

Aus dem Department für
Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin
der Veterinärmedizinischen Universität Wien
(Departmentleiter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Martin Wagner, Dipl. ECVPH)

Universitätsklinik für Wiederkäuer
Klinische Abteilung für Wiederkäuermedizin
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM)

**Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Ausscheidung
von gastrointestinalen Nematoden und des FAMACHA[®] Scores
sowie BCS bei Milchschaften in Österreich**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Hannah Lugmayr

Wien, im Jänner 2023

Erstbetreuer: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Veterinärmedizinische Universität Wien

Betreuende Assistentinnen: Dr. med. vet. Katharina Lichtmannsperger, Dip. ECBHM

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Veterinärmedizinische Universität Wien

Mag. med. vet. Floriana Sajovitz

Universitätsklinik für Wiederkäuer

Veterinärmedizinische Universität Wien

BegutachterIn: Dr. med. vet. Dipl. EVPC Barbara Hinney

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

Ich habe die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt und alle zuarbeitend Tätigen mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt.

Die vorliegende Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, den 29.01.2024

Hannah Lugmayr

ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Zusammenhang zwischen der Ausscheidung von gastrointestinalen Nematoden und des FAMACHA[®] Scores sowie des Body Condition Scores (BCS) bei Milchschaafen in Österreich zu ermitteln. Es wurden 1.195 Milchschaafe (Lacaune, Krainer Steinschaf, Ostfriesisches Milchschaf, Kreuzungen) von 16 Betrieben aus sechs Bundesländern Österreichs in diese Studie einbezogen. Nach der Beantwortung des Fragebogens wurden die Erhebung des FAMACHA[®] Scores sowie des BCS und eine Kotprobenentnahme mit anschließender parasitologischer Diagnostik am Institut für Parasitologie durchgeführt. Die Betriebsbesuche fanden zwischen Februar 2022 und Juni 2022 statt. Die Einzelkotproben wurden mit dem Mini-FLOTAC-System untersucht und die Anzahl der Trichostrongylideneier in Eier pro Gramm Kot (EpG) dokumentiert. Die erhobenen Daten der klinischen Parameter und der EpG der Schafe wurden verglichen. Der Großteil der untersuchten Tiere zeigte einen FAMACHA[®] Score von Grad 2 (n=522; 44 %) und einen BCS zwischen 1,5 und 3 (n=928; 78 %). Es wurden signifikante Zusammenhänge zwischen der Eiausscheidung und dem FAMACHA[®] Score bzw. BCS errechnet. Die Eiausscheidung der Schafe und der FAMACHA[®] Score zeigen eine schwach positive Korrelation ($r=0,196$; $p<0,001$). Die Menge der ausgeschiedenen Eier und der BCS korrelieren schwach negativ ($r=-0,156$; $p<0,001$).

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the association between the excretion of gastrointestinal nematodes, the FAMACHA[®] Score and the body condition score (BCS) in Austrian dairy sheep. Data was collected from sixteen farms in six federal states of Austria. In total 1195 ewes of three different breeds (Lacaune, Carniolan Stone Sheep and East Friesian sheep) and cross breeds were examined during the farm visits. The FAMACHA[®] Score and BCS were recorded and fecal samples were collected for parasitological examination between February 2022 and June 2022. The individual fecal samples of the dairy sheep were analyzed using the Mini-FLOTAC-System and the number of eggs were documented as eggs per gram of feces (EpG). Additionally, the collected data from the farm visits and the EpG were compared. The majority of the sheep had a FAMACHA[®] Score of 2 (n=522; 44 %) and a BCS between 1, 5 and 3 (n=928; 78 %). The results showed a significant correlation between egg excretion and the FAMACHA[®] Score and BCS. The egg excretion and the FAMACHA[®] Score showed a weak positive correlation ($r=0,196$; $p<0,001$). There was also a weak negative correlation between EpG and BCS ($r=-0,156$; $p<0,001$).

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
ABSTRACT	6
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	9
1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	3
2.1. MILCHSCHAFHALTUNG IN ÖSTERREICH	3
2.2. GASTROINTESTINALE NEMATODEN BEIM SCHAF	4
2.2.1. Magen-Darm-Strongyloiden	4
2.2.2. Entwicklungszyklus der Magen-Darm-Strongyloiden	6
2.2.3. Vorkommen in Österreich	8
2.2.4. Anthelminthikaresistenzen in Österreich	9
2.3. AUSWIRKUNG VON PARASITÄREN INFEKTIONEN AUF KLINISCHE PARAMETER	11
2.3.1. Farbe der Lidbindehäute	12
2.3.2. Körperkondition	14
3. TIERE, MATERIAL UND METHODIK	17
3.1. AUSWAHL DER BETRIEBE UND TIERE	17
3.2. BETRIEBSBESUCHE UND KOTPROBENENTNAHME	17
3.3. DURCHFÜHRUNG DES FAMACHA® UND BCS-SCORINGS	18
3.3.1. FAMACHA® Scoring	18
3.3.2. BCS-Scoring	19
3.4. PARASITOLOGISCHE KOTUNTERSUCHUNG	20
3.5. STATISTIK	22
4. ERGEBNISSE	23
4.1. ERGEBNISSE DER KLINISCHEN PARAMETER	23
4.1.1. FAMACHA® Score	23
4.1.2. Body Condition Score	25

4.2.	EIAUSSCHIEDUNG	27
4.3.	ZUSAMMENHANG DER MDS-EIAUSSCHIEDUNG UND DER KLINISCHEN PARAMETER	28
5.	DISKUSSION.....	30
6.	LITERATURVERZEICHNIS	34
7.	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	40

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Tab.	Tabelle
BCS	Body Condition Score
SOP	Standard Operating Procedure
EpG	Eier pro Gramm Kot
FEC	Faecal Egg Count
TST	Targeted-Selective-Treatment
ggr.	geringgradig
mgr.	mittelgradig
hgr.	Hochgradig
MDS	Magen-Darm-Strongyliden
GIN	gastrointestinale Nematoden
PCV	Packed Cell Volume
AR	Anthelminthikaresistenzen

1. Einleitung und Fragestellung

Im Jahr 2022 wurden von den in Österreich gehaltenen Schafe 6 % für die Milchproduktion genutzt (1). Ein österreichisches Milchschaaf produzierte laut Statistik eine durchschnittliche Menge von 408 kg Milch jährlich, wobei die Jahresmilchleistung im Verlauf der letzten Jahre anstieg (2). Viele Milchschaafbetriebe halten die Tiere auf der Weide und ungefähr ein Drittel der Höfe wird biologisch betrieben (3). Seit 2022 muss laut österreichischer Weideverordnung ein biologisch geführter Landwirtschaftsbetrieb den Schafen einen Weidezugang während der Weidsaison zur Verfügung stellen (4).

Durch das Grasens auf der Weide infizieren sich die Schafe mit gastrointestinalen Nematoden, hauptsächlich Magen-Darm-Strongyliden (MDS). Durch hohe Reproduktionszahlen, effektive Überlebensstrategien und die starke Verbreitung ist die Infektion besonders mit Vertretern der Trichostrongyliden, als typische Weideparasitose weltweit von großer Relevanz (5, 6). Österreichische Studien beschrieben Prävalenzen von MDS in den heimischen Schafbetrieben von 65,5 % bei Lämmern und 62,2 % bis 100 % bei adulten Schafen (7–11).

Hinsichtlich der Tiergesundheit und Wirtschaftlichkeit eines Betriebs können Infektionen vor allem mit Magen-Darm-Strongyliden zu hohen Verlusten führen (12). Eine verringerte Milch- und Mastleistung, als auch die Therapiekosten wirken sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit der Schafbetriebe aus (13). Die jährlichen Kosten aufgrund von Helmintheninfektionen belaufen sich in Europa auf geschätzte 1,8 Milliarden Euro und in Österreich auf 29 Millionen Euro (14). Hinzu kommen die weiter fortschreitenden Resistenzen gegen anthelminthische Wirkstoffe, die in Zukunft eine adäquate Behandlung von erkrankten Tieren erschweren (15). Darum ist anstatt einer Entwurmung der gesamten Herde, die selektive Behandlung zu bevorzugen. Tiere, die durch eine Infektion mit MDS eine hohe Eiausscheidung und/oder klinische Symptome zeigen, müssen zuerst in der Herde identifiziert und im Anschluss anthelminthisch behandelt werden. Dadurch bleibt ein Teil der Tiere unbehandelt, was zur Verlangsamung der Entwicklung von Anthelminthikaresistenzen beitragen soll (16, 17).

Damit diese Strategien umgesetzt werden können, werden tierbezogene klinische Parameter wie die Körperkondition oder die Farbe der Lidbindehäute bei blutsaugenden Endoparasiten als Indikatoren für die Auswirkung von Endoparasitosen bei Schafen genutzt. Durch die Beurteilung des FAMACHA® Scores und des Body Condition Scores sollen Halter:innen anhand einer festgelegten Methode den Infektionsstatus der Tiere bestimmen können. Sie sollen in der täglichen Praxis als Hilfsmittel zur Beurteilung der Gesundheit der Tiere für

Landwirt:innen und Tierärzt:innen und als Grundlage für Managemententscheidungen, wie die Entwurmung der Schafe, aber auch für wissenschaftliche Erhebungen dienen (18).

Ziele der Studie sind, klinische Parameter auf Durchführbarkeit und Aussagekraft in der Praxis zu untersuchen und die Methoden auch für die Region individuell zu evaluieren. In dieser Studie soll der Zusammenhang zwischen der Ausscheidung von gastrointestinalen Nematoden und den beiden klinischen Parametern FAMACHA[®] Score und BCS bei Milchschafen in Österreich ermittelt werden. Es wurden zwei Hypothesen aufgestellt und mit den gesammelten Daten überprüft. Die erste Hypothese lautet, dass Milchschafe eine höhere Eiausscheidung bei einem erhöhten FAMACHA[®] Score zeigen. Die zweite Hypothese ist, dass Schafe mit einem verminderten Body Condition Score (BCS) eine höhere Eiausscheidung von gastrointestinalen Nematoden haben.

2. Literaturübersicht

2.1. Milchschaafhaltung in Österreich

Bei der letzten Viehzählung am 01.12.2022 lag der Schafbestand in Österreich bei 400 664 Tieren, welche sich auf 16.181 Betriebe aufteilen (19). Der Bestand nahm um 0,4 % im Vergleich zum Vorjahr ab. An den unterschiedlichen Produktionsformen kann man erkennen, dass der Anteil an Mutterschafen und gedeckten Lämmer sank, jedoch die Sparte anderer Schafe um 2,7 % auf 166.700 Tiere anstieg (20).

Den größten Anteil der in Österreich lebenden Schafe hat Tirol (21 %), gefolgt von Niederösterreich (19 %), der Steiermark (18 %) und Oberösterreich (17 %). Weniger als die Hälfte sind Mutterschafe (47 %) und Lämmer (37 %). Milchschafe sind mit nur 6 % ein kleiner Teil der Population (1). In Österreich wird nahezu ein Drittel der Schafbetriebe biologisch geführt (3).

Im Kalenderjahr 2022 wurden rund 11.700 t Rohmilch produziert. Dies entspricht einem Zuwachs von 8,1 % zum Vorjahr. Mit einem Anteil von 40 % ist Niederösterreich das Bundesland mit der meisten Rohmilcherzeugung im Jahr 2022 (1).

Insgesamt produzieren die 28.625 Milchschafe in Österreich eine durchschnittliche Jahresmilchleistung von 408 kg je Tier, die ebenfalls um 9,1 % höher ist als im Jahr zuvor. Die 10.200 t Rohmilch werden zu rund 87 % für den menschlichen Verzehr genutzt. Die Rohmilch wird an Molkereien geliefert oder ab Hof weiterverarbeitet und verkauft (2). Hauptsächlich wird die Milch zu Frisch- und Schnittkäse weiterverarbeitet und anschließend über die Direktvermarktung vertrieben (3).

2.2. Gastrointestinale Nematoden beim Schaf

Gastrointestinale Nematoden (GIN) gehören zu den bedeutendsten Endoparasiten beim Wiederkäuer. Helmintheninfektionen verursachen jährlich geschätzte Kosten von 1,8 Milliarden Euro in Europa und 29 Millionen Euro in Österreich (14). Die häufigsten gastrointestinalen Nematoden in Mitteleuropa sind die Magen-Darm-Strongyliden (MDS), die sich aus den Vertretern der Familie der *Trichostrongylidae*, der Gattung *Nematodirus* und auch zum Teil anderen Strongyliden (*Chabertia*, *Oesophagostomum* (Knötchenwürmer) und *Bunostomum* (Hakenwürmer)) zusammensetzen (5, 21). Sie sind damit für Landwirt:innen und Tierärzt:innen in puncto Parasitenmanagement von wesentlicher Bedeutung (22).

Nematoden anderer taxonomischer Zugehörigkeit (*Capillaria*, *Strongyloides*, *Skrjabinema*, *Trichuris*) spielen eine untergeordnete Rolle und verursachen meist erst sekundär schwerwiegendere Erkrankungen. Die Anwesenheit der Eier ist häufig ein Zufallsbefund der koproskopischen Untersuchung. Sie können meistens durch Anthelminthika, die zu Behandlung anderer wichtigerer pathogener Arten eingesetzt werden, erfolgreich kontrolliert werden (23).

Obwohl alle weidenden Schafe mit GIN infiziert sind, haben geringe Wurmbelastungen in der Regel keine negativen Auswirkungen auf die Tiergesundheit, da sich ein Gleichgewicht zwischen Wirt und Parasiten auf geringem Niveau einstellt. Mit zunehmender Wurmbelastung treten subklinische, klinisch akute oder chronische Verläufe auf und führen so zu einer verminderten Mast- bzw. Milchleistung. Bei hochgradigen Infektionen treten klinische Symptome wie massiver Gewichtsverlust, Anämie, submandibuläres Ödem und Durchfall auf (6, 22).

