblen Schäden geringer als die Kosteneinsparung. Genau gegenteilig verhält es sich bei den Bekämpfungsszenarien. Bei Anwendung des BGK Schemas und der Sanierung mit Tupperproben können erhebliche Kosten eingespart werden. Die Behandlungskosten sind so hoch, dass sich eine schweizweite Einführung dieser Massnahmen lohnt. Die hohen Kosten, die insbesondere im ersten Jahr anfallen, können vollumfänglich durch den Nutzen der Moderhinkebekämpfung gedeckt werden.

Abbildung 79: Nettowohlfahrtsbetrachtung: Gegenüberstellung von Behandlungskosten und Wirkung der Massnahmen (High, Referenz: Laisser-faire)

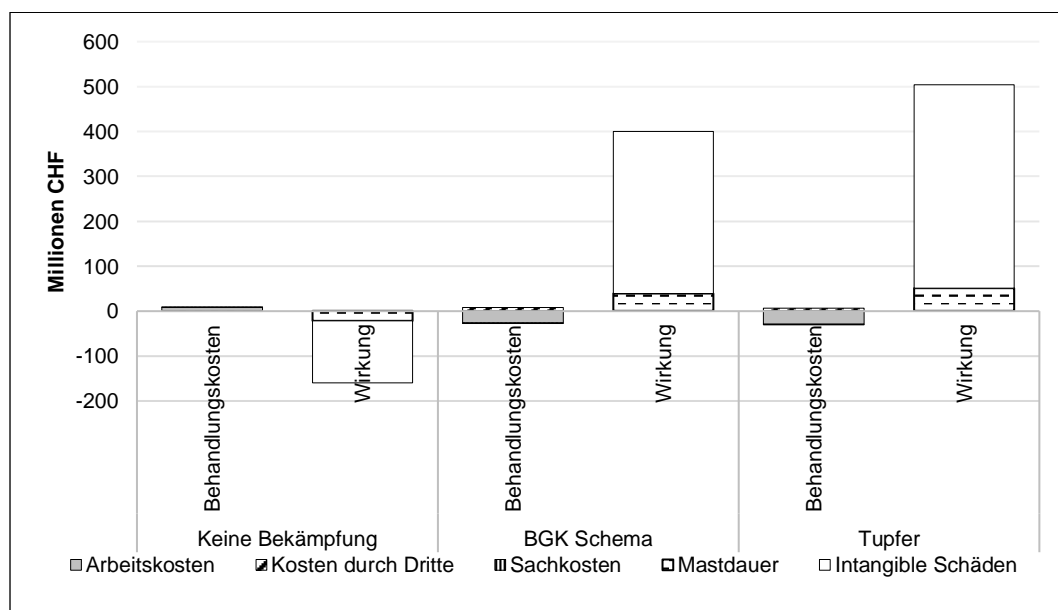
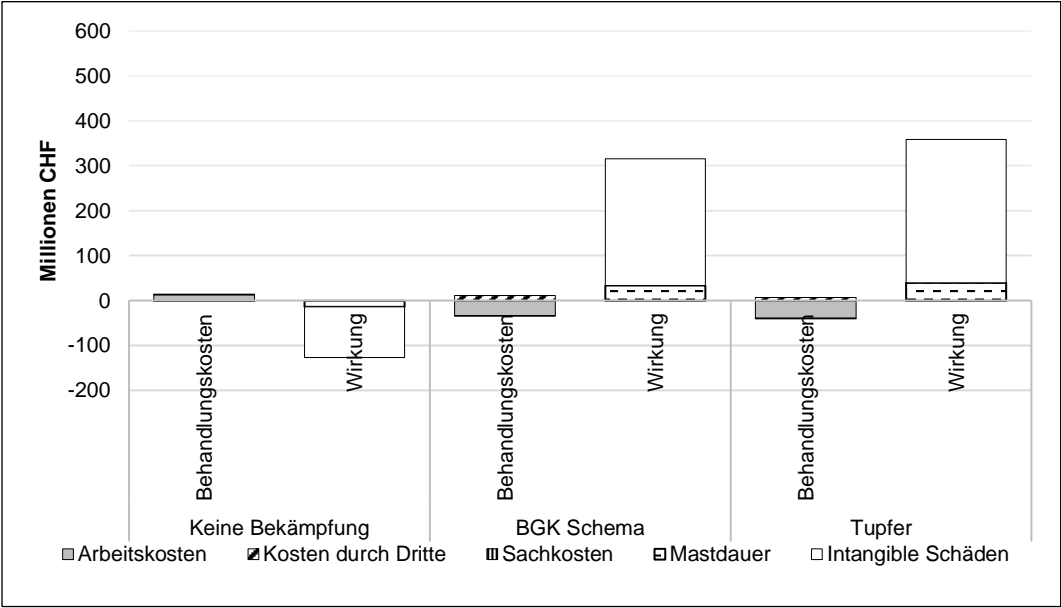


Abbildung 80: Nettowohlfahrtsbetrachtung: Gegenüberstellung von Behandlungskosten und Wirkung der Massnahmen (Base, Referenz: Laisser-faire)



4. Paket: Schlussfolgerungen und Empfehlungen

12. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Folgenden werden die wichtigsten Schlussfolgerungen für das Gesamtprojekt und einige Empfehlungen abgegeben. Die Schlussfolgerungen zu den einzelnen Teilprojekten finden sich in den jeweiligen Kapiteln.

- Eine schweizweite Moderhinkebekämpfung führt zu einer beträchtlichen Verbesserung des Tierwohls und zu einer verkürzten Mastdauer bei den Lämmern. Die Bekämpfung ist mit viel Arbeit vor allem auf Ebene Betriebe und mit entsprechenden Überwachungskosten (vor allem Kontrollen auf den Betrieben) verbunden. Ohne eine systematische Behandlung fallen erheblichen Kosten zur Behandlung einzelner Tiere an.
- Die Befragung der Schafhalter hat gezeigt, dass sich die Problematik Moderhinke in den letzten Jahren tendenziell verbessert hat. Dies lässt darauf schliessen, dass sich durch die Aktivitäten vor allem in der Ostschweiz und die häufigen Informationen über die Presse und Kurse die Sensibilität erhöht hat und – wenn auch nur durch eine wenig koordinierte Behandlung von Einzeltieren mit Krankheitssymptomen – auf Ebene Einzelbetrieb zusehends Massnahmen ergriffen werden.
- Aufgrund der Antworten aus dem Fragebogen wird ersichtlich, dass Moderhinke in allen Regionen in der Schweiz weit verbreitet ist. Dies trifft ebenfalls auf die Regionen mit obligatorischen Sanierungen zu. Es ist davon auszugehen, dass in Regionen, wo bereits eine Sanierung läuft, Tierhalter sensibilisierter sind, die kleinsten Anzeichen von Moderhinke in ihrer Herde umgehend erfassen und die notwendigen Massnahmen ergreifen.
- Die Kosten-Nutzen-Analyse hat gezeigt, dass die Kosten bei einer schweizweiten Sanierung geringer als bei der Beibehaltung des Ist-Zustandes („Laisser-faire“ Szenario) ausfallen würden. Als Folge der systematischen Massnahmen geht die Prävalenz deutlich zurück, wodurch die Kosten langfristig tiefer gehalten werden können als bei einer Einzeltierbehandlung. Insbesondere aufgrund der Verbesserung des Tierwohls und der damit verbundenen Senkung intangibler Kosten erscheint eine systematische Sanierung zielführend.
- Das BGK-Szenario mit klinischen Klauenkontrollen ist aufgrund der hohen Kontrollkosten nicht die beste Option für eine schweizweite Bekämpfung. Die Sanierung mit Nutzung von Tupferproben (Szenario „Tupfer“) erlaubt eine kostengünstigere und effizientere Bekämpfung der Moderhinke.
- Aufgrund des sehr regen Tierverkehrs (Handel, Sömmerung, Winterweide) ist eine Sanierung im Einzelbestand nicht nachhaltig. Daher kann nur mit einer schweizweiten Bekämpfung der Reinfektionsdruck massiv gesenkt werden.
- Aufgrund der Antworten im Rahmen der Befragung muss davon ausgegangen werden, dass in aktuell Moderhinke-sanierten Gebieten mehr Moderhinke-Probleme bestehen, als gemeldet werden (Reinfektionsmeldung). Daraus dürfte geschlossen werden, dass mit den visuellen Kontrollen (bis Ende 2015) nicht alle Infektionen erfasst wurden oder ein Teil der Infektionen absichtlich nicht gemeldet wurden. Wir gehen davon aus, dass

mit der neuen Methode (Tupferproben), die seit anfangs 2016 in den Kantonen Graubünden und Glarus umgesetzt wird, allfällige Infektionen frühzeitig erkannt werden können. Das epidemiologische Model zeigt auch, dass mit einer starken Reduktion der Moderhinke-Infektionen innert weniger Jahren bei einer schweizweiten Bekämpfung unter Einbezug von Tupferproben gerechnet werden kann.

- Die Bekämpfungsszenarien (BGK-Schema mit und ohne Tupferproben, C resp. B) weisen eine verhältnismässig lange Zeitdauer auf, bis der Infektionsdruck massgeblich gesenkt werden kann. Nun bestehen diverse andere Massnahmen, die es erlauben, diese Periode zu verkürzen. Dazu gehören die Einschränkung des Tierverkehrs, die Sperre von Betrieben, eine Einschränkung der Teilnahme an überregionalen Ausstellungen und der Sömmerung von Schafen aus Betrieben, die Moderhinke-Probleme haben. Dadurch wird die Rate von Neuinfektionen verringert und ein rascherer Abfall der Moderhinke-Prävalenz erwartet. Auch eine Keulung von Tieren, die immer wieder erkranken (rezidivierend kranke Tiere), ist in Betracht zu ziehen. Solche Massnahmen wurden zwar nicht explizit in den Szenarien berücksichtigt, die Erfahrungen z.B. auch im Kanton Graubünden zeigen, dass Restriktionen, die vor allem den Tierkontakt betreffen, entscheidend für den Erfolg einer schweizweiten Bekämpfung sind. Dementsprechend haben diese zusätzlichen Massnahmen ein grosses Potential den Erfolgsprozess einer Bekämpfung zu beschleunigen und gleichzeitig auch wirtschaftlich attraktiver zu machen.

Literaturverzeichnis

- Abbott, K. A.; Lewis, C. J. (2005). Current approaches to the management of ovine footrot. In: *The Veterinary Journal* 169 (1), S. 28–41.
- Aepli, M. (2014). Estimation of elasticities for food in Switzerland: Final results, ETH Zürich.
- Aepli, M. (2011). *Der Schweizer Lammfleischmarkt: Marktanalyse und Wettbewerb*, Studie ETH Zürich.
- Agridea (2015a). *Deckungsbeiträge 2015*. Lindau, Schweiz: Agridea.
- Agridea (2015b). *Reflex 2015 – Betriebswirtschaftliche Datensammlung*. Lindau, Schweiz: Agridea.
- Auernhammer, H., Zäh, H. (1979). *Arbeitszeitbedarf für Sonderarbeiten in der Rinderhaltung*. Frankfurt a. M.: DLG (Merkblatt / Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 158).
- Auernhammer, H. (1976). *Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse, Planzeiterstellung und Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der Bullenmast*. Darmstadt-Kranichstein: KTBL (KTBL-Schrift, 203).
- Aschwanden, J., L. Gygax, B. Wechsler, N. M. Keil (2009). "Loose housing of small goat groups: Influence of visual cover and elevated levels on feeding, resting and agonistic behaviour." *Applied Animal Behaviour Science* 119(3-4): 171-179.
- Bánáti, D. (2011). Consumer response to food scandals and scares. *Trends in Food Science & Technology*, 22(2), 56-60.
- Bearth, G. (2016). Neues Konzept der Moderhinke Überwachung in den Kantonen Glarus und Graubünden. *Forum* 1/2, S. 2-6.
- Bennett, G.; Hickford, J.; Sedcole, R.; Zhou, H. (2009): *Dichelobacter nodosus, Fusobacterium necrophorum and the epidemiology of footrot*. In: *Anaerobe* 15 (4), S. 173–176
- Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (BGK) (2010). *Technische Weisungen für das Moderhinke-Sanierungsprogramm des BGK*. vom 01.01.2010. Hg. Herzogenbuchsee: BGK / SSPR
- Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer (BGK) (2008). *Moderhinke*. Merkblatt Nr. 6. Herzogenbuchsee: BGK/SSPR
- Berger, A.L, Pietra, S.A., Pietra, V.J. (1996). A Maximum Entropy Approach to Natural Language Processing. *Computational Linguistics* 22 (1): 39-72.
- Berriatua, E., French, N.P., Broster, C.E., Morgan, K.L., Wall, R. (2001). Effect of infestation with *Psoroptes ovis* on the nocturnal rubbing and lying behaviour of housed sheep." *Applied Animal Behaviour Science* 71(1): 43-55.
- Blackie, N., J. Amory, E. Bleach, Scaife, J. (2011). The effect of lameness on lying behaviour of zero grazed Holstein dairy cattle." *Applied Animal Behaviour Science* 134(3): 85-91.
- Blandford, D. und Harvey, D. (2014). *Economics of Animal Welfare Standards: Transatlantic Perspectives*. *EuroChouces* 13(3), 35-40.
- Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (2009). *Experteninterviews. Theorien, Methoden, Anwendungsfehler*. 3. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (2005). *Das Experteninterview, Theorie, Methode, Anwendung*. 2. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bøe, K. E., S. Berg, I. L. Andersen (2006). Resting behaviour and displacements in ewes - effects of reduced lying space and pen shape. *Applied Animal Behaviour Science* 98(3): 249-259.