2.2.1. Magen-Darm-Strongyliden

Grundsätzlich kommt es zu einer Mischinfektion von diversen Strongylidenarten und die Schafe erkranken an einer parasitischen Gastroenteritis (24, 25). Die Entzündung der Magen- und Darmschleimhaut durch die Nematoden, ist eine wichtige, durch Endoparasiten hervorgerufene Erkrankung beim Schaf und spielt eine erhebliche ökonomische Rolle in der Schafhaltung (26). Bei Gattungen, wie dem hämatophagen *Haemonchus* ist vor allem der Blutverlust der Tiere zu erwähnen (27).

Besonders Gattungen der Trichostrongyliden wie *Haemonchus*, *Teladorsagia*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Cooperia* und aber auch *Nematodirus* sind von Bedeutung. *Nematodirus* ist der Familie der *Molineidae* zugehörig, wird aber, wie auch andere Strongyliden (*Chabertia*, *Oesophagostomum*, *Bunostomum*) den MDS zugeteilt (21). Sie lösen je nach Alter, Immunitätslage, Körperkondition, Rasse, Infektionsdosis und Spezieskombination Störungen im Magen-Darm-Trakt des Schafes aus. *Haemonchus*, *Teladorsagia* und *Ostertagia* befinden sich im Labmagen der infizierten Schafe, wobei *Trichostrongylus* je nach Art im Labmagen und oder im Dünndarm parasitiert. *Cooperia* und *Nematodirus* haben ihren Sitz im Dünndarm. Nematoden des Dünndarms können Diarrhoe auslösen, jedoch ist ein Befall mit Trichostrongyliden nicht immer mit Durchfall zu assoziieren. Ein Befall präsentiert sich je nach betroffenem Individuum und der vorkommenden Parasitenpopulationen klinisch divers. Abmagerung, beeinträchtigt Wollwachstum, Blutarmut, submandibuläres Ödem („Flaschenhals“), Aszites und verzögerte Entwicklung können auftreten (5, 6, 25).

Der rote Magenwurm, *Haemonchus contortus*, hat durch seine hämatophage Lebensweise im Labmagen des Schafes und seiner hohen Reproduktionsrate ein starkes pathogenes Potential (27). Er wurde mittlerweile sehr häufig in Schafbetrieben in Österreich nachgewiesen (8). Ein starker Befall führt zu einer schwerwiegenden Anämie und möglicherweise zum Verenden der Tiere. Im Gegensatz zu anderen Parasiten im Gastrointestinaltrakt löst *H. contortus* keinen Durchfall aus (13, 27).

Die Infektion mit Trichostrongyliden erfolgt saisonal. Trichostrongylidenlarven entwickeln sich in einem Temperaturbereich von 10 °C bis 30 °C (24). Durch die steigenden Temperaturen im Laufe der Weidsaison und der erhöhten Ausscheidung von Eiern im Frühjahr kommt es zu einem Höchstmaß an gastrointestinalen Nematoden im Sommer. Die sinkenden Temperaturen im Herbst und Winter, aber auch die Immunitätsentwicklung gegen die Parasiten im Laufe der Saison, lassen die Anzahl der L3 Larven auf den Weiden wieder stark abnehmen (28). Eine österreichische Erhebung beschrieb ein steigendes Infektionsrisiko durch höher werdende EpG-Werten im Laufe der Weideperiode auf der Alm (29). Eine Studie aus der Schweiz ergab, dass eine stark zunehmende Eiausscheidung am Ende der Stallperiode einen erhöhten Infektionsdruck für die Schafe bereits im Frühsommer auf der Weide hervorrufen kann (5).

Die Kontamination der Weidefläche im Frühjahr wird einerseits durch überwinterte L3, deren Überdauern hauptsächlich von Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnissen beeinflusst wird und andererseits durch Mutterschafe verursacht (30). Der sogenannte „Periparturient Egg

Rise“ beschreibt die massiv erhöhte Ausscheidung an Trichostrongylideneiern bei Mutterschafen durch den veränderten Hormonhaushalt rund um die Geburt (13). Schwedische Studienergebnisse beschreiben, dass die Eier im Kot der Mutterschafe nach der Geburt am häufigsten vom roten Magenwurm stammten. *H. contortus* überdauert den Winter im frühen vierten Larvenstadium durch Hypobiose in der Schleimhaut des Magen-Darm-Traktes des Wirtes. Im darauffolgenden Frühling setzt er seine Entwicklung fort. Diese Strategie führt zur Induktion einer starken Weidekontamination bereits am Beginn der Weideperiode und wird durch die Hormonumstellung des Mutterschafes rund um die Geburt ausgelöst und ist epidemiologisch von sehr hoher Bedeutung. *Teladorsagia circumcincta* zeigte ebenfalls ein hohes Maß an verzögerter Entwicklung, jedoch nicht so stark und früh wie *H. contortus* (31).

In Hinblick auf die Eiausscheidung zeigte eine in der Steiermark durchgeführte Studie, dass nur wenige Tiere in der Herde sehr hohe EpG-Werte haben und diese für mehr als 44 % des Gesamt-EpGs verantwortlich sind (7). Diese sogenannte Überverteilung wurde bereits in einigen anderen Studien beschrieben (32, 33). Außerdem zeigen junge Tiere (<2 Jahre) und Schafe mit schlechtem Ernährungszustand eine signifikant höhere Eiausscheidung. Überdies beobachteten die Autor:innen bei über zwei Jahre alten Schafen häufiger eine geringere MDS-Eiausscheidung als bei jüngeren Tieren (7).

Besonders empfänglich für eine Infektion mit MDS sind Lämmer und Jungschafe während ihrer ersten Weideperiode. Ebenfalls sind Schafe mit einer verminderten Immunabwehr und schlechter Körperkondition, erkrankte Tiere und hochlaktierende Auen für eine Ansteckung empfänglicher als gesunde Schafe (5, 6, 13).

Besonderes Augenmerk ist auf Betriebe, die nur wenige Koppeln oder eine Standweide nutzen, zu legen, da sich durch die längere Benutzung der gleichen Weidefläche die Akkumulation der Parasiten stärker entwickelt als bei einem regelmäßigen Wechsel (6).

2.2.2. Entwicklungszyklus der Magen-Darm-Strongyliden

Der Lebenszyklus der wichtigsten gastrointestinalen Nematoden ist, mit Ausnahme von *Nematodirus* spp., sehr ähnlich. Die adulten weiblichen Nematoden produzieren Eier im Labmagen bzw. Dün- oder Dickdarm der Schafe, welche anschließend über den Kot ausgeschieden werden. Der Schlupf der ersten Larve aus dem Ei und die zwei folgenden Häutungen zur infektiösen Drittlarve (L3) erfolgen auf der Weide (6). Die L3 behält die Umhüllung vom zweiten Larvenstadium, um sich vor einer Austrocknung in der Umwelt zu

schützen. Im Gegensatz dazu entwickelt *Nematodirus* spp. die L3 im Ei, bevor diese schlüpft. Die Larven bewegen sich nach der dritten Häutung vom Fäkalienmaterial weg auf die Grashalme der Weide, wo sie von den Schafen aufgenommen werden. Die L3 schlüpft erst im ruminoreticulären Abschnitt aus ihrer schützenden Larvenhülle, bevor sie in den Labmagen oder Darm gelangt, um sich dort zum adulten Wurmstadium zu entwickeln (13, 22).

Schwankungen der Wetterverhältnisse, ganz besonders Temperatur und Feuchtigkeit beeinflussen den Reproduktionserfolg und die Entwicklungsgeschwindigkeit von GIN und haben einen großen Einfluss auf deren Epidemiologie. Jedes Stadium und jede Art werden in unterschiedlichem Maß durch klimatische Faktoren kontrolliert (28, 30). Auch die Entwicklungsgeschwindigkeit ist temperaturabhängig, wobei sie bei wärmeren Verhältnissen zunimmt. Wenn die Eier und Larven der Umwelt ausgesetzt sind ist der Entwicklungserfolg durch die Anfälligkeit gegenüber kalten Temperaturen begrenzt. Die Kältetoleranz bei *Teladorsagia* spp., *Trichostrongylus* spp. ist höher als bei *Haemonchus*. Trichostrongylidenlarven können sich in einem Temperaturbereich von 10°C bis 36°C vom Ei bis zur L3 Larve entwickeln (30).

Die Präpatenzzeit, also die Zeitspanne von der oralen Aufnahme der L3 bis zur Eiausscheidung über den Kot, liegt je nach Spezies zwischen zwei und vier Wochen (25, 34). Die nichtinfektiösen Eier und die ersten beiden Larvenstadien sterben durch Austrocknung oder Temperaturschwankungen in der Umwelt schneller ab als die infektiösen Drittlarven (L3) (28, 30). Die Larven können bei optimalen Bedingungen innerhalb von 24 Stunden nach der Kottausscheidung aus den Eiern schlüpfen und die Entwicklung zur L3 in 7 Tagen abschließen. Die Larven können durch das Mikroklima in den Kotballen vor Austrocknung geschützt werden und auch bei nicht optimalen Bedingungen überleben. Nach längeren Trockenperioden und anschließendem Regen, häufig in den Herbstmonaten, werden große Mengen an Larven frei, die unter der eingetrockneten Schicht des Kotballen geschützt bleiben und bei steigender Feuchtigkeit den Entwicklungsprozess fortsetzen können (13).

Die Entwicklung genauer Vorhersagemodelle für die Larvenentwicklung durch ökologische Studien würde die Wirksamkeit von integrierten Parasitenmanagement-Systemen in landwirtschaftlichen Betrieben erheblich verbessern, indem sie eine standortspezifische Entscheidungsunterstützung ermöglichen könnten (30).

2.2.3. Vorkommen in Österreich

Zur Existenz und Prävalenz von gastrointestinalen Strongylyden wurden in den vergangenen Jahren einige Studien in Österreich durchgeführt. Vor allem handelt es sich um Studien aus der Steiermark.

Eine Studie von Feichtenschlager et al. (2014) untersuchte Schaf- und Ziegenbestände in der Steiermark. Von 34 Schafbetrieben waren 30 von MDS-Infektionen betroffen (89 %) und 19 Betriebe wurden als hochgradig infiziert eingestuft (7).

Schoiswohl et al. (2017) beschrieben anhand der Daten von 33 Schafen das Vorkommen von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern im Osten Österreichs im Zusammenhang mit klinischen Parametern. Es schieden 78,8 % der adulten Schafe gastrointestinalen Strongylyden aus und mehr als die Hälfte war von einem hochgradigen Befall betroffen. Mittels Larvenkultur und anschließender mikroskopische Differenzierung wurde größtenteils *Trichostrongylus* (92,3 %) gefunden. Weiters zählten *Haemonchus* (61,5 %), *Oesophagostomum* (38,5 %) und *Teladorsagia* (23,1 %) zu den vorherrschenden Drittlarvengattungen (9).

In einer Studie, durchgeführt im Jahr 2017 in der Steiermark, untersuchte man den Einfluss der Alpung auf die Verbreitung von gastrointestinalen Strongylydeninfektionen. Es wurden 243 Schafe auf 16 unterschiedlichen Betrieben untersucht und die Ergebnisse zeigten Prävalenzen von MDS in adulten Schafen von 94,7 % vor der Beweidung und bis zu 100 % nach der Weidesaison. Außerdem zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Eiausscheidung während der Weideperiode. Laut den Autor:innen kann die Alpung von Schafen möglicherweise zur Verbreitung von gastrointestinalen Nematoden in bestimmten Regionen beitragen. Die Gattung *Trichostrongylus* war vor und nach der Alpung am häufigsten vertreten (45,6 % bzw. 38,8 %), gefolgt von *Haemonchus contortus* (18,9 % bzw. 31,2 %) (29).

Lambacher et al. (2019) untersuchten das Vorkommen von gastrointestinalen Strongylyden bei Lämmern in der Steiermark. Dabei wurden von 221 Lämmern aus 52 Betrieben am Schlachthof Kotproben entnommen und parasitologisch untersucht. Die Prävalenz der MDS-Infektion lag bei 65,6 %, wobei konventionelle Betriebe häufiger betroffen waren (72,1 %) als biologisch geführte (56,1 %). Die Gattung *Haemonchus* wurde am häufigsten nachgewiesen (78,9 %) und der höchste Prävalenzwert trat im Herbst auf. Weiters konnten *Chabertia* (65,8 %), *Bunostomum* (65,8 %), *Nematodirus* (57,9 %), *Strongyloides* (31,6 %), *Trichostrongylus* spp. (28,9 %) und *Teladorsagia* (28,9 %) gefunden werden (8).

Im Jahr 2020 erfolgte ein Forschungsprojekt zu resistenten MDS in Bezug auf Benzimidazole bei Schafherden. Es wurden Bestände in der Steiermark und Salzburg besucht und parasitologische Untersuchungen durchgeführt. Jeder Betrieb war von MDS befallen. Lediglich auf einem von 16 Betrieben wurde *H. contortus* nicht nachgewiesen (11).

Außerdem wurden 2021 Resistenzen gegenüber Anthelminthika bei Schafen in Österreich untersucht. Die in den Larvenkulturen häufigste nachgewiesene Gattung war *Haemonchus*. Diese wurde im Vergleich zu früheren Studien unerwartet häufig nachgewiesen. *Trichostrongylus*, *Chabertia*, *Oesophagostomum*, *Cooperia* und *Teladorsagia* wurden seltener und nur in niedriger Anzahl gefunden (15).

Schoiswohl et al. (2021) untersuchten im selben Jahr die Prävalenz von Endoparasiten bei Schafen in einer alpinen Region in Tirol abhängig von Managementfaktoren. MDS wurden auf allen Betrieben nachgewiesen und die Ergebnisse zeigten eine Prävalenz von 62,2 % an gastrointestinalen Nematoden (10).

In Bezug auf die oben beschriebenen Studien betragen die Prävalenzen der Infektion mit gastrointestinalen Strongyloiden in Österreich bei Lämmern 65,5 % und bei adulten Schafen 62,2 % bis 100 %. Die unterschiedlichen Prävalenzen in den verschiedenen Studien können durch die verschiedenen Beprobungszeitpunkte, Lokalisationen der Betriebe und unterschiedliche Studiendesigns erklärt werden und müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Das Management am Betrieb, verschiedene Haltungsformen und die klimatischen Bedingungen spielen zusätzlich eine bedeutende Rolle.

2.2.4. Anthelminthikaresistenzen in Österreich

Bei einer Anthelminthikaresistenz (AR) handelt es sich um die Fähigkeit von Parasiten, die Wirkung eines gegen sie eingesetzten Wirkstoffes bzw. Wirkstoffklasse einzuschränken oder gar aufzuheben. Die eingesetzte Dosis eines Wirkstoffes, welche für eine normal empfindliche Parasitenpopulation tödlich wirkt, wird von resistenten Parasiten toleriert (21, 35). Diese Fähigkeit ist auf Mutationen des Genmaterials zurückzuführen, die für eine höhere Toleranz und eine herabgesetzte oder aufgehobene Empfindlichkeit auf das Anthelminthikum verantwortlich sind (6, 21, 36).

Der resistente Anteil der Wurmpopulation verursacht folglich eine Weidekontamination mit resistenten Larven. Somit hat die Nachfolgeneration einen Selektionsvorteil gegenüber

empfindlich reagierenden Würmern der Population und erhöht so die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von AR (36).

Ein Risikofaktor, der zur Resistenzbildung beiträgt, ist eine Unterdosierung des Anthelminthikums durch z.B. fehlendes Abwiegen der Tiere oder falsche Einschätzung des Gewichtes (7). Auch die Verwendung desselben Wirkstoffes bzw. derselben Wirkstoffklasse über längere Zeit, kein adäquates Parasiten- und Weidemanagement und ein kleines Refugium an sensiblen Parasiten ist für die Resistenzentwicklung förderlich (21, 37–39). Um den Erfolg einer anthelminthischen Behandlung in der Herde zu überprüfen sollten regelmäßige koproskopische Untersuchungen durchgeführt werden, um mögliche AR in der Herde festzustellen (25).

In Österreich konnte 2020 anhand von Einzelnukleotidpolymorphismen (SNPs) im Genom von Trichostrongyliden der Nachweis von Benzimidazol-resistenten Allelen beschrieben werden. Es wurden 243 Schafen von 16 Betrieben während der sommerlichen Alpung in der Steiermark und Salzburg untersucht. Die Häufigkeit der resistenten Allele betrug bei den Gattungen *H. contortus* 87-100 % und bei *T. colubriformis* 77-100 %. Die Durchmischung der Herden während der Alpung beschrieben die Autoren als einen bedeutenden Risikofaktor für die Ausbreitung resistenter Trichostrongyliden (11).

Eine weitere Studie beschrieb im Folgejahr (2021) eine reduzierte Wirksamkeit gegenüber Fenbendazol, Albendazol, Ivermectin, Doramectin und erstmals gegen Monepantel bei Schafbetrieben in Tirol, Salzburg, Niederösterreich und der Steiermark (15). Laut den Autor:innen gibt es klare Anzeichen auf Resistenzen gegen Moxidectin, welche bereits in einer Erhebung aus dem Jahr 2017 in einem Schafbetrieb beschrieben wurden. Jedoch konnte in keiner der beiden Studien Resistenzen bestätigt werden (15, 39). Aufgrund fehlender repräsentativer Daten kann laut Verfasser:innen weder die Geschwindigkeit, noch die tatsächliche Prävalenz von Nematodenpopulationen in Bezug auf Anthelminthikaresistenzen in Österreich abgeschätzt werden (15).

2.3. Auswirkung von parasitären Infektionen auf klinische Parameter

Aufgrund der immer schneller fortschreitenden Anthelminthikaresistenzen und einer daraus resultierenden Verminderung der Wirksamkeit zugelassener Entwurmungsmittel wurden zusätzliche Methoden im Parasitenmanagement integriert. Eine der vielversprechendsten Ansätze ist, nur Tiere zu behandeln, die der Wurminfektion nicht gewachsen sind, eine hohe Eiausscheidung und/oder klinische Symptome zeigen (18). Gezielte selektive Behandlungen (TST= Targeted Selective Treatment), bei denen nur ein Teil der Herde behandelt wird, soll den Einsatz von Anthelminthika reduzieren, zum Erhalt der Nematodenpopulationen in Refugien und zur Gesundheit und Produktivität in der Herde beitragen (40). Dies würde dazu führen, dass Gene für die Anfälligkeit für anthelminthische Wirkstoffe innerhalb der Parasitenpopulationen erhalten werden. Die Tiere werden auf individueller Basis anhand bestimmter Parameter beurteilt und bei klinischen Symptomen für eine Behandlung ausgesucht (16, 40, 41).

Um dieses Verfahren in der Praxis umsetzen zu können, wurden Prüfmethode für die Beurteilung der Tiere entwickelt und in die Strategie der TST aufgenommen. Bath und Van Wyk (2009) entwickelten das Five Point Check[®]-System als eine Erweiterung des praktischen TST bei kleinen Wiederkäuern. Zusammen mit anderen Managementmaßnahmen soll es dazu beitragen, ein nachhaltiges und ganzheitliches Parasitenmanagement zu erreichen. Die Methode dient zur klinischen Untersuchung auf Endoparasitosen und beurteilt den Zustand des Tieres an fünf Stellen des Körpers. Zu den fünf Punkten zählen die Beurteilung der Augen anhand der Farbe der Lidbindehäute mit Hilfe der FAMACHA[®] Karte und das Abtasten des Rückens zur Evaluierung der Körperkondition (BCS). Weiters erfolgt die Begutachtung des Schwanzes, um Kotveränderungen wie Diarrhoe zu erkennen, das Abtasten des Unterkiefers, um ein submandibuläres Ödem auszuschließen und die Nase, um etwaigen Ausfluss zu bewerten. Zusätzlich können Schafe anhand eines hohen FEC für TST ausgewählt werden, weil diese für die meiste Umweltkontamination verantwortlich sind (18).

Da in unserer Studie das Augenmerk auf die Beurteilung des FAMACHA[®] Systems und des BCS gelegt wird, kommt es in den folgenden zwei Abschnitten zu einer genaueren Erläuterung.

2.3.1. Farbe der Lidbindehäute

Die Farbe der Schleimhäute hängt mit der Hämoglobinkonzentration des Blutes der Tiere zusammen und kann durch verschiedene Einflüsse verändert sein. Ursachen wie Entzündungen, Stallklima und Hygiene, aber auch Parasitenbefall spielen dabei eine Rolle.

Um anämische Tiere zu erkennen, wurde die Beurteilung der Farbe der Lidbindehäute mittels einer Farbkarte entwickelt. Diese wurde in den 90iger Jahren zur Detektion von *H. contortus* in Schaf- und Ziegenbetriebe in Südafrika entwickelt. Der Hauptanteil der MDS-Population war *H. contortus* (5). Die FAMACHA® Methode wurde weltweit in vielen Ländern, in denen der rote Magenwurm vorkommt, angewendet (16, 40).

Beim FAMACHA® Scoring handelt es sich um eine standardisierte Beurteilungsstrategie der Schleimhautfarbe, die auf blutsaugende Endoparasiten am Betrieb hinweisend sein kann. Der Anämiegrad wird durch beidseitiges Anlegen der FAMACHA® Karte neben den Augenlidbindehäuten des Schafes und anschließender Zuordnung der jeweiligen Kategorie bestimmt. Die Lidbindehautfarbe kann in fünf Grade eingeteilt werden: FAMACHA 1 = rot; FAMACHA 2 = rosa; FAMACHA 3 = blassrosa; FAMACHA 4 = anämisch; FAMACHA 5 = weiß (16).

Anhand der Einordnung in eine Kategorie mit der FAMACHA® Karte können hochgradige Infektionen mit blutsaugenden Endoparasiten, hauptsächlich *H. contortus*, erkannt und die anämischen Tiere selektiv behandelt werden. Die Entwurmung der gesamten Herde kann so vermieden werden und der unbehandelte Teil der Schafherde bildet ein „Refugium“, also eine Gruppe in der Herde, die anthelminthika-sensible MDS beherbergt (42). Refugien basierende Strategien verlangsamen die Entwicklung von Anthelminthika-Resistenzen und müssen individuell für den Betrieb angepasst eingesetzt werden und können durch Bewertungsmöglichkeiten wie die FAMACHA® Methode in der Praxis angewendet werden. Mit Hilfe des FAMACHA® Scorings kam es zu einer Reduzierung des Anthelminthikaeinsatzes um 40 % bis 97 % (40).

Um die Genauigkeit, aber auch die Praxisrelevanz des in Afrika entwickelte FAMACHA® Systems in Mitteleuropa zu prüfen, wurden einige Untersuchungen durchgeführt. Die Genauigkeit des Testsystems und der Zusammenhang zwischen der Eiausscheidung und dem FAMACHA® Score wurden evaluiert.

Im Zusammenhang mit TST ist bei klinischen Tests vor allem auf die Höhe der Sensitivität achtzugeben. Ein Tier, welches falsch positiv ist und behandelt wurde, erleidet keine negative

Auswirkung der Medikation, auch wenn diese nicht notwendig gewesen wäre und nicht im Sinne der TST-Strategie ist (41). Wird andererseits ein Tier als falsch negativ bewertet und nicht behandelt, wird das Schaf die Weide kontaminieren und behandelte Tiere in der Herde reinfizieren (43).

Eine Studie aus der Schweiz evaluierte 2010 die FAMACHA[®]-Methode auf sechs Ziegenbetrieben. Es wurden der „Packed Cell Volume“ (PCV) - Wert, also der prozentuelle Anteil der roten Blutkörperchen des Gesamtblutvolumens, FEC und der FAMACHA[®] Score verglichen, um den diagnostischen Wert zu ermitteln. Der PCV gilt als Goldstandard zur Evaluierung der FAMACHA[®] Methode, um eine Anämie beim kleinen Wiederkäuer zu bestätigen. Der PCV und FAMACHA[®]-Score korrelierten im gesamten Studienzeitraum von 6 Monaten signifikant (Mai $r=-0,387$; Juni $r=-0,462$; Juli $r=-0,441$; August $r=-0,318$; September $r=-0,432$; Oktober $r=-0,368$). Die Sensitivität des FAMACHA[®] Scores in dieser Studie betrug 93 % bei Grenzwerten zur Anämie bei einer FAMACHA[®] Kategorie ≥ 3 und einem PCV < 22 %. Die Sensitivität des FAMACHA[®] Scores in Bezug auf FEC-Werten über 300 EpG und 600 EpG betrug 66,7 % und 68,3 %. Die Sensitivität war höher, wenn nur der FEC von *H. contortus* miteinbezogen wurden. Hier muss allerdings berücksichtigt werden, dass die beiden Parameter nur in bestimmten Monaten signifikant einen Zusammenhang zeigten. Die Studie beurteilt die FAMACHA[®] Methode bei Herden in Europa mit resistenten *H. contortus* als eine gute Methode (43).

Eine griechische Studie ergab nach dem hämatologischen Vergleich eine signifikant positive Korrelation zwischen den Hämatokritwerten der Tiere und der Bewertung mittels FAMACHA[®] Karte. Die Eizahl im Kot und der Anteil der Larven von *H. contortus* im L3 Stadium sowie die Bewertungen von Score 1 oder Score 5 unterschieden sich signifikant ($p < 0,05$). Bei Tieren mit Score 2, 3 und 4 war keine Korrelation zwischen zugewiesener Bewertung und FEC erkennbar. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen Hämatokritwerten und Anzahl der fäkal ausgeschiedenen Eier erkennbar war. Die Autoren kamen zum Schluss, dass das FAMACHA[®]-Scoring keine adäquate Methode in Griechenland darstellte, da die Prävalenz von *H. contortus* niedrig war und verwiesen auf andere parasitologische Diagnostikmethoden (44).

Ergänzend dazu beschrieb eine in Norddeutschland durchgeführte Feldstudie an infizierten Schafen und Ziegen, dass die FAMACHA[®]-Methode bei vergleichsweise geringeren Prävalenzen von *H. contortus* nicht ausreicht, um alle Tiere mit hoher Eizahl im Kot zu erkennen. Die Autor:innen lehnten die Methode als alleinige Grundlage für die selektive

Entwurmung ab. Sie kann jedoch durch mehrmalige Bewertung eine Hilfestellung beim Erkennen von blassen, anämischen Tieren sein (45).

Eine Studie aus Süditalien beschreibt im Gegensatz zu den oben angeführten Untersuchungen eine niedrige Sensitivität des FAMACHA® Systems, um anämische Schafe zu erkennen. Die Autor:innen bewerten ebenfalls die Methode als Instrumentarium zusätzlich zu einer genauen klinischen Untersuchung. Es sei wichtig, das System erst zu integrieren, nachdem die Effektivität des FAMACHA® Systems in der jeweiligen Region evaluiert wurde (46).

In der Studie von Feichtenschlager et al. (2014) wurde in Bezug auf die Trichostrongylideneiaausscheidung kein statistischer Zusammenhang zwischen der Farbe der Lidbindehaut und des FEC nachgewiesen (7). Auch Schoiswohl et al. (2021) und Lambacher et al. (2019) bestätigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Schleimhautfarbe ($p=0,176$) und der Anzahl der ausgeschiedenen gastrointestinalen Strongylideneier (8, 10).

Es zeigt sich also, dass das FAMACHA® System als brauchbare Methode zur Überwachung einer Herde und zur Bestimmung von anämischen Tieren angewendet werden kann, und zwar dort, wo *H. contortus* vorkommt. Ein Rückschluss auf die Eiausscheidung der Tiere kann laut den oben angeführten Forschungsergebnissen nicht gewährleistet werden.