- Büchel, L., Anspach, V. (2012) Wirtschaftlichkeit der Fleischschafhaltung in der Schweizer Bergregion, ART-Bericht 654, Reckenholz-Tänikon.
- Bundesamt für Statistik (BFS) (2000 - 2014). Nutztierhalter und Nutztierbestände nach Zone. Online verfügbar unter <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/07/03/blank/data/01/03.html>, zuletzt geprüft am 18.12.2015.
- Champion, R. A., Rutter, S.M., Penning, P.D. (1997). An automatic system to monitor lying, standing and walking behaviour of grazing animals. *Applied Animal Behaviour Science* 54(4): 291-305.
- Chapinal, N., de Passillé, A. M., Weary, D. M., von Keyserlingk, M. A. G., Rushen, J. (2009). Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92(9): 4365-4374.
- Christensen, R. H. (2015). Analysis of ordinal data with cumulative link model- estimation with the R-package ordinal. Online verfügbar unter: https://cran.r-project.org/web/packages/ordinal/vignettes/clm_intro.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2016.
- Cramer, J.S. (2003). *Logit Models - from economics and other fields*. New York: Cambridge University Press.
- d'Arboval, H. (1839). *Dictionnaire de médecine, de chirurgie et d'hygiène vétérinaires*. Paris: J.-B- Baillière.
- Dobrick, F., Reifegerste, D., Scheufele, D. A. (2014). Panel 6: Eigenschaften und Folgen Gesundheitsbezogener Medieninhalte: Gesundheits-Kommunikation., 104.
- Duncan, I. J. H., Fraser, D. (1997). "Understanding animal welfare. In: Appleby, M.C., Hughes, B.O. (Hrsg.), *Animal Welfare*. Wallingford: CAB International, 19-31."
- Dwyer, C.M., Lawrence, A.B. (2008). *Introduction to Animal Welfare and the Sheep*. Dwyer, C.M. (Hrsg.): *The Welfare of Sheep*, 1-40.
- Egerton, J. R. (1991). Eradication of actively spreading ovine footrot. *Aust Vet J* 68(8): 283-284.
- Fitzpatrick, J., Scott, M., Nolan, A. (2006). "Assessment of pain and welfare in sheep." *Small Ruminant Research* 62: 55-61.
- Freedman D.A. (2009). *Statistical Models. Theory and Practice*. New York: Cambridge University Press.
- Friedrich, C.; Moors, E.; Gauly, M. (2012). Die Bedeutung der Moderhinke. Eine Umfrage in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In: *Züchtungskunde* 2 (84), S. 103–128.
- Fringeli, V., Härdi-Landerer, M. C. (2011). Situationsanalyse der Moderhinkeentwicklung während der Alpsaison 2010 im Kanton Graubünden. In: *Forum Kleinwiederkäuer* (1/2), S. 12–14.
- Ghimire, S.C., Whittington, R.J., Dhungyel, O.P., Joshi, H.D., Egerton, J.R. (2002). Diagnosis of footrot in goats: application of ELISA tests for response to antigens of *Dichelobacter nodosus*. *Veterinary Microbiology* 87, 237 – 251.
- Ghimire, S.C., Egerton, J.R., Dhungyel, O.P. (1999). Transmission of virulent footrot between sheep and goats. *Aust Vet J Vol* 77, No 7.
- Gläser, J., Laudel, G. (2009). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. (4. Aufl.). Wiesbaden: Springer.
- Golan, A., Judge, G., Perloff, J.M. (1996). A maximum entropy approach to recovering information from multinomial response data. *Journal of the American Statistical Association* 91: 841–853.

- Gougoulis, D. A., IKyriazakis, I., Fthenakis, G.C. (2010). Diagnostic significance of behaviour changes of sheep: A selected review. *Small Ruminant Research* 92(1): 52-56.
- Graham NPH, Egerton JR. (1968). Pathogenesis of ovine foot-rot: the role of some environmental factors. *Aust Vet J*, 44:235-240.
- Greber, D (2016). Dissertation, Uni Bern (noch nicht veröffentlicht).
- Greber, D., Steiner, A. (2013). Die aktuelle Situation der Moderhinke in Schweizer Schafzuchtbetrieben. In: *Forum Kleinwiederkäuer* (4), S. 6–11.
- Green, L. E.; George, T.R.N. (2008). Assessment of current knowledge of footrot in sheep with particular reference to *Dichelobacter nodosus* and implications for elimination or control strategies for sheep in Great Britain. In: *Veterinary Journal* 175 (2), S. 173–180.
- Grøneng, G.M., Vatn, S., Bråthen Kristoffersen, A., Nafstad, O., Hopp, P. (2015). The potential spread of severe footrot in Norway if no elimination programme had been initiated: a simulation model. *Veterinary Research*, 46:10.
- Hammer, W. (1997). Wörterbuch der Arbeitswissenschaft. Begriffe und Definitionen. 1. Aufl. München: Hanser (REFA-Fachbuchreihe Betriebsorganisation).
- Härdi-Landerer, M. C., Leu, M., Steiner, A. (2012). Der polyvalente Moderhinke-Impfstoff im Praxistest. In: *Tierärztliche Praxis Grosstiere* (5), S. 294–300.
- Holden, S. (1999). The economics of the delivery of veterinary services. *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties*, 18(2), 425-439.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S. (2013). *Applied Logistic Regression*. New York: Wiley.
- Ito, K., Von Keyserlingk, M.A.G., Leblanc, S.J., Weary D.M. (2010). Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93(8): 3553-3560.
- Jungbluth, T.; Büscher, W.; Krause, M. (2005). *Technik Tierhaltung*. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer (UTB Grundwissen Bachelor, 2641).
- Kaler, J., Medley, G. F., Grogono-Thomas, R.; Wellington, E.M.H., Calvo-Bado, L. A., Wassink, G. J. (2010), Factors associated with changes of state of foot conformation and lameness in a flock of sheep. In: *Preventive veterinary medicine* 97 (3-4), S. 237–244.
- Kaler, J., Green, L. E. (2008a). Naming and recognition of six foot lesions of sheep using written and pictorial information: a study of 809 English sheep farmers. In: *Preventive veterinary medicine* 83 (1), S. 52–64.
- Kaler, J., Green, L. E. (2008b). Recognition of lameness and decisions to catch for inspection among sheep farmers and specialists in GB. In: *BMC veterinary research* 4, S. 41.
- Knappe-Poindecker, M., Marianne Gilhuus, M., Jensen, T.K., Vatn, S., Jørgensen, H.J., Fjeldaas, T. (2014). Cross-infection of virulent *Dichelobacter nodosus* between sheep and co-grazing cattle. *Veterinary Microbiology* 170, 375–382.
- Koch, A. (1889) *Enzyklopädie der gesamten Thierheilkunde und Thierzucht*. Bd. VI, S. 572. Wien, Leipzig: Moritz Perles.
- Kosel, A. (2014). Lämmermast. LKV Fleischleistungsprüfung 2014. Hg. v. Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern e.V. (LKV). Online verfügbar unter http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_14_lm.pdf, zuletzt geprüft am 15.12.2015.
- Lagerkvist, C. J., Hess, S. (2011). A meta-analysis of consumer willingness to pay for farm animal welfare. *European Review of Agricultural Economics*, 38(1), 55-78.

- Lamnek, S. (2010). Gruppendifkussion – Theorie und Praxis. 2. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz.
- Ledgerwood, D. N., Winckler, C., Tucker, C.B. (2010). Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93(11): 5129-5139.
- Lewis, C. J. (1999). Ovine footrot. *Vet Rec* 145(20): 592.
- Loretz, C., Wechsler, B., Hauser, R., Rüscli P. (2004). A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area. *Applied Animal Behaviour Science* 87(3): 275-283.
- Lüchinger, R. (1995), Mast- und Schlachtleistung verschiedener Lämmertypen bei unterschiedlichen Haltungssystemen. Abhandlung zur Erhaltung des Titels Doktor der technischen Wissenschaften. ETH Zürich.
- Lusk J.L., Norwood, F.B. (2011). Animal Welfare Economics. *Applied Economic Perspectives and Policy* 33 (4), 463–483.
- Maciariello, J.A. (1975). *Dynamic Benefit-Cost Analysis*. Lexington Books, D.C. Heath and Company, Lexington, Massachusetts.
- Mager, K., Ambühl, Y., Moriz, C.; Heitkämper, K.; Schick, M. (2009), Produktionsverfahren und Arbeitszeitbedarf in der Kleinwiederkäuerhaltung. KTBL-Arbeitsprogramm. Kalkulationsunterlagen 2009.
- Mann, S. (2003), Die Expertenbewertung als Alternative zur Kontingenzbewertung Expert valuation as an alternative to contingent valuation. *German Journal of Agricultural Economics*, 52, 401–407.
- Marshall, D. J.; Walker, R. I.; Cullis, B. R.; Luff, M. F. (1991). The effect of footrot on body weight and wool growth of sheep. In: *Australian Vet J* 68 (2), S. 45–49. DOI: 10.1111/j.1751-0813.1991.tb03126.x.
- Mavrot, F.; Hertzberg, H.; Torgerson, P. (2015). Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. In: *Parasites & vectors* 8, S. 557. DOI: 10.1186/s13071-015-1164-z.
- McLennan, K.M., Skillings E.A., Rebelo C. J.B.M., Corke, J., Pires Moreira M. A., Morton A.J., Constantino-Casas, F. (2015). Technical note: Validation of an automatic recording system to assess behavioural activity level in sheep (*Ovis aries*). *Small Ruminant Research* 127: 92-96.
- Medrano-Galarza, C., Gibbons, J., Wagner, S., de Passillé, A.M., Rushen, M. (2012). Behavioral changes in dairy cows with mastitis. *Journal of Dairy Science* 95(12): 6994-7002.
- Menard, S.W. (2002). *Applied Logistic Regression* (2nd ed.). London: SAGE Publications Ltd.
- Onésime, D. (1838). *Traité de la police sanitaire des animaux domestiques*. S. 714-724. Paris: Béchct jeune.
- Moreau, M., Siebert, S., Buerkert, A., Schlecht, E. (2009). Use of a tri-axial accelerometer for automated recording and classification of goats' grazing behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 119(3): 158-170.
- Muzafar, M., Calvo-Bado, L. A., Green, L. E.; Smith, E. M., Russell, C. L., Grogono-Thomas, R., Wellington, E.M.H. (2015). The role of the environment in transmission of *Dichelobacter nodosus* between ewes and their lambs. In: *Veterinary microbiology* 179 (1-2), S. 53–59.
- Nationalrat (2014). Schweizweite Bekämpfung der Moderhinke der Schafe. Motion Nr. 14.3503. Online verfügbar unter:

http://www.parlament.ch/d/suche/seiten/geschaefte.aspx?gesch_id=20143503,
zuletzt geprüft am 26.02.2016