2.3.2. Körperkondition

Der Body Condition Score (BCS) ist eine etablierte Methode zur Körperkonditionsbeurteilung in der Schafhaltung. Er informiert über die Fett- und Eiweißversorgung des Einzeltieres, aber auch auf Herdenebene. Die Kondition wird mit einem Punktesystem von 1 (stark abgemagert) bis 5 (stark verfettet) bewertet. Milchschafe sollten $<3,5$ zum Zeitpunkt der Geburt und nie weniger als 2,0 am Ende der Hochlaktation erreichen (47).

Die Körperkondition kleiner Wiederkäuer wird von verschiedensten Faktoren bestimmt. Die Rasse, der Rahmen, die Größe, das Alter, das Laktations- und Trächtigkeitsstadium, Endoparasitenbefall oder ernährungsbedingte Probleme, durch beispielsweise zu wenig Futtermittel oder schlecht zusammengestellte Rationen spielen eine Rolle. Sekundär können Zahnprobleme, orthopädische Probleme oder andere Stressoren, wie ein niedriger Rang in der Herde, zu einer verminderten Futteraufnahme führen. Bei der Bewertung des BCS wird die Lendenregion abgetastet und die Ausbildung der Muskulatur und Fettauflagerungen beurteilt (48).

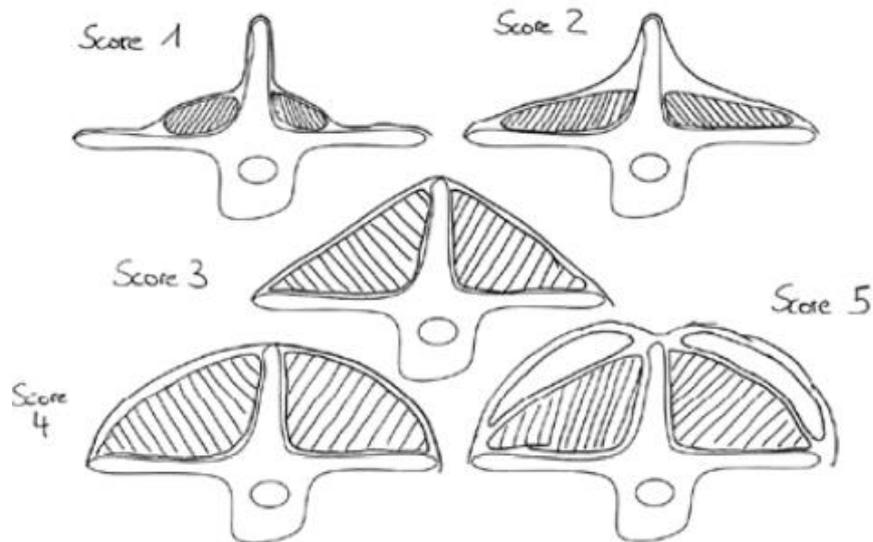


Abb. 1: BCS-Grade im Lumbalbereich bei kleinen Wiederkäuern modifiziert nach Leeb et al. 2007

Die fünf Grade des BCS-Systems werden folgend beschrieben und nach den vorhandenen Merkmalen am Tier bei der klinischen Untersuchung zugeteilt:

Grad 1 „abgemagert“: Die Dornfortsätze sind einzeln spürbar und scharf abgesetzt, Querfortsätze sind ebenfalls deutlich spürbar und keine Fettauflagerungen tastbar.

Grad 2 „dünn“: Die Dornfortsätze sind gut spürbar, einzelne Querfortsätze nicht mehr gut abgrenzbar jedoch mit Druck spürbar, Haut zwischen Dorn- und Querfortsatz bildet konkave Linie, geringe bis keine Fettabdeckung, Muskulatur gut entwickelt.

Grad 3 „gut“: Die Dornfortsätze sind noch gut spürbar, einzeln jedoch nicht mehr klar abgrenzbar, Querfortsätze gut abgedeckt, Haut zwischen Dorn- und Querfortsatz bildet gerade Linie, gute Muskel- und Fettabdeckung.

Grad 4 „sehr gut“: Die Dornfortsätze sind nur mit starkem Druck als harte Linie spürbar, Querfortsätze nicht fühlbar, Haut zwischen Dorn- und Querfortsatz bildet konvexe Linie, dicke Fettschicht über gut entwickelter Muskulatur.

Grad 5 „fett“: Es sind keine knöchernen Strukturen mehr fühlbar, entlang der Rückenlinie ist eine deutliche Einbuchtung durch Vorwölbung von Muskulatur und Fett auf beiden Seiten bemerkbar (47, 48).

Im Zusammenhang mit der Körperkondition und MDS-Eiausscheidung konnte in einer österreichischen Studie eine signifikant höhere Eiausscheidung bei Schafen verschiedenster Rassen mit schlechterem Ernährungszustand festgestellt werden. Außerdem zeigten junge Tiere, also Schafe unter zwei Jahren, und Tiere mit einem schlechten Ernährungszustand signifikant häufiger eine hohe Eiausscheidung >1000 EpG ($p=0,033$ bzw. $p=0,042$) (7).

Auch Schafe in Italien (Kreuzung Sardisches Milchschaaf und Lacaune) zeigten mit den niedrigsten BCS die höchsten EpG-Werte. Es wurde eine negative Korrelation ($r=-0,163$) zwischen den EpG Werten und BCS der untersuchten Tiere beschrieben, die bei älteren Schafen am signifikantesten war. Die Untersuchung bestätigte, dass die BCS und EpG-Werte bei den Schafen negativ korrelieren, insbesondere bei älteren Mutterschafen. Laut Autoren macht die Anwendung von TST bei laktierenden Schafen mit einem BCS $<2,25$ insbesondere bei älteren Mutterschafen Sinn und würde zu einer deutliche Verringerung der GIN-Eierkontamination auf der Weide führen (49).

Die Verwendung von BCS als Parameter für die Implementierung von TST wird auch von spanischen Forscher:innen als sehr effizient beschrieben. Diese behandelten ausschließlich Schafe (hauptsächlich Haarschafassen) mit einem BCS <2 , da die meisten Tiere BCS >2 laut Autor die GIN-Belastung erdulden können und daher keine anthelminthische Behandlung notwendig ist (50).

Gegensätzlich dazu, konnte bei Lämmern (Kreuzungen und Krainer Steinschafe) in einer österreichischen Studie kein Zusammenhang zwischen BCS und der Eiausscheidung von GIN festgestellt werden (8). Ergänzend dazu konnte auch eine Meta-Analyse keine höhere Eiausscheidung mit einer schlechteren Körperkondition in Verbindung bringen (51).

3. Tiere, Material und Methodik

3.1. Auswahl der Betriebe und Tiere

Die teilnehmenden Milchschaftbetriebe erklärten sich im Zuge eines Fragebogens der Universitätsklinik für Wiederkäuer (Veterinärmedizinischen Universität Wien) zu einer Datenerhebung, einer zusätzlichen Kotprobenentnahme und der Erhebung von klinischen Parametern bereit. Insgesamt beantworteten 23 Betriebe den Fragebogen vollständig und 16 stimmten einer Teilnahme an der klinischen Studie am Tier zu. Zur Beurteilung der klinischen Parameter wurden bei der Bewertung des FAMACHA[©] Scores und des BCS, wie auch der rektalen Kotprobenentnahme Standard Operation Procedures (SOPs) angewendet. Von den 16 Betrieben erfüllten insgesamt 1.299 Schafe die Kriterien für eine Probenentnahme. Bei Schafen, die am Tag des Betriebsbesuches offensichtliche Erkrankungen zeigten, wurde keine rektale Kotprobenentnahme durchgeführt. Tiere, bei denen kein oder zu wenig Kot entnommen werden konnte oder Schafe, die vor dem Betriebsbesuch durch z.B. Verkauf oder Schlachtung nicht mehr am Betrieb waren, wurden ebenfalls von den Untersuchungsergebnissen ausgeschlossen. Schlussendlich wurden 104 Milchschafe aus der Studie exkludiert und 1.195 Milchschafe in die Berechnung der Ergebnisse dieser Arbeit miteinbezogen. Die ausgewählten Betriebe befanden sich in Oberösterreich (n=5), Kärnten (n=4), Niederösterreich (n=3), Steiermark (n=2), Salzburg (n=1) und Tirol (n=1). Es wurden folgende Rassen beprobt: Lacaune, Krainer Steinschaf und ostfriesisches Milchschaft und daraus entstandene Mischformen.

3.2. Betriebsbesuche und Kotprobenentnahme

Die Betriebsbesuche und Beurteilungen der Milchschafe fanden von Februar 2022 bis Juni 2022 statt und wurden von mehreren Projektmitarbeiter:innen durchgeführt. Bei Schafen, die sich in den ersten zwei Dritteln der Laktation befanden, wurde eine Kotprobe entnommen, wie auch der FAMACHA[©] Score und der BCS erhoben. Die Tieranzahl pro Betrieb lag zwischen 17 bis 161 Schafe (Medianwert=81).

Die Probenbecher wurden mit fortlaufenden Nummern beschriftet, welche der passenden Ohrmarkennummer des beprobten Tieres auf einer vorbereiteten Liste zugeteilt werden konnte. Den Tieren wurde mit Einweghandschuhe und Gleitgel Kot aus der *Ampulla recti* entnommen. Die gewonnenen Einzelkotproben wurden in 100 ml Plastikbecher überführt und in einer Styroporbox mit Kühlakkus gegeben.



Abb. 3: Kotproben in Styroporbox mit Kühllakkus (Veterinärmedizinische Universität Wien)



Abb. 2: Einzelkotprobe im Probenbecher (Veterinärmedizinische Universität Wien)

Zur weiteren Diagnostik wurden die Proben an das Institut für Parasitologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien gebracht. Die Einzelkotproben wurden bei 4–6 °C gekühlt gelagert und am selben oder darauffolgenden Tag von Projektmitarbeiter:innen, ebenfalls einer vorher festgelegten SOP folgend, parasitologisch untersucht.

3.3. Durchführung des FAMACHA® und BCS-Scorings

Die Beurteilung der klinischen Parameter wurde durch eine betreuende Tierärztin der Universitätsklinik für Wiederkäuer und einer bzw. zwei Studentinnen, welche sich im letzten Studienabschnitt befanden, durchgeführt. Die Studierenden wurden vor den Betriebsbesuchen mit Hilfe der SOPs für die Probenentnahme und Parameterwertung instruiert. Ein Teil der insgesamt 1.195 Schafe wurde von allen drei Beurteilerinnen unabhängig voneinander anhand deren Lidbindehautfarbe und Körperkondition bewertet.

3.3.1. FAMACHA® Scoring

Die Beurteilung der Schleimhäute am Kopf eines Schafes können ein Hinweis auf anämische Zustände des Tieres geben. Anhand einer FAMACHA® Score Untersuchungskarte kann die Schleimhautfarbe der Augen beurteilt werden (Abb.4). Die Karte zeigt eine Skala mit fünf Kategorien (1=nicht anämisch bis 5=stark anämisch).

Durch beidseitiges Anlegen der Karte neben dem Auge des Tieres kann die Farbe der Lidbindehaut beurteilt und anschließend einem Grad zugeteilt werden.



Abb.4: FAMACHA® Beurteilungskarte extrahiert aus Zajac et al. 2016

Für eine adäquate Beurteilung der unteren Lidmukosa in Abstimmung mit der FAMACHA® Score Karte, wird der Kopf mit einer Hand am Unterkiefer umgriffen und mit dem Daumen der anderen Hand der Bulbus leicht in die Tiefe gedrückt. Danach wird das Unterlid nach außen gezogen damit sich die Schleimhaut am Unterlid hervorstülpen kann. So wird eine irrtümliche Bewertung der Oberfläche des inneren Augenlids verhindert. Anschließend kann durch Anlegen der Farbkarte der Score ermittelt werden. Für ein aussagekräftiges Ergebnis muss dies an beiden Augen durchgeführt und der jeweils höhere Score als Wert angenommen werden.

3.3.2. BCS-Scoring

Zur Ermittlung der Körperkondition wurde der Body Condition Score (BCS) verwendet. Um den Ernährungszustand der Milchschafe zu erheben, wurden diese fixiert und in der Lumbalregion abgetastet. Dabei wird beidseits die Bemuskelung, die Dornfortsätze der Wirbelsäule und die Fettauflagerung beurteilt. Die Einteilung erfolgte von Kategorie 1 „abgemagert“ bis Kategorie 5 „fett“. Für eine einheitliche Datenerhebung verwendeten die Beurteiler:innen eine SOP (Abb.6), welche von Mag. med. vet. Floriana Sajovitz (Veterinärmedizinische Universität Wien), modifiziert nach Leeb et al. 2007 und Braunreiter 2012, erstellt wurde.

Da der Ernährungszustand je nach Laktationsphase etwas schwankt, befindet sich der Optimalbereich für die Körperkondition eines Schafes zwischen Kategorie 2 bis 3,5 (47).