- Nieuwhof, G.J., Bishop, S.C., Hill, W.G., Raadsma, H.W. (2008). The effect of footrot on weight gain in sheep. *Animal*, 2: 1427–1436.
- Nieuwhof, G.J., Bishop, S.C. (2005). Costs of the major endemic diseases of sheep in Great Britain and the potential benefits of reduction in disease impact. *Animal Science*, 81: 23–29.
- Nocella, G., Hubbard, L., Scarpa, R. (2010). Farm animal welfare, consumer willingness to pay, and trust: Results of a cross-national survey. *Applied economic perspectives and policy*, 32(2), 275-297.
- Nyárs, L., Vizvári, B. (2006). A BSE-krízis hatása az EU húspiacára (The effect of the BSE crisis on the meat market of EU). *X. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok. Gyöngyös* 30–31.
- Patt, A., Gygax, L., Wechsler, B., Hillmann, E., Palme, R., Keil, N.M. (2013). Factors influencing the welfare of goats in small established groups during the separation and reintegration of individuals. *Applied Animal Behaviour Science* 144: 63-72.
- Patt, A., Gygax, L., Wechsler, B., Hillmann, E., Palme, R., Keil, N.M. (2012). The introduction of individual goats into small established groups has serious negative effects on the introduced goat but not on resident goats. *Applied Animal Behaviour Science* 138(1-2): 47-59.
- Pines, M. K., Philipps, C.J.C. (2013). Microclimatic conditions and their effects on sheep behavior during a live export shipment from Australia to the Middle East. *Journal of animal science* 91(9): 4406.
- Raadsma, H. W.; Egerton, J. R. (2013), A review of footrot in sheep. Aetiology, risk factors and control methods. In: *Livestock Science* 156 (1-3), S. 106–114.
- Ridler A, Wilson D, Nixon N. (2009). Effect of environmental and climatic conditions on footrot in sheep in the UK. In Stuen S, Ulvund MJ (Eds.), *Proceedings of the 7th International Sheep Veterinary Congress*. Stavanger, Norway: 2009, pp. 104-105.
- Rodriguez, R. (2007). *Logit Models for Binary Data*. Online verfügbar unter: <http://data.princeton.edu/wws509/notes/c3.pdf>, zuletzt geprüft am 12.10.2015
- Rogdo, T., Hektoen, L., Slettemeås, J.S., Jørgensen, H.J., Østerås, O., Fjeldaas, T., (2012). Possible cross-infection of *Dichelobacter nodosus* between co-grazing sheep and cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica* 54:19.
- Rosenfeld, R. (1994). *Adaptive Statistical Language Modeling: A Maximum Entropy Approach*. Doctor's Thesis at the School of Computer Science, Carnegie Mellon University. Online verfügbar unter: <https://www.cs.cmu.edu/~roni/papers/me-thesis-TR-94-138.pdf>, zuletzt geprüft am 19.10.2015
- Schick, M. (1995). *Arbeitswirtschaftliche Einordnung zeitgemässer Haltungssysteme für Mastkälber*. Univ., Diss. Hohenheim, 1995. Tänikon: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, 39).
- Schüepp, M., Gensler, G. (1980). Klimaregionen der Schweiz. In: Müller G., 1980. *Die Beobachtungsnetze der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt. Konzept 1980*. Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt, Nr. 93, Anhang Ib. Zürich.
- Schweizer Radio und Fernsehen (SRF) (2013). *Alpfutur – Zukunft der Sömmerungsweiden in der Schweiz*. Online verfügbar unter: <http://www.srf.ch/sendungen/die-aelplerfamilie/definition-einer-alp>, zuletzt geprüft am 04.06.2013.

- Schweizerischer Schafzuchtverband (SZV) (2015). Jahresbericht 2014. In: Forum Kleinwiederkäuer (1/2), S. 41–55.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27: 379–423.
- Shelton, J.; Usherwood, N. M.; Apenaar, W.; Brennan, M. L.; Green, L. E. (2012). Measurement and error of hoof horn growth rate in sheep. In: *The Journal of Agricultural Science* 150 (03), S. 373–378.
- Singh, S. S., Ward, W.R., Lautenbach, K., Hughes, J.W., Murray, R.D. (1993). Behaviour of first lactation and adult dairy cows while housed and at pasture and its relationship with sole lesions. *Veterinary Record* 133(19): 469-474.
- Smith, E. M.; Green, O.D.J.; Calvo-Bado, L. A.; Witcomb, L. A.; Grogono-Thomas, R.; Russell, C. L. (2014). Dynamics and impact of footrot and climate on hoof horn length in 50 ewes from one farm over a period of 10 months. In: *Veterinary Journal* 201 (3), S. 295–301.
- StataCorp (2013). *Stata Statistical Software: Release 13*. College Station, College Station TX: StataCorp, LP.
- Stäubli, A.; Steiner, A.; Frey, J.; Kuhnert, P. (2014). Simultaneous detection and discrimination of virulent and benign *Dichelobacter nodosus* in sheep of flocks affected by foot rot and in clinically healthy flocks by competitive real-time PCR. In: *Journal of clinical microbiology* 52 (4), S. 1228–1231.
- Steven, J. P., Dudík, M., Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190, 231-259.
- Strobel, H. (2009). *Klauenpflege Schaf und Ziege. Grundlagen, Praxis, Modernhinke*. Stuttgart: Ulmer.
- Universität Luzern (2015). Purposive Sampling. Online verfügbar unter: <http://www.empirical-methods.hslu.ch/h-q-sampling.htm>, zuletzt geprüft am 9.11.2015
- Voit, J. (2000). *The Statistical Mechanics of Financial Markets*. New York: Springer.
- Walker, S. L., Smith, R.F., Routly, J.E., Jones, D.N., Morris, M.J., Dobson, H. (2008). Lameness, Activity Time-Budgets, and Estrus Expression in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 91(12): 4552-4559.
- Walker, S.H., Duncan, D.B. (1967). Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables". *Biometrika* 54: 167–178.
- Wassink, G. J., King, E. M., Grogono-Thomas, R., Brown, J. C.; Moore, L. J.; Green, L. E. (2010). A within farm clinical trial to compare two treatments (parenteral antibacterials and hoof trimming) for sheep lame with footrot. In: *Preventive veterinary medicine* 96 (1-2), S. 93–103.
- Wassink, G.J., Grogono-Thomas, R., Moore, L.J.; Green, L.E. (2004). Risk factors associated with the prevalence of interdigital dermatitis in sheep from 1999 to 2000. In: *Veterinary Record* 154(18); S. 551-5.
- Wassink, G. J., Grogono-Thomas, R., Moore, L. J., Green, L. E. (2003). Risk factors associated with the prevalence of footrot in sheep from 1999 to 2000. In: *Veterinary Record* 152 (12), S. 351–358.
- Winter, A. C. (2009). Footrot control and eradication (elimination) strategies. In: *Small Ruminant Research* 86 (1-3), S. 90–93.
- Winter, A. C. (2008). Lameness in sheep. In: *Small Ruminant Research* 76 (1-2), S. 149–153.

- Wittenberg, M. (2010). An introduction to maximum entropy and minimum cross-entropy estimation using Stata. *The Stata Journal* 10 (3): 315-330.
- Wooldridge, J.M. (2010). *Econometrics of Cross Section and Panel Data*. London: The MIT Press.
- Wooldridge, J.M. (2005). Fixed-Effects and Related Estimators for Correlated Random-Coefficient and Treatment-Effect Panel Data Models. *The Review of Economics and Statistics* 87 Nr. 2, S. 385-390.
- Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *Journal of the American Statistical Association* 57: S. 348–368.
- Zobel, G., Weary D.M., Leslie K., Chapinal, N., Von Keyserlingk, M.A.G. (2015). Technical note: Validation of data loggers for recording lying behavior in dairy goats. *Journal of Dairy Science* 98(2): 1082-1089.
- Zupp, W. (2005). Leistungen von Fleischschaf-Vaterrassen in der Gebrauchskreuzung. Genotypenprüfung Fleischschaf. Online verfügbar unter: http://www.schafzucht-mv.de/fileadmin/pdf/Leistungen_von_Fleischschafvaterrassen_in_der_Gebrauchskreuzung.pdf, zuletzt geprüft am 26.02.2016

Anhang

Anhang1: Intangible Schäden

Anhang 1A: Teilnehmerliste

| Name | Organisation / Funktion |
|---|--|
| Geladene Teilnehmer zum Workshop am 22.10.2015 | |
| Christian Aeschlimann | Schafhalter, Schweizer Schafzuchtverband |
| Dr. Giochen Bearth | Stellv. Kantonstiersarzt Graubünden, Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit |
| Dr. Edna Hillmann | ETH Zürich, Einheit für Ethologie und Tierwohl |
| Dr. Catherine Marguerat | Bundesamt für Landwirtschaft |
| Ernst Schenk | Schafhalter und Verarbeiter |
| Bruno Zähler | Milchschafter, Alpbewirtschafter |
| Geladene Teilnehmer zum Workshop am 27.10.2015 | |
| Aldo Bieri | Schafhalter |
| Dr. Nina Keil | Agroscope, Zentrum für tiergerechte Haltung |
| Dr. Rita Lüchinger | Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer |
| Prof. Dr. Claudia Spadavecchia | Uni Bern Vetsuisse, Departement für klinische Veterinärmedizin |
| Dr. Yuval Tempelman | Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen |
| Ernst Vogel | Schafhalter und –händler |
| Susanne Staub | Konsumentenforum |

Anhang 1B: Diskussionsleitfaden intangible Schäden

Diskussionsleitfaden ¹⁾

1) Einleitung

- Verantwortlicher begrüsst und bedankt sich bei den Teilnehmern für ihr Erscheinen.
- Leitungs-Team informiert über die Ziele des Workshops und die durchzuführenden Expertenschätzungen.
 - Motion Hassler zu einer schweizweiten Bekämpfung der Moderhinke
 - Bekämpfungsmassnahmen: würden sicherlich zu einer Verminderung der Moderhinke führen, aber: Kosten
 - BGK, Uni Bern und ETHZ Kosten-Nutzen-Analyse. Finanzierung durch BLV und BLW
 - Warum der Workshop:
Es ist möglich, die wirtschaftlichen Kosten der Moderhinke zu ermitteln.
ABER: Es gibt auch gesellschaftliche Kosten, die nur schwer messbar sind, da sie nicht über die Marktpreise (Verkauf Fleisch, Kosten der Behandlung) erfasst werden → **Intangible Kosten**.
Wir haben hier in der Einladung das Tierwohl angesprochen
(Einfluss auf natürliche Verhaltensweisen, Tiergesundheit)
 - Ihre Einschätzung wichtig, um Werte für diese intangiblen Kosten zu bekommen.
 - Neuland → Beteiligen Sie sich, es gibt kein richtig oder falsch.
- Vorgehen
 - Ermittlung der unterschiedlichen Arten von intangiblen Schäden und ihrer Bedeutung
 - Bewertung der intangiblen Schäden in Geldeinheiten

Eisbrecherfrage

1. Teilnehmern stellen sich kurz vor und sagen etwas zu ihrem Bezug zur Moderhinke.

2) Ermittlung der Arten von intangiblen Schäden

- Definitionen kurz machen für intangible Schäden

Hinleitungsfrage

2. Welche Aspekte innerhalb der drei Hauptfaktoren kommen Ihnen in den Sinn?
 - Schreiben Sie Ihre wichtigsten intangiblen Schäden der Moderhinke separat auf farbige Kärtchen.
 - Die Kärtchen werden anschliessend eingesammelt und auf einer Pinnwand festgehalten.
 - Pinnwand teilt die intangiblen Schäden in drei Faktoren auf: „Tiergesundheit“, „Verhaltensweisen“ und „Andere“. Der Moderator trifft eine Zuordnung der Kärtchen zu diesen Faktoren
 - Sind Sie mit der Zuordnung der Kärtchen zu den Faktoren einverstanden?
Dies dient auch dazu, Unklarheiten bei Begriffen zu beseitigen.
 - Geben Sie mit Klebepunkten an, welche Faktoren für Sie am wichtigsten sind
 - Jeder Teilnehmer erhält acht Klebepunkte
 - Die Faktoren bleiben an der Wand stehen für später

3) Bewertung der intangiblen Schäden durch Moderhinke

- Vorstellung der Ergebnisse der Studie von Fitzpatrick et. al (2006)

Diskussionsleitfaden ¹⁾

- Der Diskussionsleiter gibt die Studienergebnisse vorne wieder
- Auf einer ordinalen Skala von 0 (kein Schmerz) bis 10 (stärkster vorstellbarer Schmerz) für untenstehende Tierkrankheiten und -behandlungen folgende Durchschnittswerte ermittelt:
 - Kastration von Lämmern mittels Gummiring 6
 - Kastration von Lämmern durch offenen chirurgischen Eingriff 5
 - Chronische Mastitis 4
- → Bewertung des augenblicklichen Schmerzes

Schlüsselfrage

3. [schriftlich] Auf derselben Skala von 0 bis 10, welchen Wert hat für Sie die Moderhinke? (mittlerer Schweregrad, MSC 3: Folien auf Beamer zeigen)
 - Schreiben Sie Ihren Wert auf Ihr Antwortblatt.
 - Der Moderator sammelt die Kärtchen mit den individuellen Einschätzungen der Experten und identifiziert die minimalen und maximalen Schätzwerte.
 - Maximale und minimale Werte müssen begründet werden. Die anderen dürfen sich dazu äussern.
 - Fitzpatrick, Scott, & Nolan, 2006 haben für die Moderhinke auf der Skala den Wert 6 ermittelt. Wir informieren Sie.

Schlüsselfrage

4. Sind Sie im Fall der Moderhinke mit dem Mittelwert einverstanden?
 - Begründen Sie gegebenenfalls Ihren Einwand anhand von Erfahrungen / Beispiele / Vergleiche / etc.).

Schlüsselfrage

5. [schriftlich] Gemessen in Franken, wie hoch schätzen Sie die durchschnittlichen intangiblen Schäden durch die Moderhinke?
 - Pro erkranktem Tier.
 - Schreiben Sie die Werte auf Ihr Antwortblatt.
 - Der Moderator sammelt die individuellen Einschätzungen der Experten und identifiziert die minimalen und maximalen Schätzwerte.
 - Die Experten, von denen diese maximalen und minimalen Einschätzungen stammen, erläutern Ihre Überlegungen dazu. Anschliessend wird in einer moderierten Diskussion ein Wert ermittelt, auf den sich die Expertengruppe einigen kann. Wenn keine Einigung möglich ist, wird der Mittelwert der Schätzungen für die spätere Berechnung verwendet.
 - Der Assistent berechnet anhand der Klebepunkt-Gewichtung der Faktoren (Tiergesundheit, natürliche Verhaltensweisen, Andere), wie hoch für jeden Faktor die durchschnittlichen intangiblen Kosten pro erkranktem Tier sind
 - Der Moderator fragt, ob die Experten mit den Kosten für die einzelnen Faktoren einverstanden sind. Hierfür sollte auf die Pinnwand mit den Faktoren und Kärtchen hingewiesen werden.
 - In der moderierten Diskussion sollte ein Konsens gefunden werden über die Höhe der intangiblen Kosten. Wenn keine Einigung möglich ist und der Mittelwert nicht mehrheitsfähig ist, wird ein Korridor ermittelt, den die Experten akzeptabel finden.
 - Gesamtschweizerisch
 - Berechnung der intangiblen Schäden für die gesamte Schweizer Schafpopulation in Franken mittels Excel durch den Assistenten.
 - Die Experten werden gefragt, ob sie mit dem Wert für die gesamte Schafpopulation einverstanden

Diskussionsleitfaden ¹⁾

sind.

- Falls gewünscht können die einzelnen Werte angepasst werden.

Schlüsselfrage

6. [schriftlich] Um wie viel vermindern sich gesamtschweizerisch die intangiblen Kosten der Moderhinke in Franken wenn...

- ... 20 %,
- ... 50 %,
- ... 70 %,

... der erkrankten Tierpopulation in der Schweiz durch Sanierungsmassnahmen geheilt wird.

Können es mit dem Natel rechnen.

- Schreiben Sie die Werte auf Ihr Antwortblatt.
- Der Moderator sammelt die individuellen Einschätzungen der Experten und identifiziert die minimalen und maximalen Schätzwerte.
- Die Experten, von denen diese maximalen und minimalen Einschätzungen stammen, erläutern Ihre Überlegungen dazu. Anschliessend wird in einer moderierten Diskussion ein Wert ermittelt, auf den sich die Expertengruppe einigen kann. Wenn keine Einigung möglich ist, wird der Mittelwert der Schätzungen verwendet.

Zusammenfassung der Resultate (Beamer!)

4) Schluss

Gibt es von Ihrer Seite noch etwas anzumerken?

Wir bedanken uns für Ihre Teilnahme an dem Workshop.

Apéro.

Quellen

Fitzpatrick, J., Scott, M., & Nolan, A. (2006). Assessment of pain and welfare in sheep. *Small Ruminant Research*, 62(1-2), 55–61. doi:10.1016/j.smallrumres.2005.07.028

Anmerkungen: 1) Dieser Leitfaden wurde für den Workshop am 27.10.2015 angewendet. Beim Workshop am 22.10.2015 wurde dieser Leitfaden mit einer wesentlichen Abänderung verwendet: die Frage 5) wurde in geänderter Reihenfolge gestellt, zunächst gesamtschweizerisch und dann pro erkranktem Tier.

Anhang 2: Experteninterviews

Anhang 2A: Leitfaden Experteninterview

Leitfragen Experteninterview

Einleitende Fragen

1. Gegenseitiges Vorstellen
2. Inwiefern ist Moderhinke ein Thema bei Ihnen? Wie war die Entwicklung in den vergangenen Jahren?

Allgemeines zur Moderhinke in der Schweiz

1. Wie hoch schätzen Sie den Anteil an Schafen/ Anteil an Betrieben schweizweit, die 2014 an Moderhinke erkrankten (gemessen am totalen Schafbestand, 0-100 %)?
2. Was schätzen Sie, hat die Moderhinke in den letzten 5-10 Jahren schweizweit zu- oder abgenommen? Um wie viel etwa (bspw. % an Total kranker Tieren, etc.)?
3. Was kann man zur Prävalenz sagen (Anz. kranke Tiere innerhalb 1 Jahres in CH/ auf Herdenebene oder auch auf Einzeltierebene, ev. in Prozent)? Hat diese zu- oder abgenommen im letzten Jahr/ in den letzten Jahren?
4. Was kann man zur Inzidenz sagen (Anz. neuerkrankte Tiere innerhalb 1 Jahres in CH/ auf Herdenebene oder auch auf Einzeltierebene, ev. in Prozent)? Hat diese zu- oder abgenommen im letzten Jahr/ in den letzten Jahren?
5. In welchem Zusammenhang (Einfluss/Effekte) steht Moderhinke (U.a. Infizierung/Anfälligkeit/Prävalenz/ Verbreitung) mit...
 - a. **Weiteren Erbkrankheiten** (Etropium, Verkürzter Unterkiefer, Gaumenspalte, Wasserkopf, Zu kleiner Augapfel, Einhodigkeit, fehlender After, Bauch-, Leisten-, Hodensack-, Nabelbruch)
 - b. **Wetter, Klima** (Temperatur, Luftfeuchtigkeit)
 - c. **Zeit** (Saison, Monat)
 - i. Sind monatliche, saisonale Unterschiede von Moderhinke kranken Schlachttieren festzustellen? Wenn ja, wann und warum?
 - d. **Rahmenbedingung** (Gesetz für Tierseuchen und Tierschutz, Mitgliedschaften BGK, SZV, etc.)
6. Wie schnell breitet sich Moderhinke innerhalb einer neu infizierten Herde aus? (In Tagen)
7. Wie hoch sind die Behandlungskosten (Tierarztkosten in CHF/Tier) eines an Moderhinke erkrankten Tieres im Durchschnitt pro Krankheitsfall?
8. Was schätzen Sie, wie lange dauert die Behandlung eines an Moderhinke erkrankten Tieres im Durchschnitt (in Tagen)? Oder wie viel mehr Zeit muss der Landwirt bei einem Moderhinke kranken Tier einsetzen?

Tiere mit/ohne Moderhinke

1. In welchem Zusammenhang (Einfluss/Effekte) steht Moderhinke (U.a. Infizierung/Anfälligkeit/Prävalenz/ Verbreitung) mit...
 - a. **Tierbezogene Faktoren** (Rasse, Genetik, Alter, Geschlecht, Gewicht):
 - i. Welche Tiere sind besonders anfällig auf Moderhinke?
2. Hat Moderhinke einen Einfluss auf...
 - a. Die Anzahl an Lebendgeburten bei kranken Auen? Wenn ja, wie viel weniger?
 - b. Auf das Geburtsgewicht von Lämmern? Wenn ja, wie viel leichter?
 - c. Auf das 42-Tage Gewicht bei Lämmern im Durchschnitt? Wenn ja, wie viel leichter?
 - d. Masttageszunahme von Lämmern? Wenn ja, wie viel sinkt die Zunahme?
 - e. Schlachtgewicht bzw. Ausmästungszeit? Wenn ja, wie viel?
3. Inwiefern verhalten sich Moderhinke kranke Tiere anders? Im Fress- und Liegeverhalten, Sozialverhalten

Verteilaspekte und Tierverkehr

1. In welchem Zusammenhang (Einfluss/Effekte) steht Moderhinke (U.a. Infizierung/Anfälligkeit/Prävalenz/ Verbreitung) mit...
 - a. **Standort-/ Betriebsbezogene Faktoren** (Zone, Kanton)
 - i. Sind kantonale Unterschiede beim Befall von Moderhinke vorhanden? Wenn ja, welche Kantone weisen einen hohen/tiefen Befall auf? Warum (Zusammenhang mit Grösse Schafbestand, Tierspezifische Merkmale, Management)?
 - b. **Tierverkehr** (Transportfahrzeuge, Ausstellung, Sömmerung, Neuzukauf, etc.
 - i. Haben Ausstellungen/ Sömmerung (Eigene vs. Gemeinschaftsalp; Saniert vs. Unsaniert) einen Einfluss auf die Moderhinke?
 - ii. Wie wahrscheinlich ist eine Infizierung während der Sömmerung im Durchschnitt?
 - iii. Werden kranke Tiere gesömmert?
 - iv. Wenn ja/nein, wie viele Moderhinke kranke Tiere werden ungefähr pro Jahr gesömmert?
 - v. Gibt es einen Unterschied beim Verkehr gehandelter Schafe zwischen sanierten und nicht-sanierten Betrieben? Wenn ja, wie hoch ist etwa die Differenz (Anz. Tiere/Jahr und Betrieb)?