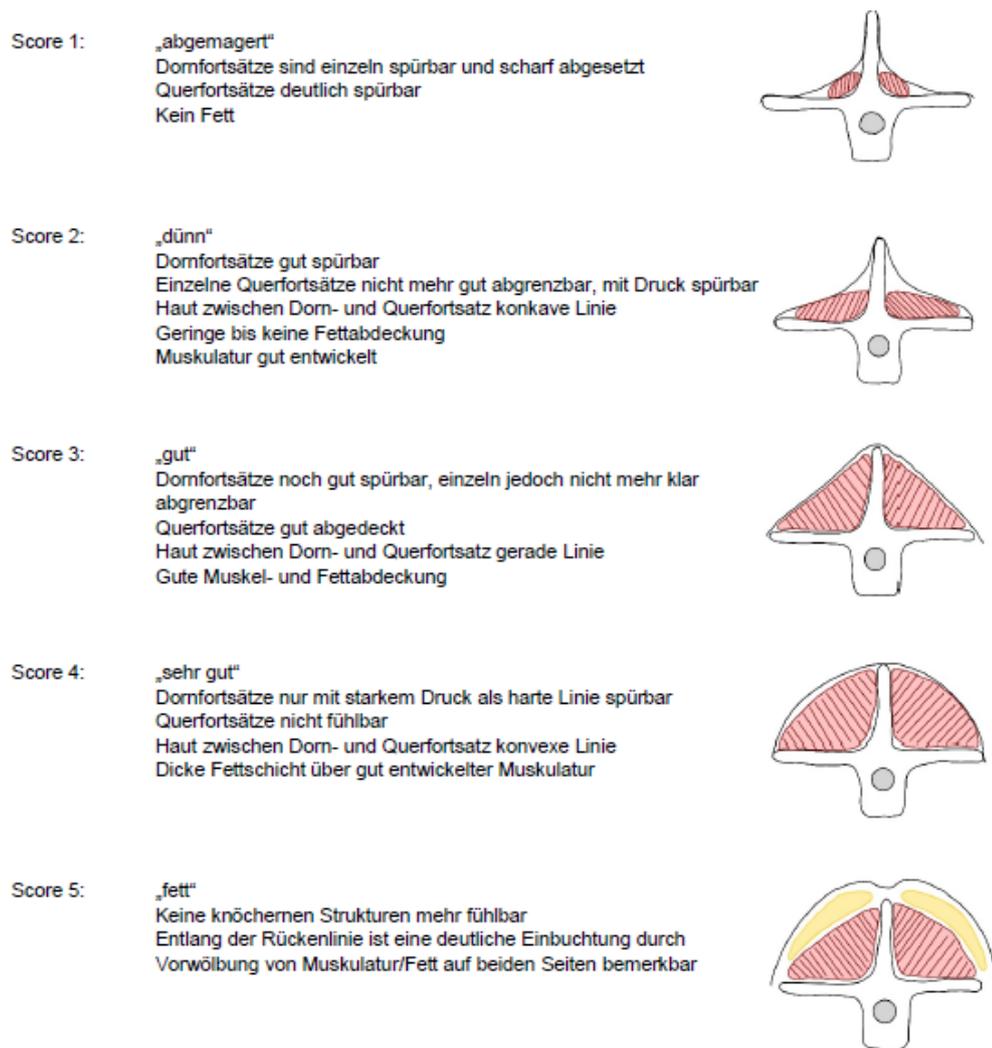


Abb. 5: Standard Operating Procedure (SOP) zur Beurteilung des Body Condition Scores (BCS) beim Schaf von Mag. med. vet. Floriana Sajovitz (Veterinärmedizinische Universität Wien) extrahiert aus Leeb et al. 2007 und Braunreiter 2012

3.4. Parasitologische Kotuntersuchung

Nach der Kotprobenentnahme wurden diese im Labor der Parasitologie an der Veterinärmedizinischen Universität Wien untersucht. Zur Ermittlung der Eier pro Gramm Kot (EpG) wurde in dieser Studie das Mini-FLOTAC-System angewendet. Dabei wurden 5 g der Kotprobe entnommen und in eine Reibschale gegeben. Im nächsten Schritt wurden 45 g Kochsalzlösung hinzugefügt und das Gemisch mit einem Pistill homogenisiert. Anschließend wurde das Probengemisch in einen Plastikbecher gegeben und mit einem Magnetrührer (IKA-

COMBIMAG REO, Janke & Kunkel GmbH u. Co. KG, Deutschland) in Bewegung gehalten. Mittels einer Einwegpipette wurden je 1 ml Kotsuspension in die zwei Kammern des Mini-FLOTAC-Systems gefüllt.

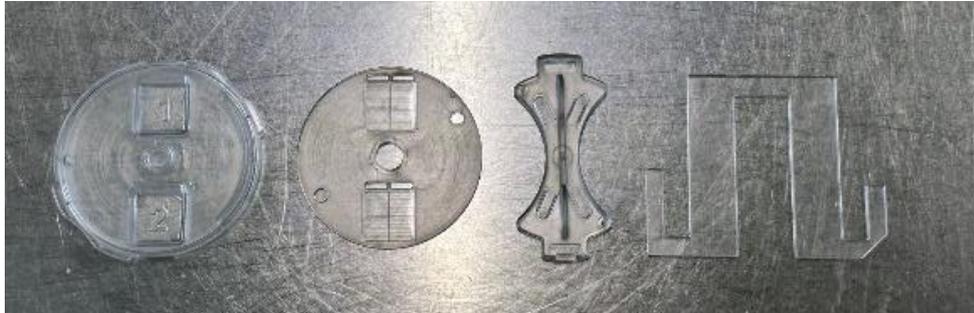


Abb. 6: Teile des Mini-FLOTAC Systems von links nach rechts: Boden, Deckel, Umdrehschlüssel, Mikroskop-Adapter (Veterinärmedizinische Universität Wien)

Nach einer Flotationsdauer von zehn Minuten wurde der Umdrehschlüssel aufgesetzt und das Mini-FLOTAC-System 90° im Uhrzeigersinn gedreht (Abb. 8) und in ein Lichtmikroskop (Eclipse Ci-S, 100 x Vergrößerung, Nikon, Wien, Österreich) eingelegt. Die beiden Felder wurde mit 100facher Vergrößerung mäanderförmig mikroskopiert und die Anzahl der Eier mit einem Handzähler dokumentiert (Abb.9).

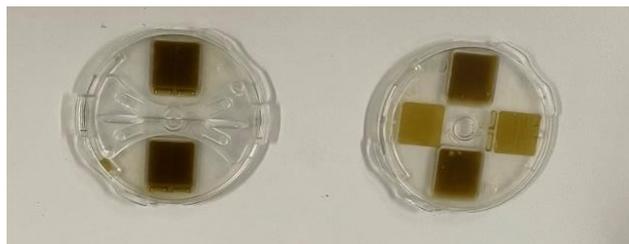


Abb. 7: Mini-FLOTAC System vor (links) und nach (rechts) der 90° Drehung; die auf der rechten Scheibe sichtbaren horizontalen Kammer werden für die Auszählung verwendet (Veterinärmedizinische Universität Wien)

Zuerst wurden die Trichostrongylideneier pro Kammer gezählt und anschließend addiert, um die Gesamtanzahl zu erhalten. Anschließend konnten die Eier pro Gramm Kot mit folgender Formel berechnet werden:

$$EPG = \text{Eianzahl beider Zählkammern} \times \frac{45 + 5}{2 * 5}$$

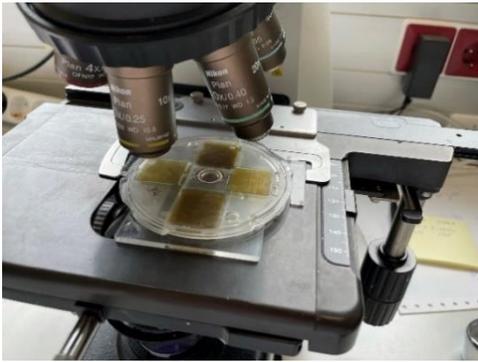


Abb. 8: Mini-FLOTAC-System mit Mikroskop-Adapter im Lichtmikroskop bei 100facher Vergrößerung (Veterinärmedizinische Universität Wien)

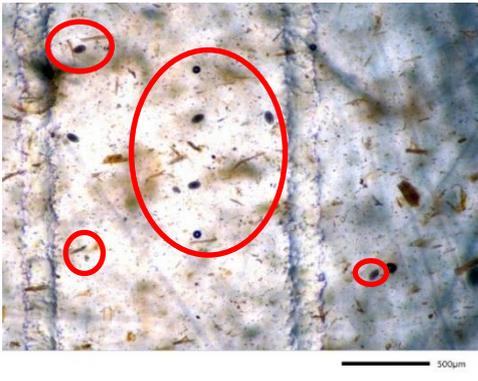


Abb. 9: MDS-Eier (innerhalb der roten Kreise sichtbar) unter dem Lichtmikroskop bei 100facher Vergrößerung (Veterinärmedizinische Universität Wien)

3.5. Statistik

Die erhobenen Daten wurden mit Microsoft Excel[®] 2016 und zur weiterführenden statistischen Auswertung mit dem Statistikprogramm SPSS[®] (Version 28, IBM SPSS Statistics, New York, USA) bearbeitet. Zu Beginn wurden die EpG-Daten in SPSS[®] logarithmiert (\log_{10}) und anhand des Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors-Tests eine Normalverteilung getestet. Die Werte der Eiausscheidung (EpG) waren nicht normalverteilt. Für den FAMACHA[®] Score und BCS wurde die Beurteilungsergebnisse von Beurteilerin 1 verwendet. Falls kein Wert von Beurteilerin 1 vorhanden war, wurden die Werte von Beurteilerin 2 oder folgend von Beurteilerin 3 für die Berechnungen herangezogen. Anhand der Daten der Betriebsbesuche wurden für den FAMACHA[®] Score, wie auch den BCS, das erste und dritte Quartil, der Median, wie auch das Maximum und Minimum pro Betrieb berechnet.

Anschließend wurden die EpG-Werte in folgende vier Klassen eingeteilt: unter dem Detektionslimit (<5 EpG), niedrige (5 bis 500 EpG), mittlere (501 bis 1000 EpG) oder hohe Ausscheidung (>1000 EpG) (52). Der Zusammenhang zwischen dem EpG-Wert, dem FAMACHA[®] Score und dem BCS wurde mit dem Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten (Korrelation zwischen -1 und +1) und dessen 95 % Konfidenzintervalls (95 % KI) errechnet. Der p-Wert $<0,05$ gilt in diesem Zusammenhang als statistisch signifikant.

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der klinischen Parameter

4.1.1. FAMACHA® Score

Das FAMACHA® Scoring wurde von drei Beurteilerinnen durchgeführt, welche insgesamt 1.872 Bewertungen an 1.195 Milchschaafen auf 16 Höfen durchführten. Beurteilerin 1 (Tierärztin) begutachtete 337 Tiere, Beurteilerin 2 und Beurteilerin 3 (Studierende) beurteilten jeweils 961 bzw. 574 Schafe.

In Abb. 10 ist zu erkennen, dass der Großteil der Schafe (n=522; 44 %) einen FAMACHA® Score 2 zeigte. Den Score 1 zeigten 352 Tiere (29 %) und 249 Schafe (21 %) wurden mit dem Score 3 bewertet. Nur insgesamt 6 % der Milchschaafe wiesen einen FAMACHA® Score 4 oder 5 auf.

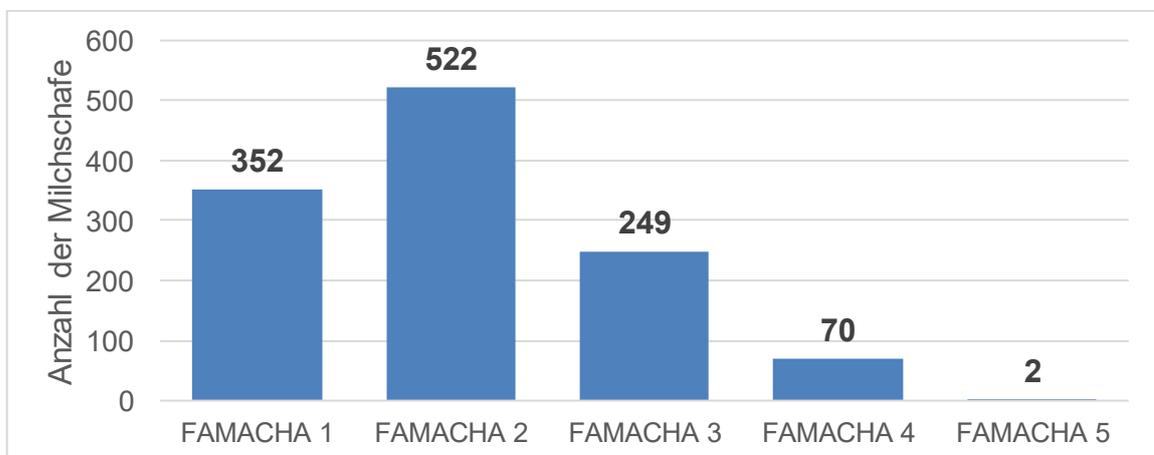


Abb: 10: Absolute Häufigkeiten des FAMACHA® Scores 1–5 von 1.195 beprobten Milchschaafen von 16 Betrieben in Österreich (Score 1 = rot bis Score 5 = weiß)