Sanierung (Herdenbehandlung)

1. Welche Faktoren beeinflussen den Entscheid der Sanierung einer Schafherde? Z.B. Faktoren wie Grösse Schafherde, Grösse Betrieb, Bildung Betriebsleiter, Produktionsrichtung, Rasse, Mitgliedschaften, Kontrollen (Rahmenbedingungen), Rentabilität
2. Welche Behandlungsmaßnahmen werden am meisten angewandt?
 - a) Keine, Klauenbad, Klauenschnitt, Klauenverband, Antibiotika, Impfung (Footvax), Moderhinke-Sanierungsprogramm des BGK (Trennung d. Tiere, Klauenschnitt, wöchentl. Klauenbad)
3. Woher kommt und welche Bedeutung (Häufigkeit einer Reinfektion) hat die Reinfektion von Moderhinke? (Wild, Schaf, Ziege, Kontamination Weide)
4. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit einer Reinfektion, wenn folgende Massnahmen durchgeführt wurden? Keine, Klauenbad, Klauenschnitt, Klauenverband, Antibiotika, Impfung (Footvax), Moderhinke-Sanierungsprogramm des BGK (Trennung d. Tiere, Klauenschnitt, wöchentl. Klauenbad)
5. Wieviel kostet die Sanierung (Tierarzt, BGK, Medikamente, Material) pro durchschnittlich erkranktes Tier oder Herde? Moderhinke-Sanierungsprogramm des BGK (Trennung d. Tiere, Klauenschnitt, wöchentl. Klauenbad)
6. Wie lange dauert die Sanierung?
7. Wie hoch ist die Erfolgsquote bei abgeschlossener Sanierung?
8. Hängt die Sanierungsdauer ab von Geschlecht, Alter, Rasse, Gewicht, Haltung, Fütterung, Produktionsform, Wetter? Wenn ja, wie stark?

Weitere Aspekte (Management)

1. In welchem Zusammenhang (Einfluss/Effekte) steht Moderhinke (U.a. Infizierung/Anfälligkeit/Prävalenz) mit...
 - a. **Wissen der Schafhaltenden:**
 - i. Wie hoch ist der Anteil an Landwirte, die noch nie über Moderhinke gehört haben?
 - ii. Wie hoch ist der Anteil an Landwirte, die sich betreffend Moderhinke weiterbilden?
 - b. **Haltung und Fütterung (extensiv: Weidehaltung mit Alpung vs. Intensiv: Stallhaltung; Fütterung und Aufzucht (Natürliche – künstliche Aufzucht, Milchtränke, Mastfutter)):**
 - i. Haben unterschiedliche Haltungsformen einen Einfluss auf Moderhinke? Wenn ja, welche Haltungsformen haben einen Effekt auf Moderhinke? (Extensiv: Weidehaltung mit/ohne Alpung; Intensiv: Stallhaltung mit/ohne Weide)

- ii. Haben unterschiedliche Aufzuchtmethoden einen Einfluss auf Moderhinke? Wenn ja, welche Aufzuchtmethode hat einen Effekt auf die Moderhinke?
 - Natürliche Aufzucht
 - Frühentwöhnung
 - Künstliche Aufzucht
- c. **Weidemanagement** (Stand-, Umtriebs-, Koppel-, Portionenweide):
 - i. Haben Weidesysteme einen Einfluss auf Moderhinke? Wenn ja, welches Weidesystem hat welchen Effekt auf die Moderhinke?
 - Stand-,
 - Umtriebs-,
 - Koppel-,
 - Portionenweide
- d. **Hygiene** (Klauenpflege m. Messer, Klauenbad, etc.):
 - i. Welchen Einfluss hat die Hygiene auf die Moderhinke (Infektion, etc.)
- e. **Betriebsform, weitere Betriebszweige** (Spezialisierungsgrad)
 - i. Gibt es Unterschiede zwischen Fleisch- und Milchschafthaltung in Bezug auf Moderhinke? Welche?
- f. **Prävention:**
 - i. Welche Massnahmen müssen ergriffen werden, damit die Herde nicht mit Moderhinke in Berührung kommen? Welches sind die Wichtigsten (Rangfolgen)?
 - ii. Welche Massnahmen müssen ergriffen, wenn die Herde bereits mit Moderhinke kontaminiert ist/war, damit die Krankheit nicht ausbricht? Welches sind die Wichtigsten (Rangfolgen)?

Anhang 3: Befragung der Schafhalter

Anhang 3A: Fragebogen

Anschrift

Wirtschaftliche Auswirkungen von Moderhinke

Sehr geehrte(r) xy

Moderhinke (Klauenfäule) ist eine verbreitete Klauenkrankheit und verursacht wirtschaftliche Verluste sowie zusätzlichen Arbeitsaufwand in der Schafhaltung. Auch der Nationalrat befasste sich mit der Problematik und will Moderhinke schweizweit koordiniert bekämpfen

(Motion Hassler). Obwohl in den letzten Jahren intensive Forschung zur Moderhinke betrieben wurde, lassen sich bis heute keine verlässlichen Aussagen zu den wirtschaftlichen Auswirkungen treffen. Im Rahmen einer Studie möchte die ETH Zürich in Zusammenarbeit mit der Universität Bern und dem Beratungs- und Gesundheitsdienst für Kleinwiederkäuer die wirtschaftlichen Auswirkungen von Moderhinke und einer Sanierung der Schweizer Schafbestände untersuchen.

Für diese Studie sind wir auf Ihre Mithilfe angewiesen. So werden wir wichtige Grundlagen für den Umgang mit Moderhinke erarbeiten.

Ihre Angaben werden streng vertraulich behandelt und in anonymisierter Form ausgewertet. Die Ergebnisse der Umfrage werden Ihnen nach der Auswertung zur Verfügung gestellt.

Wir sind Ihnen dankbar, wenn Sie den ausgefüllten Fragebogen bis zum xy. **Mai 2015** im beiliegenden Antwortcouvert **zurücksenden**.

Wichtig: Senden Sie den Fragebogen unbedingt zurück, auch wenn er leer ist oder nur teilweise ausgefüllt wurde!

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit und das Ausfüllen des Fragebogens.

Wettbewerb: Gewinnen Sie Preise im Wert von 1'000 CHF!

Senden Sie uns den vollständig ausgefüllten Fragebogen zurück und gewinnen Sie folgende Bargeldpreise: 1x 200 CHF, 1x 100 CHF, 8x 50 CHF. Die Gewinner werden bis zum xy. **Juli 2015** benachrichtigt.

Ja, ich nehme an der Verlosung teil.

Anweisung zum Ausfüllen des Fragebogens

- Der Fragebogen umfasst insgesamt 4 Teile, welche unabhängig voneinander beantwortet werden können.
- Das Ausfüllen des Fragebogens nimmt etwa **20 Minuten** in Anspruch.
- Die Fragen beziehen sich auf das Kalenderjahr 2014.

Da ihre Antworten automatisch ausgewertet werden, ist es wichtig, dass Sie sich an folgende Anweisungen halten:

- Bitte verwenden Sie einen blauen oder schwarzen Kugelschreiber.
- Bitte kreuzen Sie jeweils nur ein Antwortkästchen pro Frage an, ausser wenn angegeben ist, dass Mehrfachantworten möglich sind.
- Bitte schreiben Sie Zahlen und Texte leserlich und in Blockschrift innerhalb der vorgegebenen Kästchen oder auf den vorgegebenen Linien.

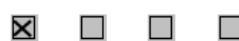
| | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------|---------|---|-----------|---|-------|---|---|---|---------|---|---|---|
| Zahlen | + | Lämmer: | 0 | 2 | 5 | Auen: | 0 | 0 | 5 | Widder: | 0 | 0 | 1 |
| | Kanton 1: | B | E | Kanton 2: | V | S | | | | | | | |
| Text | Andere: <u>Spiegelschaf</u> | | 0 | 1 | 5 | | | | | | | | |

- Bitte machen Sie das Kreuzchen **mindestens** so gross wie das Kästchen:

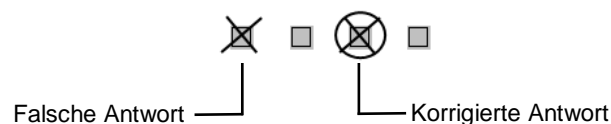
So ist es perfekt!



Nicht so!



- Falls Sie ein Kästchen versehentlich falsch angekreuzt haben, dann machen Sie ein zweites Kreuz und umkreisen die richtige Antwort.



Teil 1: Herdenmanagement und Tierverkehr

1. Wie viele Schafe haben Sie im Jahr 2014 gehalten?

| | | | |
|----------------------------|--|-----------------------------|--|
| Anzahl reinrassige Lämmer: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Anzahl eingekreuzte Lämmer: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Anzahl reinrassige Auen: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Anzahl eingekreuzte Auen: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Anzahl reinrassige Widder: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Anzahl eingekreuzte Widder: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |

2. Wie viele Tiere (Summe der Lämmer, Auen, Widder) der aufgeführten Hauptrassen haben Sie im Jahr 2014 durchschnittlich gehalten?

| | | | |
|----------------------------|--|-----------------------------|--|
| Weisses Alpenschaf: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Braunköpfiges Fleischschaf: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Schwarzbraunes Bergschaf: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Walliser Schwarznasenschaf: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Charolais Suisse: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Texel: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Ostfriesisches Milchschat: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Lacaune: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Engadinerschaf: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Andere: _____ | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |

3. Wie viele Tiere sind im Jahr 2014 zur Herde neu dazugekommen (inkl. Weidelämmer)? Und woher stammten die Tiere mehrheitlich?

Eigenremontierung:

| | | | |
|-------|--|---------|--|
| Auen: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Widder: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
|-------|--|---------|--|

Zukauf:

| | | | | | |
|---------|--|-------|--|---------|--|
| Lämmer: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Auen: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Widder: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
|---------|--|-------|--|---------|--|

Sofern die **Tiere aus anderen Kantonen** stammten, geben Sie jeweils die beiden wichtigsten Kantone an.

| | | | |
|-----------|---|-----------|---|
| Kanton 1: | <input type="text"/> <input type="text"/> | Kanton 2: | <input type="text"/> <input type="text"/> |
|-----------|---|-----------|---|

4. Wie viele Tiere haben Sie im Jahr 2014 zur Zucht oder Schlachtung (inkl. Weidelämmer) verkauft? Nennen Sie die zwei Kantone, wohin Sie die Tiere vorwiegend verkauft haben.

Lämmer: Auen: Widder:

Sofern die **Tiere aus anderen Kantonen** stammten, geben Sie jeweils die beiden wichtigsten Kantone an.

Kanton 1: Kanton 2:

5. Haben Sie im Jahr 2014 neben Schafen auch Ziegen gehalten?

- Ja, gemeinsam mit den Schafen (gemeinsamer Stall und/oder gemeinsame Weide)
- Ja, getrennt von den Schafen (getrennter Stall und getrennte Weide)
- Nein

6. Wie haben Sie ihre Tiere im Jahr 2014 vorwiegend gehalten?

- | | | |
|---------------|----------------------------|--------------------------|
| Winter | Stallhaltung mit Weide | <input type="checkbox"/> |
| | Winterweide | <input type="checkbox"/> |
| | Stallhaltung mit Auslauf | <input type="checkbox"/> |
| | Stallhaltung ohne Auslauf | <input type="checkbox"/> |
| | Andere: _____ | <input type="checkbox"/> |
| <hr/> | | |
| Sommer | Stallhaltung mit Weide | <input type="checkbox"/> |
| | Vollweide | <input type="checkbox"/> |
| | Frühjahrs- und Herbstweide | <input type="checkbox"/> |
| | Andere: _____ | <input type="checkbox"/> |

7. Wie haben Sie Ihre Schafe in der Sommerperiode im Jahr 2014 mehrheitlich geweidet?

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| Standweide (Dauerbeweidung der ganzen Parzelle) | <input type="checkbox"/> | Portionenweide (Vergrößerung der Weide in kurzen Zeitabständen) | <input type="checkbox"/> |
| Umtriebsweide (Nutzung 7-10 Tage) | <input type="checkbox"/> | Mähweide (Kombination zwischen Weide- und Mähnutzung) | <input type="checkbox"/> |
| Mischweide (Abwechselnde Beweidung mit anderen Tierarten (Rinder, Pferde) | <input type="checkbox"/> | Andere: _____ | <input type="checkbox"/> |

8. Teilten Sie sich im Jahr 2014 einen Widder mit anderen Betrieben?

Ja Nein

9. Haben Sie Ihre Schafe im Jahr 2014 gesömmert?

Ja, auf einer Gemeinschaftsalp mit Nachweis „Moderhinke-frei“ (nach BGK/ALT Schema)

Ja, auf einer Gemeinschaftsalp ohne Nachweis „Moderhinke-frei“ (nach BGK/ALT Schema)

Ja, auf einer eigenen Alp

Nein

9.1 Wenn ja, in welcher Gemeinde? PLZ der Gemeinde:

9.2 Wenn ja, aus wie vielen Schafhaltungen wird der Sömmerebetrieb bestossen? Anzahl Schafhaltungen:

10. Haben Sie im Jahr 2014 an Ausstellungen teilgenommen?

Ja Nein

10.1 Wenn ja, an wie vielen Ausstellungen haben Sie teilgenommen? Anzahl Ausstellungen:

10.2 Und wie viele Ihrer Tiere haben Sie insgesamt ausgestellt? Anzahl Tiere:

Teil 2: Gesundheitsaspekte

1. Mit welchen gesundheitlichen Problemen haben Sie im Jahr 2014 zu kämpfen?

| | Trifft über- | | Trifft voll | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | haupt nicht | | und ganz | |
| | zu | | zu | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Äussere Parasiten (z.B. Räude) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Innere Parasiten (z.B. Magen-Darm-Würmer) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lahmheiten (z.B. Moderhinke und/oder Panaritium) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Erbkrankheiten (z.B. eingerolltes Augenlid) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lungenerkrankungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Aborte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Weitere Probleme: _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2. Hatten Ihre Schafe im Jahr 2014 Probleme mit Lahmheiten?

Ja Nein

2.1 Wenn ja, wie viele Tiere gingen insgesamt lahm? (Bitte antworten Sie entweder in Anzahl oder in Prozent)

Anzahl:

Prozent:

2.2 Wenn ja, welche der folgenden Krankheiten sind für lahm gehende Schafe in Ihrer Herde verantwortlich?

| | Trifft über- | | Trifft voll | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | haupt nicht | | und ganz | |
| | zu | | zu | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Stoppellähme und/oder Zwischenklauenentzündung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Panaritium | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Lose, hohle Wand und/oder Horntaschen und/oder Klauenabszesse | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Klauenrehe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Moderhinke (Klauenfäule) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.2 Wenn ja, welche der folgenden Krankheiten sind für lahm gehende Schafe in Ihrer Herde verantwortlich?

Trifft überhaupt nicht zu
Trifft voll und ganz zu

1 2 3 4

Weitere: _____

Teil 3: Moderhinke (Klauenfäule)

1. Woher kennen Sie Moderhinke? (Mehrfachantworten möglich)

- Schafherden in der Nachbarschaft
- Eigenen Schafherde
- Berufskollegen
- Presse und Politik
- Weitere: _____
- Ich kannte Moderhinke bisher nicht

2. Wie problematisch schätzen Sie Moderhinke in Ihrer Region im Jahr 2014 im Vergleich zu den letzten 5 Jahren ein?

Überhaupt nicht problematisch
Sehr problematisch
Weiss nicht

1 2 3 4

3. Wie begründen Sie Ihre Einschätzung? (Mehrfachantworten möglich)

- Nasses Wetter Trockenenes Wetter
- Überdurchschnittliche Temperaturen Unterdurchschnittliche Temperaturen
- Mehr Tiere gesömmert Weniger Tiere gesömmert
- Viele Ausstellungen besucht Weniger Ausstellungen besucht
- Überdurchschnittlicher Tierverkehr Unterdurchschnittlicher Tierverkehr
- Weitere: _____

4. Haben Schafe in Ihrer oder der Nachbarn-Gemeinde im Jahr 2014 Probleme mit Moderhinke?

Nie Selten Oft Immer Weiss nicht

5. Haben Ihre Schafe im Jahr 2014 Probleme mit Moderhinke?

| | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Nie | Selten | Oft | Immer | Weiss nicht |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. Haben Ihre Schafe in den letzten 5 Jahren Probleme mit Moderhinke?

| | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Ja | Nein | Weiss nicht | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Falls „Nein“, bitte weiter zu Frage 11 |

7. Wie viele Tiere waren im Jahr 2014 von Moderhinke betroffen?

(Bitte antworten Sie entweder in Anzahl oder in Prozent)

| | | | |
|----------------|--|-----------------|--|
| Anzahl Lämmer: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Prozent Lämmer: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Anzahl Auen: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Prozent Auen: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |
| Anzahl Widder: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | Prozent Widder: | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> |

8. Wie hat sich die Moderhinke-Situation in Ihrem Schafbestand im Jahr 2014 im Vergleich zu früheren Jahren verändert?

| | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Ver- | Eher | Eher | |
| | schlechtert | verschlechtert | verbessert | Verbessert |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

9. Wie wurde Ihrer Einschätzung nach Moderhinke in Ihre Herde eingeschleppt?

| | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Extrem unwahrscheinlich | | Extrem wahrscheinlich |
| | 1 | 2 | 3 4 |
| Durch neuzugekaufte Schafe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Durch Ausstellungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Über angrenzende Alpen und Weiden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Über den Sömmerungsbetrieb | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Über Ziegen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

9. Wie wurde Ihrer Einschätzung nach Moderhinke in Ihre Herde eingeschleppt?

Über Wildtiere

Durch verschmutzte Transportfahrzeuge

Über betriebseigene oder fremde Personen

Weitere: _____

Extrem unwahrscheinlich Extrem wahrscheinlich

1 2 3 4

**10. Wie viele Abgänge (Schlachtungen oder Verkauf) haben Sie im Jahr 2014 wegen Moderhinke?
(Bitte antworten Sie entweder in Anzahl oder in Prozent)**

Anzahl:

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

Prozent aller Abgänge:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

11. Kann ein Moderhinke-Ausbruch mit einer bestimmten Jahreszeit oder einem bestimmten Witterungsverhältnis in Verbindung gebracht werden?

| | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ja | Nein | Weis s nicht |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

11.1 Wenn ja, wie wahrscheinlich ist ein Ausbruch bei folgenden Jahreszeiten bzw. Witterungsverhältnissen?

Winter

Frühling

Sommer

Herbst

Feucht-warmes Wetter

Wechsel von nassem zu trockenem Wetter

Wechsel von nassem zu kaltem Wetter

Weitere: _____

Extrem unwahrscheinlich Extrem wahrscheinlich

1 2 3 4

| 12. Wie anfällig sind die folgenden Tiertypen gegenüber Moderhinke? | Gar nicht anfällig | | Sehr stark anfällig | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Lämmer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Widder | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Reinrassige Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eingekreuzte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Schwere Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Leichte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eigenremontierte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zugekaufte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Gesömmerte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ausgestellte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Andere: _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

13. Welche Symptome haben Sie im Jahr 2014 vorwiegend bei Moderhinke-kranken Tieren beobachtet?

- Schmieriger Belag und/oder stinkend fauliger Geruch
- Ablösung der inneren Klauenwand
- Loslösung des Horns und der Sohle
- Vollständiges Loslösen des Klauenschuhs

| 14. Wie schnell haben sich Moderhinke-kranken Tiere nach der Behandlung erholt? | Langsam (mehr als 5 Wochen) | | Schnell (weniger als 1 Woche) | |
|---|--------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Lämmer | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Widder | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| 14. Wie schnell haben sich Moderhinke-krankte Tiere nach der Behandlung erholt? | Langsam (mehr als 5 Wochen) | | Schnell (weniger als 1 Woche) | |
|---|-----------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Reinrassige Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eingekreuzte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Schwere Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Leichte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eigenremontierte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zugekaufte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Gesömmerte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ausgestellte Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Andere: _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| |
|--|
| Teil 4: Massnahmen gegen Moderhinke (Klauenfäule) |
|--|

1. Welche Massnahmen ergreifen Sie um Moderhinke in der Herde vorzubeugen? Wie schätzen Sie die Wirkung und die Kosten der jeweiligen Massnahme ein?

| | Er- greife ich | Ergreif e ich nicht | Wirkt | Wirkt nicht | Kosten - günsti g | Teuer |
|--|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Regelmässige visuelle Kontrolle der Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Regelmässige Klauenpflege | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Weidemanagement (z.B. regelmässiger Weidewechsel) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Futterqualität | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Futterzusatzstoffe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zeitgerechte Schur der Tiere | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Quarantäne für zugekaufte Tiere (4 Wochen) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Gemeinsame Alping nur mit Moderhinke-freien Herden | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Zukauf aus Moderhinke-freien Beständen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Impfen der Tiere gegen Moderhinke | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Anwendung eines Klauensprays | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Weitere: _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**2. Sofern Sie im Jahr 2014 Moderhinke in Ihrem Bestand haben, wie sind Sie damit umgegangen?
(Mehrfachantworten möglich)**

- Ich habe erkrankte Tiere behandelt und/oder geimpft
- Ich habe erkrankte Tiere ausnahmslos verkauft/geschlachtet
- Ich behandelte erkrankte Tiere und verkaufte/schlachtete Tiere, die sich nicht erholten
- Ich habe die gesunden Tiere behandelt und oder/geimpft
- Ich habe die gesamte Herde saniert
- Andere: _____
- Ich hatte keine Moderhinke

3. Welche Massnahmen ergreifen Sie, wenn Ihre Tiere an Moderhinke erkrankt sind? Wie schätzen Sie die Wirkung und die Kosten der jeweiligen Massnahme ein?

| | Ergreife ich | Ergreife ich nicht | Wirkt | Wirkt nicht | Kosten - günstig | Teuer |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Abwarten bzw. keine Massnahme | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Klauenbad | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Klauenschnitt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Klauenspray | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Antibiotika | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Impfung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Klauenverband | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Verkauf (Schlachtung/Weiterverkauf) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trennung der kranken von den gesunden Tieren | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sanierung der gesamten Herde (bspw. nach BGK-Schema) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sonstige: _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4. **Wie lange dauert es durchschnittlich, bis sich ein Moderhinke-krankes Tier nach erfolgter Behandlung erholt hat?**

Anzahl Tage:

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

5. **Haben Sie noch Bemerkungen oder weitere Anliegen betreffend Moderhinke, die Sie uns gerne mitteilen möchten?**

- Ich bin damit einverstanden, dass die ETH Zürich meine Strukturdaten von der landwirtschaftlichen Betriebsdatenerhebung für das Forschungsprojekt nutzt und mit den Informationen der TVD sowie mit den Fragebogen-Daten verknüpft.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit und das Ausfüllen des Fragebogens.

Anhang4: Schätzung der Verbreitung der Moderhinke

Anhang 4A: VIF Faktoren

| Variable | VIF | 1/VIF |
|--------------|--------|--------|
| dumk4 | 516.92 | 0.0019 |
| dumk16 | 228.70 | 0.0044 |
| dum13 | 216.26 | 0.0046 |
| dumk24 | 195.71 | 0.0051 |
| dumk12 | 195.12 | 0.0051 |
| dumk26 | 170.74 | 0.0059 |
| dumk1 | 164.20 | 0.0061 |
| dumk7 | 146.06 | 0.0068 |
| dumk20 | 115.56 | 0.0087 |
| dumk23 | 114.56 | 0.0087 |
| dum12 | 105.24 | 0.0095 |
| dum22 | 95.81 | 0.0104 |
| dumk3 | 59.52 | 0.0168 |
| dum19 | 54.87 | 0.0182 |
| dum21 | 53.15 | 0.0188 |
| dumk5 | 51.29 | 0.0195 |
| dumk11 | 50.70 | 0.0197 |
| dum20 | 46.20 | 0.0216 |
| dumk18 | 45.64 | 0.0219 |
| dumk2 | 29.39 | 0.0340 |
| dumk25 | 25.09 | 0.0399 |
| dumk13 | 23.51 | 0.0425 |
| dum18 | 20.39 | 0.0491 |
| dum16 | 20.16 | 0.0496 |
| anzschafpreg | 16.59 | 0.0603 |
| dumk10 | 16.32 | 0.0613 |
| dumk21 | 15.54 | 0.0644 |
| dumk17 | 15.20 | 0.0658 |
| dumk8 | 15.17 | 0.0659 |
| dum17 | 14.61 | 0.0684 |
| dum7 | 14.36 | 0.0696 |
| dum15 | 11.03 | 0.0906 |
| dum1 | 8.03 | 0.1246 |
| dum14 | 6.87 | 0.1457 |
| dum10 | 5.61 | 0.1784 |
| dum6 | 4.49 | 0.2228 |
| dumk19 | 3.78 | 0.2646 |
| dum8 | 3.04 | 0.3295 |
| dumk22 | 2.59 | 0.3857 |
| dum3 | 2.18 | 0.4583 |
| dum4 | 2.00 | 0.4994 |

| Variable | VIF | 1/VIF |
|-----------------|------------|--------------|
| dum9 | 1.87 | 0.5359 |
| dumk14 | 1.72 | 0.5810 |
| weidepakgde | 1.46 | 0.6848 |
| schafpkgde | 1.44 | 0.6932 |
| schafeshare | 1.44 | 0.6951 |
| ln | 1.43 | 0.7002 |
| sbpb | 1.36 | 0.7368 |
| widder | 1.27 | 0.7898 |
| exp5 | 1.25 | 0.8031 |
| exp3 | 1.23 | 0.8132 |
| raus | 1.20 | 0.8300 |
| anzschafeb~b | 1.19 | 0.8393 |
| exp1 | 1.15 | 0.8729 |
| old | 1.10 | 0.9079 |
| somtagpt | 1.10 | 0.9105 |
| schafpwgde | 1.07 | 0.9361 |
| wachstumavg | 1.07 | 0.9377 |
| schafpln | 1.01 | 0.9932 |
| Mean VIF | 49.59 | |