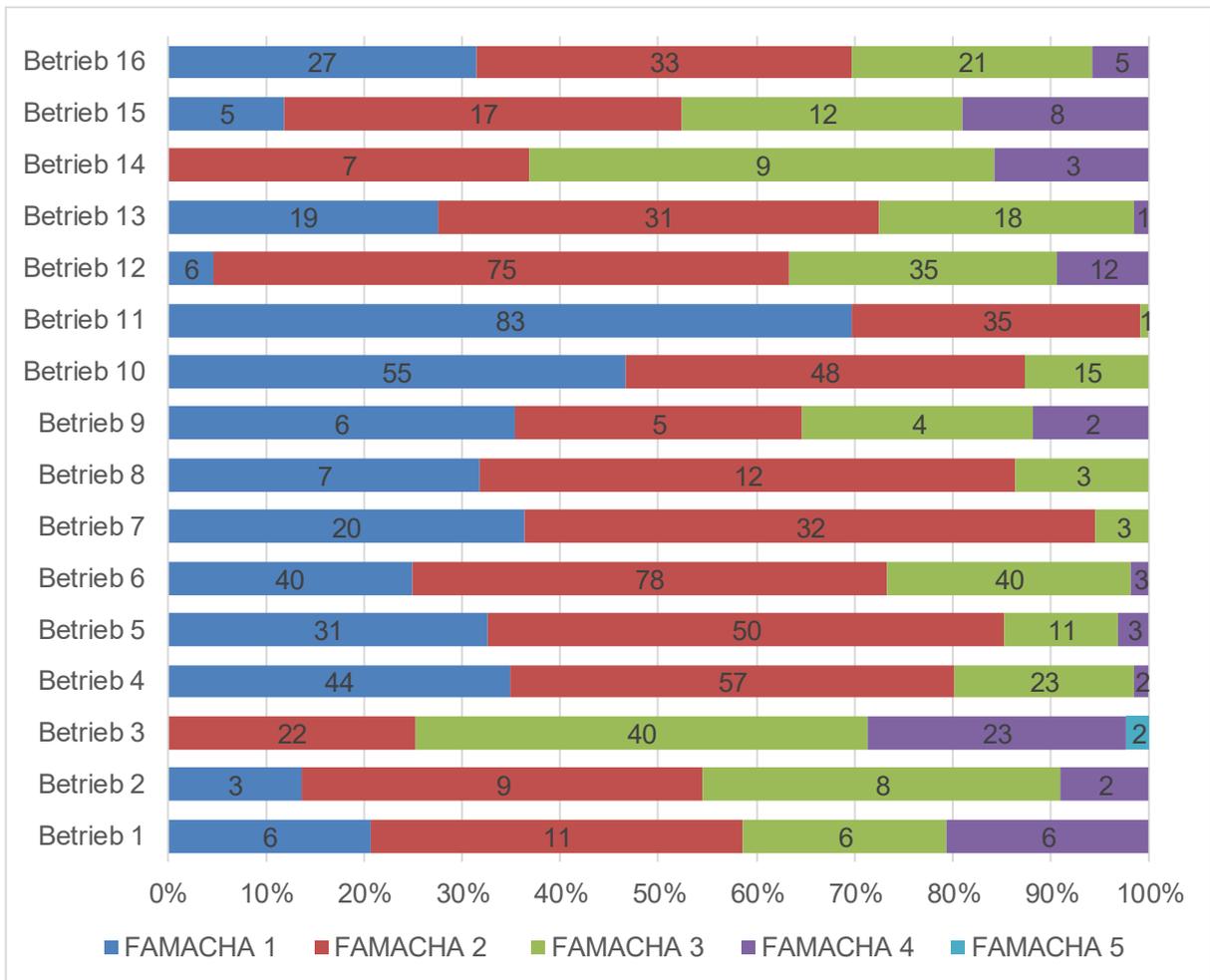


Abb. 11: Überblick der Ergebnisse des FAMACHA® Scorings (relative Häufigkeit) von 16 Milchschafbetriebe in Österreich (n=1.195)

Im Vergleich der Betriebe untereinander (Abb. 11) wurde festgestellt, dass in Betrieb 3 keines der Schafe einen Score 1 zeigte. Jedoch haben von den insgesamt 87 Schafen auf diesem Betrieb 40 Tiere einen Score 3 (46 %). Von den restlichen Schafen zeigten 23 Tiere einen Score 4 (26 %) und zwei Tiere einen Score 5. Betrieb 3 war der einzige mit Tieren, welche einen FAMACHA® Score 5 aufwiesen. Gemeinsam mit Betrieb 14 zeigte er mit einem Medianwert von 3,0 in dieser Erhebung den höchsten Wert (Tab.1).

Tab. 1: Ergebnisse des FAMACHA® Scorings (Maximum, Minimum, Quartil 1, Median, Quartil 3) von 1.195 Milchschafern auf 16 österreichischen Milchschaferbetrieben.

Betriebsnummer	Anzahl Schafe	Maximum	Minimum	Q1	Median	Q3
1	29	4,0	1,0	2,0	2,0	3,0
2	22	4,0	1,0	2,0	2,0	3,0
3	87	5,0	2,0	2,0	3,0	4,0
4	126	4,0	1,0	1,0	2,0	2,0
5	95	4,0	1,0	1,0	2,0	2,0
6	161	4,0	1,0	1,5	2,0	3,0
7	55	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0
8	22	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0
9	17	4,0	1,0	1,0	2,0	3,0
10	118	3,0	1,0	1,0	2,0	2,0
11	119	3,0	1,0	1,0	1,0	2,0
12	128	4,0	1,0	2,0	2,0	3,0
13	69	4,0	1,0	1,0	2,0	3,0
14	19	4,0	2,0	2,0	3,0	3,0
15	42	4,0	1,0	2,0	2,0	3,0
16	86	4,0	1,0	1,0	2,0	3,0

4.1.2. Body Condition Score

Auch die Körperkondition wurden von drei Beurteilerinnen durchgeführt und insgesamt 1.684 BCS-Bewertungen an 1.195 Schafen auf 16 österreichischen Milchschaferbetrieben durchgeführt. Beurteilerin 1 bewertete den BCS von 1.153 Tieren und die Studierenden, also Beurteilerin 2 und 3, führten bei jeweils 256 und 275 Schafen die Bewertungen durch.

Die meisten Milchschafer zeigten laut den Erhebungen (Abb.12) einen BCS von 2,0 (n=307; 26 %). Insgesamt wurden 40 % der Schafe mit einem BCS von 2,0 bis 2,5 bewertet (n=479). Etwas mehr als ein Drittel hatte einen BCS von 1,0 bis 1,5 (n=389) und knapp ein Viertel lagen zwischen einem BCS von 3,0 und 3,5 (n=288). Lediglich 3 % wurden mit einem BCS 4,0 bzw. 4,5 bewertet. Zudem erreichte keines der Schafe einen BCS von 5,0. Insgesamt zeigten 928 Schafe, also rund 78 %, ein BCS-Level zwischen 1,5 und 3,0 und stellen somit den überwiegenden Anteil der Milchschafer in der untersuchten Stichprobe dar (n=928).

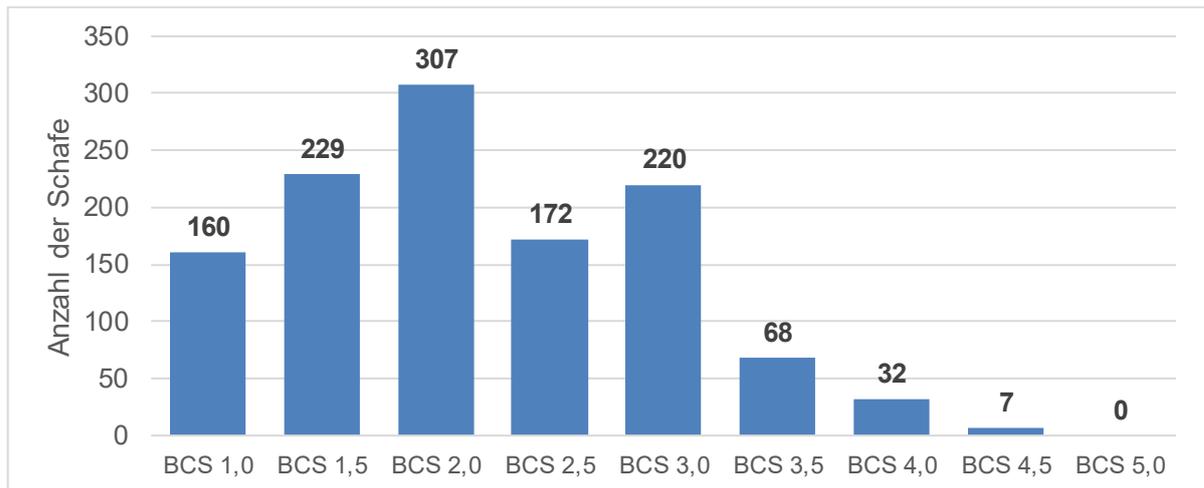


Abb. 12: Absolute Häufigkeiten der BCS-Klassen auf 16 Betrieben in Österreich von 1.195 Milchschaafen

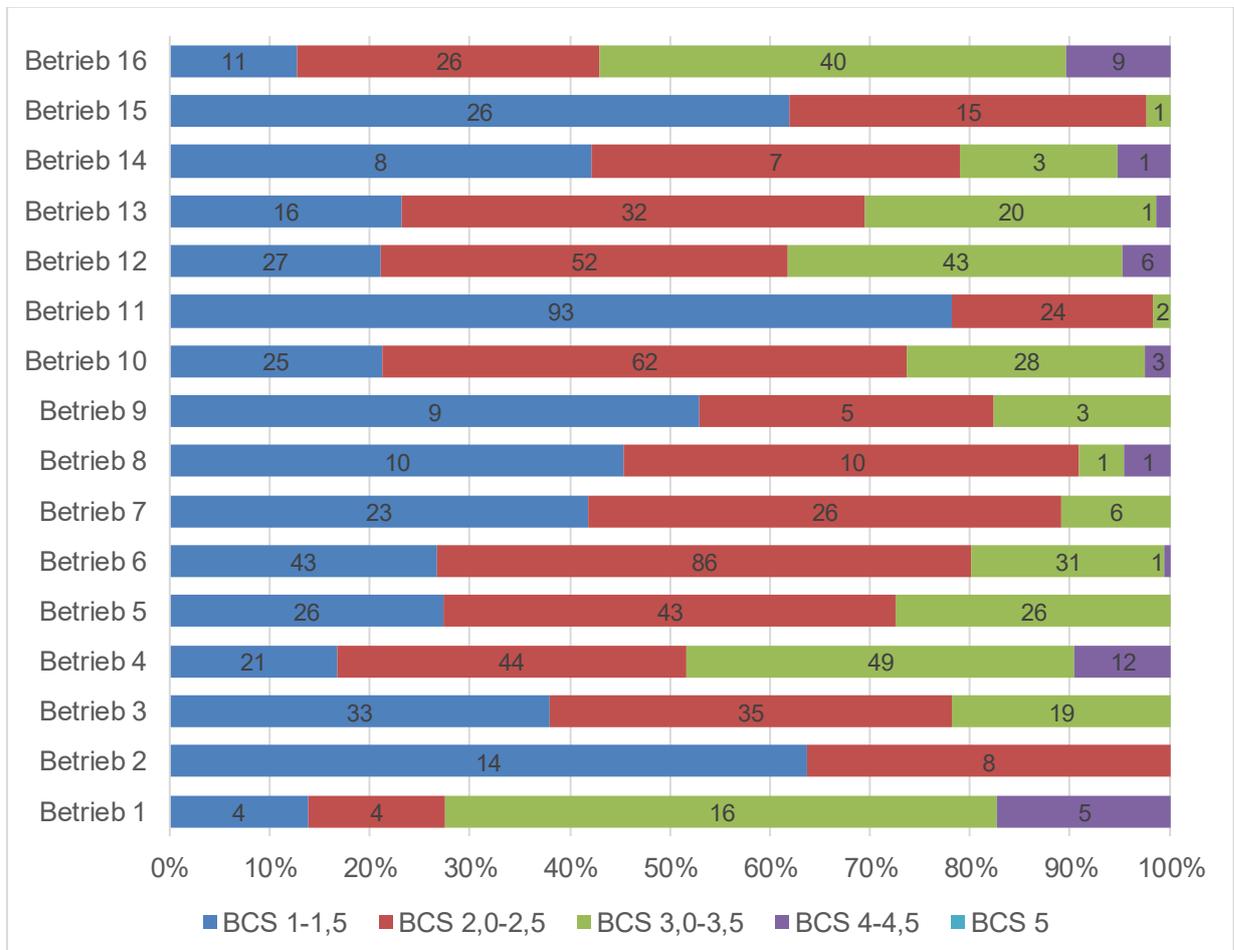


Abb. 13: Überblick über die Ergebnisse des Body Condition Scorings (relative Häufigkeit) in 16 österreichischen Betrieben. Die Werte wurden in vier Gruppen eingeteilt: BCS 1–1,5; 2,0–2,5; 3,0–3,5; 4,0–4,5. Es wurden keine Tiere mit einem BCS von 5,0 beurteilt.

Im Vergleich der Betriebe untereinander (Abb.13) zeigen sich Betrieb 2, 11 und 15 auffällig. So befinden sich in Betrieb 11 knapp 80 % der Tiere im BCS-Bereich von 1,0 bis 1,5 (abgemagert). Auch auf Betrieb 2 und 15 sind mehr als die Hälfte der Schafe zwischen einem BCS von 1,0 bis 1,5. In Abb. 14 ist die verhältnismäßig niedrige BCS-Bewertung der drei Betriebe ebenfalls mit einem Medianwert von 1,5 gut ersichtlich.

Tab. 2: Ergebnisse des Body Condition Scorings (Maximum, Minimum, Quartil 1, Median, Quartil 3) von 1.195 Milchschaafen auf 16 österreichischen Milchschaafbetrieben.

Betriebsnummer	Anzahl Schafe	Maximum	Minimum	Q1	Median	Q3
1	29	4,5	1,0	2,5	3,0	3,5
2	22	2,5	1,0	1,0	1,5	2
3	87	3,5	1,0	1,5	2,0	2,5
4	126	4,5	1,0	2,0	2,5	3,5
5	95	3,5	1,0	1,5	2,0	3,0
6	161	4,0	1,0	1,5	2,0	2,5
7	55	3,5	1,0	1,5	2,0	2,0
8	22	4,0	1,0	1,0	2,0	2,0
9	17	3,5	1,0	1,0	1,5	2,5
10	118	4,5	1,0	2,0	2,25	3,0
11	119	3,0	1,0	1,0	1,5	1,5
12	128	4,5	1,0	2,0	2,5	3,0
13	69	4,0	1,0	2,0	2,0	3,0
14	19	4,0	1,0	1,0	2,0	2,5
15	42	3,0	1,0	1,5	1,5	2,0
16	86	4,5	1,0	2,5	3,0	3,5

4.2. Eiausscheidung

In jedem der 16 Betriebe wurde ein MDS-Befall nachgewiesen. Von den insgesamt 1.195 Milchschaafen wurden bei 95 % (n=1.132) der Tiere eine Eiausscheidung nachgewiesen. Die restlichen 5 % (n=63) schieden zum Zeitpunkt der Kotprobenentnahme keine bzw. weniger als 5 EpG aus und lagen unter dem Detektionslimit des Mini-FLOTAC-Systems bei Wiederkäuern. Die EpG-Werte der 1.195 Kotproben lagen zwischen 0 und 20.175 EpG. Die Einteilung der Schafe in EpG-Klassen und nach Grad der Infektion erfolgte nach Taylor et al. (2010) (52).

Tab. 3: Eiausscheidung von 1.195 Milchschaafen von 16 österreichischen Betrieben eingeteilt in Grad der Infektion und EpG Klassen: <5 EpG; 5–500 EpG; 501–1000 EpG; >1000 EpG

Grad der Ausscheidung	EpG Klasseneinteilung	Anzahl der Schafe	% Anteil
negativ	<5	63	5%
ggr.	5–500	695	58%
mgr.	501–1000	147	12%
hgr.	>1000	290	24%

4.3. Zusammenhang der MDS-Eiausscheidung und der klinischen Parameter

Der Zusammenhang zwischen der MDS-Eiausscheidung und den beiden klinischen Parametern, FAMACHA[®] Score und BCS, werden in Tab. 4 dargestellt. Die Korrelation zwischen der Eiausscheidung und dem FAMACHA[®] Score ist signifikant und kann mit einem Wert von 0,196 als schwach positiv beschrieben werden ($p < 0,001$). Je mehr Eier die Schafe ausscheiden, desto höher ist auch der FAMACHA[®] Score. Der Zusammenhang zwischen dem EpG und BCS ist ebenfalls signifikant und ist mit -0,156 schwach negativ ($p < 0,001$). Je niedriger der Score für die Körperkondition der Tiere beurteilt wurde, desto mehr Eier schieden die Milchschaafe aus.

Werden nur die Schafe, die laut der FAMACHA[®] Farbkarte für eine eventuelle bzw. vorgesehene Entwurmung kategorisiert werden (Score 3–5) in die Berechnungen herangezogen ($n=321$), kann ein noch schwächerer Zusammenhang beschrieben werden ($r=0,148$; $p=0,008$). Bei Verwendung der Daten von Schafen mit einem BCS unter Score 3, war ebenfalls eine schwächere negative Korrelation erkennbar ($r=-0,094$; $p=0,002$).

Tab. 4: Zusammenhang (Spearman Rangkorrelationskoeffizient r) zwischen der Ausscheidung von gastrointestinalen Nematodeneiern und den klinischen Parametern FAMACHA[®] Score und BCS inklusive unterem und oberem 95 % Konfidenzintervall (KI).

klinischer Parameter		Anzahl Tiere	Spearman Rangkorrelationskoeffizient (r)		unteres 95 % KI		oberes 95 % KI	
FAMACHA [®] Score		1195	0,196		0,139		0,251	
FAMACHA [®] Score 3–5		321	0,148		0,036		0,256	
BCS		1195	-0,156		-0,212		-0,098	
BCS <3		1088	-0,094		-0,154		-0,033	
FAMACHA [®] Score 3–5	BCS <3	308	0,138	-0,123	0,023	-0,241	0,250	-0,014

Es wurden ebenfalls die Korrelation zwischen dem EpG und den Milchschaafen, die einen BCS <3 und einen FAMACHA[®] Score 3,4 oder 5 zeigten errechnet ($n=308$). Der Zusammenhang bei dieser Gruppe war zwischen dem EpG und dem FAMACHA[®] Score schwach positiv und zwischen dem EpG und dem BCS schwach negativ (Tab.4).

5. Diskussion

Magen-Darm-Strongyliden (MDS), insbesondere die Familie der Trichostrongyliden, haben in Schafbeständen weltweit eine enorme Bedeutung. Die hohe Pathogenität bestimmter Arten und die weite Verbreitung machen die Bekämpfung und das Weidemanagement zu einer großen Herausforderung (7, 8, 22).

Beurteilungsmethoden, wie der BCS und FAMACHA[®] Score, werden für die Verfolgung der Ziele der gezielten selektiven Behandlung (TST) verwendet und können für Laien durch Übung und gute Vorbereitung durch erfahrenere Beurteiler:innen gut und kostengünstig am Betrieb integriert werden. Solche tierbezogenen klinischen Parameter können Hinweise auf die Auswirkung von Endoparasiten beim Tier geben (18). Eine Kombination mehrerer Methoden ist hier sinnvoll, da einzelne Messungen oder die Anwendung nur einer Methode für eine effektive Parasitenüberwachung nicht ausreichend sind (16).

Die Forschung dieser Arbeit konzentrierte sich auf den Zusammenhang der Eiausscheidung von gastrointestinalen Nematoden und der klinischen Parameter FAMACHA[®] Score und BCS bei Milchschaafen in Österreich. Alle 16 untersuchten Betriebe waren von einem MDS-Befall betroffen und 95 % der Schafe (n=1.132) waren infiziert.

Die schwach positive Korrelation ($r=0,196$; $n=1.195$; $p<0,001$) zwischen dem FEC und dem FAMACHA[®] Score ist den Ergebnissen von drei anderen österreichischen Untersuchungen der letzten Jahre ähnlich. Diese beschrieben ebenfalls keinen bzw. keinen starken Zusammenhang zwischen der Farbe der Konjunktiven und dem EpG. Durch die Verwendung eines anderen diagnostischen Verfahrens (McMaster Methode) zur Erhebung der Eiausscheidung und anderer statistische Berechnungen ist jedoch kein direkter Vergleich mit den Ergebnissen möglich (9, 10, 12).

Wesentlich ist, dass der FAMACHA[®] Score keinen Nutzen bei der Erkennung der Hochausscheider in der Schafherde hat, sondern genutzt wird, um das Anämierisiko aufgrund von einer Infektion mit blutsaugenden Endoparasiten zu erkennen (16). Die Veränderung der Farbe der Lidbindehäute der Schafe kann, abgesehen von *H. contortus*, auch von anderen Parasiten, wie beispielsweise *Fasciola* oder *Eimeria* hervorgerufen werden (53). Zusätzlich können auch eine hohe Schadstoffkonzentration im Stall oder Wettereinflüsse Augenreizungen bei Schafen verursachen. Auch bei der Erhebung des FAMACHA[®] Scores kann durch eine zu lange Manipulation der Augen, die Lidbindehaut gereizt werden und sich in weiterer Folge vermehrt rötlich präsentieren. Außerdem sind zur Bestimmung des

FAMACHA® Scores bestmögliche Lichtverhältnisse und die Beurteilung beider Augen, unter Einbeziehung des jeweils höheren Scores, sehr wichtig.

Hinsichtlich der Eiausscheidung und der Körperkondition der Schafe (BCS) wurde eine schwach negative Korrelation ($r=-0,156$; $n=1.195$; $p<0,001$) errechnet. Diese Ergebnisse stimmen ebenfalls mit anderen Studien aus Italien und Kanada überein, die einen schwachen negativen Zusammenhang zwischen FEC und dem BCS beschreiben ($r=-0,163$; $r=-0,232$) (49, 54). Die Effekte von GIN auf die Körperkondition von Schafen wurden in einer Metaanalyse evaluiert, die zu dem Schluss kam, dass eine höhere Eiausscheidung mit einer schlechteren Körperkondition nicht in Verbindung gebracht werden kann (43). Auch eine Studie aus Österreich konnte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Ernährungszustand und dem FEC finden (9). Beim Vergleich der Studien untereinander muss auch hier auf die unterschiedlichen Kotprobentechniken (McMaster Methode) und statistischen Berechnungsmethoden hingewiesen werden.

Des Weiteren ist zu sagen, dass der Zusammenhang zwischen der Ausscheidung von gastrointestinalen Nematoden und dem BCS stark vom Zeitpunkt der Probenentnahme abhängig ist. Die vermehrte Eiausscheidung der Mutterschafe rund um die Geburt der Lämmer, das hypobiotische Potenzial der Wurmspezies und die Klimabedingungen sind zu berücksichtigen (22, 26). Folglich muss hier angemerkt werden, dass sich die Korrelation in einem anderen Beprobungszeitraum wahrscheinlich anders zeigen würde.

Ein Großteil der in dieser Studie untersuchten Schafe zeigte einen niedrigen BCS, obwohl diese laut Landwirt:innen vorher regelmäßig entwurmt wurden. Aufgrund dieser Beobachtung müssen andere Faktoren, welche die Körperkondition beeinflussen, in die Interpretation miteinbezogen werden. Die Ausprägungen der klinischen Symptome hängen vom Alter, der Immunität, von Unterschieden der Körperkonditionen innerhalb der Rasse und dem Infektionsdruck der Herde ab (44). Eine quantitativ wie auch qualitativ nicht adäquate Fütterung kann zu verminderten aber auch erhöhten Körperkonditionen führen. Milchschafe sollten zum Zeitpunkt der Geburt nicht unter einem BCS von 3,5 liegen und nie weniger als einen BCS von 2,0 Richtung Ende der Hochlaktation zeigen (47). Fehler, wie eine falsche Deckzeitpunktberechnung und daraus folgend eine nicht dem Trächtigkeitsstatus angepasste Ration oder schlechte Futterhygiene sowie Lagerung können großen Einfluss haben. Auch Erkrankungen der Tiere (Zahnprobleme, orthopädische Probleme, etc.) oder ein niedriger Rang in der Herde können zu verminderter Futteraufnahme führen (48). Negativ beeinflussende Faktoren müssen betriebsspezifisch evaluiert und bekämpft werden. Durch

eine regelmäßige Beurteilung der Körperkondition können Veränderungen innerhalb der Herde, aber auch in Bezug auf einzelne Tiere, erkannt werden.

Eine der Haupteinschränkungen in dieser Studie war die einmalige Probenentnahme auf den landwirtschaftlichen Betrieben zwischen Februar 2022 und Juni 2022. Einige Tiere hatten teilweise bereits Weideausgang, während andere Landwirt:innen die Herde noch im Stall hielten. Das Auftreten der Parasiten ist jedoch saisonbedingt unterschiedlich (10, 16) und könnte so die erhobenen Daten der Kotprobenuntersuchung beeinflusst haben. Außerdem scheiden infizierte Schafe häufig in unregelmäßigen Abständen größere oder kleinere Mengen an Eier über den Kot aus.

Zudem muss das niedrige Detektionslimit der Mini-FLOTAC Methode beim Wiederkäuer von 5 EpG erwähnt werden. Negativ beurteilte Schafe können trotzdem bis 4 EpG ausscheiden, welche von der Kotprobentechnik nicht erkannt werden. Die vier Kategorien zur Einteilung der Eiausscheidung wurden nach Vorbild von Taylor et al. (2010) festgelegt (52). Unterschiedliche Studiendesigns anderer Erhebungen, welche beispielsweise andere Grenzwerte und diagnostische Methoden heranziehen, sind bei einem Vergleich der Ergebnisse zu beachten.

Laut den Resultaten dieser Forschung ist es nicht möglich Hochausscheider einer Schafherde lediglich durch die zwei beschriebenen klinischen Parameter zu detektieren. Die bereits besprochenen übrigen Faktoren, die die klinischen Parameter und die Eiausscheidung beeinflussen können, müssen demnach berücksichtigt werden. Schafe mit einer hochgradigen Eiausscheidung zeigen oft keine klinisch veränderten Parameter. Bei anthelminthischen Behandlungen, die lediglich auf klinische Anzeichen basieren, besteht somit die Gefahr, Hochausscheider, die für die hauptsächliche Weidekontamination und Reinfektion anderer Tiere in der Herde verantwortlich sind, nicht zu erkennen. Hingegen ist die Entwurmung, basierend auf den FEC eine gute Methode, um die Kontamination der Weide zu reduzieren.

Der derzeit immer noch hohe Kostenfaktor für die Diagnostik von Einzelproben zur Bestimmung des FEC für den Schafbetrieb ist hier abschließend noch zu erwähnen. Das Einsenden von gepoolten Proben und eine durchgeführte Larvenkultur mit Differenzierung der Parasitengattungen ermöglicht eine Zuordnung der gastrointestinalen Nematoden in der Herde. Beispielsweise kann bei *Haemonchus* positiven Betrieben und einem zusätzlich hohen FAMACHA[®] Score auf einen durch diesen hämatophagen Parasiten ausgelöste Anämie und somit eine notwendige Entwurmung rückgeschlossen werden. Dementsprechend ist die Integration solcher klinischen Parameter, die in regelmäßigen Abständen beurteilt werden von

Vorteil, um bei Veränderungen in der Herde dementsprechend reagieren zu können. So empfehlen Van Wyk und Bath (2002) bei Anzeichen einer Verschlechterung des durchschnittlichen Anämiegrades der Herde trotz der Entwurmung von Tieren aus den FAMACHA® Kategorien 3-5, auch Tiere mit einem Score 2 zu behandeln. Die Erhebung mehrerer Daten pro Tier und die Verlaufskontrolle des tierbezogenen Parameters sind von großer Bedeutung (16).

Abschließend ist zu sagen, dass eine Wiederholung der Studie erstrebenswert wäre. Einerseits um den Probenzeitpunkt in die Weidesaison zu verschieben und den Effekt der klinischen Parameter in der Weidesaison zu erheben. Andererseits sollte die Beprobung mehrmals, vor allem zu Beginn, während und nach der Beweidung durchgeführt werden um die Entwicklung der Parameter in Abhängigkeit des Laktationsstatus, Weidebedingungen und Wettereinflüssen zu evaluieren. Die Studienergebnisse zeigen einen schwachen Zusammenhang zwischen dem BCS, dem FAMACHA® Score und dem FEC. Die Ergebnisse sind zwar signifikant, lassen aber durch ihre schwache Ausprägung keine definitiven Empfehlungen hinsichtlich einer selektiven Entwurmung auf Milchschaftbetrieben in Österreich zu.