Anhang 4B: Korrelationsmatrix der im Modell verwendeten Variablen, 1. Teil

| | Dummy Moderhinke | Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | Dummy Widder | Anzahl Schafe | Anteil Schafe am Gesamttierbestand | Anteil Schafe pro LN | Dummy Beiträge für RAUS | LN | Alter zwischen 54- 99 Jahre | Ø-jährliche Wachstumsrate des Gesamtschafbestands |
|--|---------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|-----------------------------------|--|
| Dummy Moderhinke | 1.00 | | | | | | | | | |
| Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | 0.021 | 1.00 | | | | | | | | |
| Dummy Widder | 0.014 | -0.04 | 1.00 | | | | | | | |
| Anzahl Schafe | -0.042 | -0.06 | 0.15 | 1.00 | | | | | | |
| Anteil Schafe am Gesamttierbestand | 0.068 | -0.01 | 0.16 | 0.24 | 1.00 | | | | | |
| Anteil Schafe pro LN | 0.018 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 1.00 | | | | |
| Dummy Beiträge für RAUS | -0.025 | 0.04 | -0.22 | -0.04 | -0.22 | -0.02 | 1.00 | | | |
| LN | -0.052 | -0.04 | 0.12 | 0.05 | -0.36 | -0.03 | 0.21 | 1.00 | | |
| Alter zwischen 54-99 Jahre | 0.057 | 0.02 | -0.01 | -0.07 | 0.16 | 0.01 | -0.06 | -0.15 | 1.00 | |
| Ø-jährliche Wachstumsrate des Gesamtschafbestands | 0.000 | -0.01 | 0.10 | 0.05 | -0.01 | 0.00 | 0.06 | 0.09 | -0.01 | 1.00 |
| 0-1 Jahre Erfahrung | -0.024 | -0.03 | -0.15 | -0.05 | -0.11 | -0.01 | -0.05 | 0.00 | -0.07 | -0.09 |
| 2-3 Jahre Erfahrung | 0.001 | -0.05 | -0.10 | -0.08 | -0.01 | 0.00 | -0.06 | -0.06 | -0.05 | -0.11 |

| | Dummy Moderhinke | Anzahl Sömmerungst age pro Schaf | Dummy Widder | Anzahl Schafe | Anteil Schafe am Gesamtbestand | Anteil Schafe pro LN | Dummy Beiträge für RAUS | LN | Alter zwischen 54- 99 Jahre | Ø-jährliche Wachstumsr ate des Gesamtshaf bestands |
|---|---------------------|--|-----------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|-----------------------------------|--|
| 4-5 Jahre Erfahrung | 0.001 | 0.00 | -0.14 | -0.07 | 0.04 | 0.00 | -0.08 | -0.10 | -0.05 | -0.12 |
| Anzahl Schafe pro Weidefläche | 0.004 | -0.01 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.01 |
| Weidefläche pro Arbeitskraft und Betrieb | -0.013 | -0.02 | 0.05 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 0.06 | 0.28 | -0.02 | 0.02 |
| Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | 0.028 | 0.07 | 0.11 | 0.13 | 0.12 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | 0.02 |
| Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | -0.001 | 0.10 | -0.09 | -0.10 | -0.01 | 0.01 | 0.07 | -0.10 | 0.06 | 0.02 |
| Anzahl Schafhaltungen pro landwirtschaftlich e Betriebe | 0.035 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.13 | 0.00 | -0.04 | -0.07 | 0.02 | -0.01 |

Anhang 4C: Korrelationsmatrix der im Modell verwendeten Variablen, 2. Teil

| | 0-1 Jahre Erfahrung | 2-3 Jahre Erfahrung | 4-5 Jahre Erfahrung | Anzahl Schafe pro Weidefläche | Weidefläche pro Arbeitskraft und Betrieb | Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | Anzahl Schafhaltungen pro landwirtschaftliche Betriebe |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|
| Dummy Moderhinke | | | | | | | | |
| Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | | | | | | | | |
| Dummy Widder | | | | | | | | |
| Anzahl Schafe | | | | | | | | |
| Anteil Schafe am Gesamtbestand | | | | | | | | |
| Anteil Schafe pro LN | | | | | | | | |
| Dummy Beiträge für RAUS | | | | | | | | |
| LN | | | | | | | | |
| Alter zwischen 54-99 Jahre | | | | | | | | |
| Ø-jährliche Wachstumsrate des Gesamtschafbestands | | | | | | | | |
| 0-1 Jahre Erfahrung | 1.00 | | | | | | | |
| 2-3 Jahre Erfahrung | -0.09 | 1.00 | | | | | | |

| | 0-1 Jahre Erfahrung | 2-3 Jahre Erfahrung | 4-5 Jahre Erfahrung | Anzahl Schafe pro Weidefläche | Weidefläche pro Arbeitskraft und Betrieb | Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | Anzahl Schafhaltungen pro landwirtschaftliche Betriebe |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|--|--|---------------------------------------|--|
| 4-5 Jahre Erfahrung | -0.10 | -0.13 | 1.00 | | | | | |
| Anzahl Schafe pro Weidefläche | -0.01 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | | | | |
| Weidefläche pro Arbeitskraft und Betrieb | 0.00 | 0.02 | -0.06 | -0.01 | 1.00 | | | |
| Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | -0.06 | -0.07 | -0.07 | 0.00 | 0.12 | 1.00 | | |
| Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | -0.03 | -0.05 | 0.01 | 0.00 | -0.07 | 0.08 | 1.00 | |
| Anzahl Schafhaltungen pro landwirtschaftliche Betriebe | 0.00 | -0.04 | 0.01 | 0.00 | -0.03 | 0.23 | 0.03 | 1.00 |

Anhang 4D: Geschätzte Margins

| Durchschnittlicher marginaler Effekt | | | | | | |
|---|--------------|---------------------------|----------|-----------------|--------------------|-------------------|
| Anzahl Beobachtungen = 4086 | | | | | | |
| Modell VCE: Robust | | | | | | |
| Expression: Pr(dmodh14h), predict() | | | | | | |
| Delta-method | | | | | | |
| | dy/dx | Standardabweichung | z | P> z | [95 % Conf. | Intervall] |
| Anzahl Sömmerungstage pro Schaf | 0.002 | 0.001 | 2.460 | 0.014 | 0.000 | 0.004 |
| Widder | 0.057 | 0.017 | 3.430 | 0.001 | 0.025 | 0.090 |
| Anzahl Schafe pro Betrieb | 0.001 | 0.000 | 4.670 | 0.000 | 0.000 | 0.001 |
| Anteil Schafe am Gesamttierbestand | 0.129 | 0.023 | 5.500 | 0.000 | 0.083 | 0.175 |
| Anzahl Schafe pro LN | 0.593 | 0.470 | 1.260 | 0.207 | -0.328 | 1.514 |
| RAUS | 0.052 | 0.026 | 1.970 | 0.049 | 0.000 | 0.103 |
| Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in Aren | 0.000 | 0.000 | 2.310 | 0.021 | 0.000 | 0.000 |
| Alter zwischen 54-99 Jahre | - 0.025 | 0.017 | -1.460 | 0.144 | -0.058 | 0.009 |
| Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des totalen Schafbestands seit Bestehen oder max. 11 Jahren | - 0.079 | 0.067 | 1.190 | 0.235 | -0.051 | 0.209 |
| 0-1 Jahre Erfahrung | - 0.055 | 0.041 | -1.340 | 0.181 | -0.134 | 0.025 |
| 2-3 Jahre Erfahrung | - 0.033 | 0.024 | -1.360 | 0.174 | -0.081 | 0.015 |
| 4-5 Jahre Erfahrung | - 0.062 | 0.022 | -2.770 | 0.006 | -0.106 | -0.018 |
| Anzahl Schafe pro Weidefläche | 0.080 | 0.101 | 0.790 | 0.430 | -0.118 | 0.277 |
| Weidefläche pro Arbeitskraft und Betrieb | 0.000 | 0.000 | -2.160 | 0.030 | 0.000 | 0.000 |
| Anzahl Schafe pro Arbeitskraft und Betrieb | 0.002 | 0.001 | 2.620 | 0.009 | 0.001 | 0.004 |
| Anzahl Schafbetriebe pro Total Betriebe | - 0.011 | 0.034 | -0.310 | 0.758 | -0.078 | 0.057 |

| | | | | | | |
|----|------------|-------------|---------|-------|--------|--------|
| AG | 2.172 | 0.206 | 10.540 | 0.000 | 1.768 | 2.575 |
| AI | 2.309 | 0.216 | 10.710 | 0.000 | 1.887 | 2.732 |
| AR | 2.237 | 0.213 | 10.520 | 0.000 | 1.820 | 2.654 |
| BE | 2.165 | 0.216 | 10.020 | 0.000 | 1.742 | 2.589 |
| BL | 2.158 | 0.209 | 10.310 | 0.000 | 1.748 | 2.568 |
| BS | 2.313 | 0.188 | 12.290 | 0.000 | 1.944 | 2.682 |
| FR | 2.059 | 0.237 | 8.670 | 0.000 | 1.594 | 2.525 |
| GE | 1.762 | 0.228 | 7.710 | 0.000 | 1.314 | 2.209 |
| GL | 0.000 | weggelassen | | | | |
| GR | - 0.022 | 0.017 | -1.290 | 0.196 | -0.056 | 0.012 |
| JU | 2.326 | 0.211 | 11.040 | 0.000 | 1.913 | 2.739 |
| LU | 2.205 | 0.219 | 10.050 | 0.000 | 1.775 | 2.635 |
| NE | 2.019 | 0.216 | 9.360 | 0.000 | 1.596 | 2.442 |
| NW | 5.492 | 0.497 | 11.060 | 0.000 | 4.519 | 6.466 |
| OW | 5.310 | 0.495 | 10.720 | 0.000 | 4.339 | 6.281 |
| SG | 2.286 | 0.205 | 11.130 | 0.000 | 1.884 | 2.689 |
| SH | 2.391 | 0.207 | 11.560 | 0.000 | 1.985 | 2.796 |
| SO | 2.123 | 0.213 | 9.970 | 0.000 | 1.705 | 2.540 |
| SZ | 5.408 | 0.488 | 11.080 | 0.000 | 4.451 | 6.364 |
| TG | 2.184 | 0.208 | 10.490 | 0.000 | 1.776 | 2.592 |
| TI | 0.615 | 0.019 | 32.180 | 0.000 | 0.578 | 0.653 |
| UR | 5.583 | 0.492 | 11.350 | 0.000 | 4.619 | 6.547 |
| VD | 2.157 | 0.228 | 9.480 | 0.000 | 1.711 | 2.603 |
| VS | - 0.327 | 0.030 | -10.950 | 0.000 | -0.386 | -0.269 |
| ZG | 2.316 | 0.209 | 11.100 | 0.000 | 1.907 | 2.725 |
| ZH | 2.325 | 0.212 | 10.960 | 0.000 | 1.909 | 2.740 |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------|---------|-------|--------|--------|
| Anzahl ausgestellte Schafe pro Region | - | | | | | |
| | 0.006 | 0.001 | -11.070 | 0.000 | -0.007 | -0.005 |
| Region 1 | - | | | | | |
| | 2.068 | 0.195 | -10.630 | 0.000 | -2.450 | -1.687 |
| Region 2 | - | | | | | |
| | 2.211 | 0.242 | -9.140 | 0.000 | -2.685 | -1.737 |
| Region 3 | 1.726 | 0.151 | 11.390 | 0.000 | 1.429 | 2.023 |
| Region 4 | 1.243 | 0.099 | 12.560 | 0.000 | 1.049 | 1.437 |
| Region 5 | 5.190 | 0.444 | 11.690 | 0.000 | 4.319 | 6.060 |
| Region 6 | 0.573 | 0.052 | 10.970 | 0.000 | 0.471 | 0.675 |
| Region 7 | - | | | | | |
| | 2.039 | 0.185 | -11.000 | 0.000 | -2.402 | -1.675 |
| Region 8 | 3.607 | 0.315 | 11.460 | 0.000 | 2.991 | 4.224 |
| Region 9 | 2.887 | 0.235 | 12.260 | 0.000 | 2.426 | 3.349 |
| Region 10 | 3.258 | 0.291 | 11.210 | 0.000 | 2.688 | 3.828 |
| Region 11 | 0.000 | weggelassen | | | | |
| Region 12 | - | | | | | |
| | 0.740 | 0.023 | -32.290 | 0.000 | -0.785 | -0.695 |
| Region 13 | 0.000 | weggelassen | | | | |
| Region 14 | - | | | | | |
| | 0.185 | 0.022 | -8.610 | 0.000 | -0.227 | -0.143 |
| Region 15 | - | | | | | |
| | 2.363 | 0.190 | -12.470 | 0.000 | -2.735 | -1.992 |
| Region 16 | - | | | | | |
| | 0.946 | 0.087 | -10.870 | 0.000 | -1.117 | -0.776 |
| Region 17 | - | | | | | |
| | 1.974 | 0.166 | -11.850 | 0.000 | -2.300 | -1.647 |
| Region 18 | 0.000 | weggelassen | | | | |
| Region 19 | 0.489 | 0.059 | 8.240 | 0.000 | 0.373 | 0.605 |
| Region 20 | - | | | | | |
| | 0.074 | 0.028 | -2.610 | 0.009 | -0.129 | -0.018 |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-------------|---------|-------|--------|--------|
| Region 21 | - | | | | | |
| | 0.382 | 0.036 | -10.620 | 0.000 | -0.452 | -0.311 |
| Region 22 | 0.000 | weggelassen | | | | |

Anhang 4E: Stata Code

```
clear all
cd "P:\Matthias\Moderhinke Projekt\Maximum Entropy\Model\"
use varformodel02.dta

*****
***** Estimation *****
*****

*high scenario mit region und kantone dummy
local xjj "somtagpt widder anschafebetrieb schafeshare schafpln raus ln old wachstumavg exp1 exp3 exp5 "
local xii "schafpwgde weidepkgde schafpkgde anzschafpreg sbpb"
local xil " dumk1 dumk2 dumk3 dumk4 dumk5 dumk6 dumk7 dumk8 dumk10 dumk11 dumk12 dumk13 dumk14 dumk15 dumk16 dumk17 dumk18 dumk19 dumk20 dumk21 dumk22 dumk23
dumk24 dumk25 dumk26"
local xll " dum1 dum2 dum3 dum4 dum5 dum6 dum7 dum8 dum9 dum10 dum11 dum12 dum13 dum14 dum15 dum16 dum17 dum18 dum19 dum20 dum21 dum22"

logistic dmodh14h `xjj' `xii' `xil' `xll' if dmodh14h >= 0 , noconstant vce(cluster region)

*****
***** Predictions *****
*****

predict in_sample if dmodh14h >= 0 //predict probability phi(x'betahat) in_sample
predict out_sample if dmodh14h < 0
predict whole_sample

**** Results for prediction ****
tab region if dmodh14h>=0, summarize (dmodh14h)
```

```

tab region, summarize(in_sample)
tabulate region, summarize(out_sample)
tabulate region, summarize(whole_sample)

tab Kantonskrzel if dmodh14h>=0, summarize (dmodh14h)
tab Kantonskrzel, summarize(in_sample)
tab Kantonskrzel, summarize(out_sample)
tab Kantonskrzel, summarize(whole_sample)

*****
***** Goodness of Fit *****
*****

estat gof, g(64) table // 18 or 63 covariates within region dummies +1

*** Brier Test
brier dmodh14h in_sample

*** Margins
margins, dydx(*)

*****
*** Test collinearity ***
*****

reg dmodh14h somtagpt widder anzschafebetrieb schafeshare schafpln raus ln old wachstumavg exp1 exp3 exp5 schafpwgde weidepkgde schafpkgde anzschafpreg sbpb
dumk* dum1 dum2 dum3 dum4 dum5 dum6 dum7 dum8 dum9 dum10 dum11 dum12 dum13 dum14 dum15 dum16 dum17 dum18 dum19 dum20 dum21 dum22

vif

```

```
corr dmodh14h somtagpt widder anzschafebetrieb schafeshare schafp1n raus ln old wachstumavg exp1 exp3 exp5 schafpwgde weidepkgde schafpkgde anzschafpreg sbpb
corr dumk* dum1 dum2 dum3 dum4 dum5 dum6 dum7 dum8 dum9 dum10 dum11 dum12 dum13 dum14 dum15 dum16 dum17 dum18 dum19 dum20 dum21 dum22
```

```
*****
***** Distribution of Predictions *****
*****
```

```
histogram in_sample, bin(130) normal frequency ytitle (Häufigkeit) xtitle (Vorhersage innerhalb der Stichprobe) name (in_sample)
histogram out_sample, bin(130) normal frequency ytitle (Häufigkeit) xtitle (Vorhersage ausserhalb der Stichprobe) name (out_sample)
histogram whole_sample, bin(130) normal frequency ytitle (Häufigkeit) xtitle (Vorhersage der Grundgesamtheit) name (whole_sample)
```

```
graph combine in_sample out_sample whole_sample
```

Anhang 5: Arbeitszeitbedarf für verschiedene Moderhinkebehandlungsmassnahmen in der Schweizer Schafhaltung

Tabelle 5A: Beschreibung der Arbeitselemente für die Datenaufnahme während der Arbeitsbeobachtung

| | Arbeitselement | Anfang |
|------------------------------------|--|--|
| Klauenbad | 10 Schafe in Klauenbad treiben | Eingangstor öffnen und Teilherde aus Wartebereich einzeln in Klauenbad treiben |
| | Wartezeit | Badedauer abwarten und kontrollieren, ob alle Klauen in der Badeflüssigkeit stehen |
| | 10 Schafe aus Klauenbad treiben | Ausgangstor öffnen und Schafe aus Klauenbad treiben |
| Einzeltierbehandlung | Tier einfangen und drehen | Bestimmtes Tier aus eng eingesperrter Herde herausfangen und auf Rücken bzw. Hinterteil drehen |
| | Klauen schneiden | Klauen schneiden mit Klauenschere oder Klauenmesser |
| | Tier aufstehen lassen | Beurteilen des MH-Schweregrads nach der BGK-Einteilung |
| Ausschneiden im Klauenstand | Tier in Klauenstand treiben | Tier mit der Hand zur Seite drehen und selbständig aufstehen lassen Optische Kontrolle ob Tier aufsteht |
| | Tier mechanisch drehen | Tier aus Teilgruppe vor dem Klauenstand in den Klauenstand treiben |
| | Eine Klaue schneiden (1AK) | Tier mit Bügel und von Hand am Kopf und Hinterbein fixieren, anschliessend die Drehvorrichtung von Hand betätigen |
| | Alle Klauen schneiden (2AK) | Klauen schneiden mit Klauenschere oder Klauenmesser Tierkopf wird währenddessen mit Knie fixiert |
| | protokollieren | Beurteilen des MH-Schweregrads nach der BGK-Einteilung |
| | Tier mechanisch zurückdrehen und hinaustreiben | Drehvorrichtung zurückschwingen lassen und Fixierbügel öffnen Ausgangstor öffnen und Tier hinaustreiben |
| Ausschneiden bei Lämmern | Lamm einfangen und auf Rücken drehen | Lamm aus Lämmergruppe in abgesperrtem Bereich fangen und auf Rücken drehen, indem es an den Vordergliedmassen hochgehoben wird |
| | Klauen schneiden | Klauen schneiden mit Klauenschere oder Klauenmesser |
| | protokollieren | Beurteilen des MH-Schweregrads nach der BGK-Einteilung |
| | Lamm aufstehen lassen | Tier mit der Hand zur Seite drehen und selbständig aufstehen lassen; optische Kontrolle ob Tier steht |

Tabelle 5B: Definitionen der Arbeitselemente für die Datenaufnahme während der Arbeitsbeobachtung und weitere statistische Grössen

| | Arbeitselement | Anfang | Ende | Tage | Xquer | Min. | Max. | Epsilon |
|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|
| Klauenbad | 10 Schafe in Klauenbad treiben | Eingangstor oben | Eingangstor unten | 3 | 41.3 | 10.0 | 116.7 | 16.8 |
| | Wartezeit | Eingangstor unten | Ausgangstor oben | 3 | 521.7 | 378.3 | 656.7 | 2.9 |
| | 10 Schafe aus Klauenbad treiben | Ausgangstor oben | Eingangstor oben | 3 | 28.8 | 16.7 | 68.3 | 11.5 |
| Einzel tierbe handlung | Tier einfangen und drehen | Erster Schritt | Erste anfass en Klaue | 3 | 64.6 | 16.7 | 150.0 | 16.1 |
| | Klauen schneiden | Erste anfass en | Klaue Letzte loslassen Klaue | 3 | 131.7 | 73.3 | 216.7 | 10.0 |
| | Tier aufstehen lassen | Signal | Erster Schritt | 1 und 2 | 7.9 | 3.3 | 18.3 | 21.9 |
| Ausschneide n im Klauenstand | Tier in Klauenstand treiben | Eingangstor öffnen; später: Ausgangstor schliessen | Eingangstor schliessen | 1 und 2 | 12.9 | 1.7 | 38.3 | 13.5 |
| | Tier mechanisch drehen | Eingangstor schliessen | Erste anfass en Klaue | 1 und 2 | 12.0 | 1.7 | 43.3 | 8.6 |
| | Eine Klaue schneiden (1AK) | Klaue anfass en | Klaue loslassen | 3 | 36.8 | 1.7 | 160.0 | 6.9 |
| | Alle Klauen schneiden (2AK) | Erste anfass en | Klauen Werkzeug anlegen | 1 und 2 | 112.0 | 36.7 | 148.3 | 11.0 |
| | protokollieren | Werkzeug abgelegen | Drehvorrichtung anfass en | 1 und 2 | 26.9 | 6.7 | 131.7 | 12.6 |
| | Tier mechanisch zurückdrehen und hinaustreiben | Drehvorrichtung anfass en | Ausgangstor schliessen | 1 und 2 | 11.7 | 3.3 | 28.3 | 6.3 |
| Ausschneide n bei Lämmern | Lamm einfangen und auf Rücken drehen | Bucht öffnen | Lammrücken hat Bodenkontakt | 1 und 3 | 22.7 | 10.0 | 41.7 | 9.1 |
| | Klauen schneiden | Bodenkontakt | Griff zum Ohr | 3 | 116.4 | 60.0 | 213.3 | 9.3 |
| | protokollieren | Griff zum Ohr | Mündliches Signal von Klauenpfleger | 3 | 53.9 | 26.7 | 95.0 | 9.0 |
| | Lamm aufstehen lassen | Signal | Buchtentür öffnen | 3 | 7.5 | 3.3 | 21.7 | 17.2 |