6. Literaturverzeichnis

1. Österreichischer Bundesverband für Schafe und Ziegen. Jahresbericht 2022 August 2023.
2. STATISTIK AUSTRIA. Milcherzeugung und -verwendung Kalenderjahr 2022. Wien; 2023.
3. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft. Grüner Bericht 2022.
4. Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates; 2022. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018R0848-20220101&from=EN>.
5. Hertzberg H, Sager H. Problematik des Helminthenbefalls bei Hauswiederkäuern in der Schweiz: Aktuelle Perspektiven. Schweiz Arch Tierheilkd 2006; 148(9):511–21. doi: 10.1024/0036-7281.148.9.511.
6. Bostedt H, Ganter M, Hiepe T, Hrsg. Klinik der Schaf- und Ziegenkrankheiten. 2., aktualisierte Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2021.
7. C. Feichtenschlager, B. Hinney, S. Klose, A. Tichy, A. Tix, L. Strobl et al. Vorkommen von Helminthen beim kleinen Wiederkäuer in der Steiermark mit besonderer Berücksichtigung der Wirksamkeit von Benzimidazolen und Makrozyklischen Laktonen. Wiener Tierärztliche Monatsschrift 2014; (101):251–65.
8. Lambacher B, Frei CM, Schoiswohl J, Tichy A, Elmer J, Frei J et al. Comparison of coproscopic examination and organ diagnosis in slaughtered lambs for nematodes, especially *Haemonchus contortus*. Small Ruminant Research 2019; 179:79–82. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.08.009.
9. Schoiswohl J, Ostrowerhow K, Hinney B, Tichy A, Krametter-Frötscher R. Untersuchungen zum Vorkommen von Endoparasiten bei kleinen Wiederkäuern im Osten von Österreich und deren Zusammenhang mit klinischen Parametern: Occurrence of endoparasites in the eastern part of Austrian small ruminants and their connection with clinical parameters. Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift 130 2017; (3/4):170–9.

10. Schoiswohl J, Salvenmoser G, Silbernagl A.S., A. Tichy, R. Krametter-Frötscher. Occurrence of endoparasites in sheep flocks in an alpine region in relation to management factors and their impact on clinical parameters. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift* 2021; (108):289–97.
11. Hinney B, Schoiswohl J, Melville L, Ameen VJ, Wille-Piazzai W, Bauer K et al. High frequency of benzimidazole resistance alleles in trichostrongyloids from Austrian sheep flocks in an alpine transhumance management system. *BMC Vet Res* 2020; 16(1):132. doi: 10.1186/s12917-020-02353-z.
12. West DM, Pomroy WE, Kenyon PR, Morris ST, Smith SL, Burnham DL. Estimating the cost of subclinical parasitism in grazing ewes. *Small Ruminant Research* 2009; 86(1-3):84–6. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.09.024.
13. Sargison N. *Sheep flock health: A planned approach*. Oxford, Ames, Iowa: Blackwell Pub; 2008.
14. Charlier J, Rinaldi L, Musella V, Ploeger HW, Chartier C, Vineer HR et al. Initial assessment of the economic burden of major parasitic helminth infections to the ruminant livestock industry in Europe. *Prev Vet Med* 2020; 182:105103. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105103.
15. Untersweg F, Ferner V, Wiedermann S, Göller M, Hörl-Rannegger M, Kaiser W et al. Multispecific resistance of sheep trichostrongylids in Austria. *Parasite* 2021; 28:50. doi: 10.1051/parasite/2021048.
16. van Wyk JA, Bath GF. The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet Res* 2002; 33(5):509–29. doi: 10.1051/vetres:2002036.
17. Kenyon F, Greer AW, Coles GC, Cringoli G, Papadopoulos E, Cabaret J et al. The role of targeted selective treatments in the development of refugia-based approaches to the control of gastrointestinal nematodes of small ruminants. *Vet Parasitol* 2009; 164(1):3–11. doi: 10.1016/j.vetpar.2009.04.015.
18. Bath GF, van Wyk JA. The Five Point Check© for targeted selective treatment of internal parasites in small ruminants. *Small Ruminant Research* 2009; 86(1-3):6–13. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.09.009.

19. STATISTIK AUSTRIA. Viehbestand jährlich; 2023 [Stand: 04.10.2023]. Verfügbar unter: <https://www.statistik.at/statistiken/land-und-forstwirtschaft/tiere-tierische-erzeugung/viehbestand/viehbestand-jaehrlich>.
20. STATISTIK AUSTRIA, Bundesanstalt Statistik Österreich. Allgemeine Viehzählung 1. Dezember 2022 2023:1–6.
21. Deplazes P, Joachim A, Mathis A, Strube C, Taubert A, Samson-Himmelstjerna G von et al. Parasitologie für die Tiermedizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2021.
22. Sutherland I, Scott I. Gastrointestinal nematodes of sheep and cattle : biology and control. 1. publ: Oxford : Wiley-Blackwell; 2009. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/UVW/AC07758427>.
23. Zajac AM, Garza J. Biology, Epidemiology, and Control of Gastrointestinal Nematodes of Small Ruminants. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2020; 36(1):73–87. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.12.005.
24. Zajac AM. Gastrointestinal nematodes of small ruminants: life cycle, anthelmintics, and diagnosis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2006; 22(3):529–41. doi: 10.1016/j.cvfa.2006.07.006.
25. Schnieder, Thomas Schnieder, Thomas, Boch, Josef Boch, Josef, Supperer, Rudolf Supperer, Rudolf, Bauer, Christian Bauer, Christian. *Veterinärmedizinische Parasitologie : 92 Tabellen. 6., vollst. überarb. u. erw. Aufl.:* Stuttgart : Parey; 2006. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/UVW/AC04806837>.
26. Taylor, M. A. Parasitological examinations in sheep health management. *Small Ruminant Research* 2010; (92 (1-3)):120–5.
27. Besier RB, Kahn LP, Sargison ND, van Wyk JA. The Pathophysiology, Ecology and Epidemiology of *Haemonchus contortus* Infection in Small Ruminants. *Adv Parasitol* 2016; 93:95–143. doi: 10.1016/bs.apar.2016.02.022.
28. Morgan ER, van Dijk J. Climate and the epidemiology of gastrointestinal nematode infections of sheep in Europe. *Vet Parasitol* 2012; 189(1):8–14. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.03.028.
29. Schoiswohl, J., Joachim, A., Hinney, B., Tichy, A., Bauer, K., Stanitzing, A., Krametter-Frötscher, R. Influence of communal alpine pasturing in Styria, Austria, on the development of gastrointestinal strongylid infections over the grazing season in sheep - a

- pilot study. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift* 130 2017; (11/12):494–500.
30. O'Connor LJ, Walkden-Brown SW, Kahn LP. Ecology of the free-living stages of major trichostrongylid parasites of sheep. *Vet Parasitol* 2006; 142(1-2):1–15. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.08.035.
 31. Waller PJ, Rudby-Martin L, Ljungström BL, Rydzik A. The epidemiology of abomasal nematodes of sheep in Sweden, with particular reference to over-winter survival strategies. *Vet Parasitol* 2004; 122(3):207–20. doi: 10.1016/j.vetpar.2004.04.007.
 32. H. Hoste, Y. Le Frileux, A. Pommaret. Comparison of selective and systematic treatments to control nematode infection of the digestive tract in dairy goats. *Vet Parasitol* 2002; (106):345–55.
 33. Stear MJ, Doligalska M, Donskow-Schmelter K. Alternatives to anthelmintics for the control of nematodes in livestock. *Parasitology* 2007; 134(Pt 2):139–51. doi: 10.1017/S0031182006001557.
 34. Vlassoff A, Leathwick DM, Heath AC. The epidemiology of nematode infections of sheep. *N Z Vet J* 2001; 49(6):213–21. doi: 10.1080/00480169.2001.36235.
 35. Geary TG, Hosking BC, Skuce PJ, Samson-Himmelstjerna G von, Maeder S, Holdsworth P et al. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) Guideline: Anthelmintic combination products targeting nematode infections of ruminants and horses. *Vet Parasitol* 2012; 190(1-2):306–16. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.09.004.
 36. Coles GC. Anthelmintic resistance--looking to the future: a UK perspective. *Res Vet Sci* 2005; 78(2):99–108. doi: 10.1016/j.rvsc.2004.09.001.
 37. Kaplan RM. Biology, Epidemiology, Diagnosis, and Management of Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes of Livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2020; 36(1):17–30. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.12.001.
 38. Papadopoulos E. Anthelmintic resistance in sheep nematodes. *Small Ruminant Research* 2008; 76(1-2):99–103. doi: 10.1016/j.smallrumres.2007.12.012.
 39. Schoiswohl J, Hinney B, Tichy A, Bauer K, Joachim A, Krametter-Frötscher R. Suspected Resistance against Moxidectin in Sheep Strongylid Nematodes in Austria. *JPP* 2017; 5(3). doi: 10.17265/2328-2150/2017.03.001.

40. Greer AW, van Wyk JA, Hamie JC, Byaruhanga C, Kenyon F. Refugia-Based Strategies for Parasite Control in Livestock. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2020; 36(1):31–43. doi: 10.1016/j.cvfa.2019.11.003.
41. van Wyk JA, Hoste H, Kaplan RM, Besier RB. Targeted selective treatment for worm management--how do we sell rational programs to farmers? *Vet Parasitol* 2006; 139(4):336–46. doi: 10.1016/j.vetpar.2006.04.023.
42. van Wyk JA. Refugia--overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort J Vet Res* 2001; 68(1):55–67.
43. Scheuerle M, Mahling M, Muntwyler J, Pfister K. The accuracy of the FAMACHA-method in detecting anaemia and haemonchosis in goat flocks in Switzerland under field conditions. *Vet Parasitol* 2010; 170(1-2):71–7. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.01.035.
44. Papadopoulos E, Gallidis E, Ptochos S, Fthenakis GC. Evaluation of the FAMACHA© system for targeted selective anthelmintic treatments for potential use in small ruminants in Greece. *Small Ruminant Research* 2013; 110(2-3):124–7. doi: 10.1016/j.smallrumres.2012.11.019.
45. Koopmann R, Holst C, Epe C. Erfahrungen mit der FAMACHA- Eye-Colour-Karte zur Identifizierung von Schafen und Ziegen für die gezielte anthelminthische Behandlung. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift* 2006; 119(9-10):436–42.
46. Di Loria A, Veneziano V, Piantedosi D, Rinaldi L, Cortese L, Mezzino L et al. Evaluation of the FAMACHA system for detecting the severity of anaemia in sheep from southern Italy. *Vet Parasitol* 2009; 161(1-2):53–9. doi: 10.1016/j.vetpar.2008.12.002.
47. Braunreiter C. Körperkonditionsbeurteilung (BCS) beim Milchschaaf 2012:1–4.
48. C. Leeb, R. Wolf, B. Pattis-Klingen, J. Böhm, H. Prosl. BCS bei der Milchziege - ein Parameter für Fütterung und Gesundheit. 3. Fachtagung für Ziegenhaltung 2007 Nov 16:7–9.
49. Tamponi C, Dessì G, Varcasia A, Knoll S, Meloni L, Scala A. Preliminary Assessment of Body Condition Score as a Possible Marker for the Targeted Selective Treatment of Dairy Sheep Against Gastrointestinal Nematodes. *Acta Parasitol* 2022; 67(1):362–8. doi: 10.1007/s11686-021-00470-9.
50. Soto-Barrientos N, Chan-Pérez JI, España-España E, Novelo-Chi LK, Palma-Ávila I, Ceballos-Mendoza AC et al. Comparing body condition score and FAMACHA© to

identify hair-sheep ewes with high faecal egg counts of gastrointestinal nematodes in farms under hot tropical conditions. *Small Ruminant Research* 2018; 167:92–9. doi: 10.1016/j.smallrumres.2018.08.011.

51. Mavrot F, Hertzberg H, Torgerson P. Effect of gastro-intestinal nematode infection on sheep performance: a systematic review and meta-analysis. *Parasit Vectors* 2015; 8:557. doi: 10.1186/s13071-015-1164-z.
52. Taylor MA. Parasitological examinations in sheep health management. *Small Ruminant Research* 2010; 92(1-3):120–5. doi: 10.1016/j.smallrumres.2010.04.012.
53. Meradi S, Bentounsi B. Lamb's *Eimeria* infections raised in a steppic region and their impacts on clinical indicators (FAMACHA(©) and Disco). *J Parasit Dis* 2021; 45(3):599–605. doi: 10.1007/s12639-020-01336-z.
54. Mederos A, Kelton D, Peregrine AS, VanLeeuwen J, Fernández S, LeBoeuf A et al. Evaluation of the utility of subjective clinical parameters for estimating fecal egg counts and packed cell volume in Canadian sheep flocks. *Vet Parasitol* 2014; 205(3-4):568–74. doi: 10.1016/j.vetpar.2014.08.030.

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: BCS-Grade im Lumbalbereich bei kleinen Wiederkäuern modifiziert nach Leeb et al. 2007	15
Abb. 2: Einzelkotprobe im Probenbecher (Veterinärmedizinische Universität Wien)	18
Abb. 3: Kotproben in Styroporbox mit Kühlakkus (Veterinärmedizinische Universität Wien) .	18
Abb.4: FAMACHA [®] Beurteilungskarte extrahiert aus Zajac et al. 2016	19
Abb. 5: Standard Operating Procedure (SOP) zur Beurteilung des Body Condition Scores (BCS) beim Schaf von Mag. med. vet. Floriana Sajovitz (Veterinärmedizinische Universität Wien) extrahiert aus Leeb et al. 2007 und Braunreiter 2012	20
Abb. 6: Teile des Mini-FLOTAC Systems von links nach rechts: Boden, Deckel, Umdrehschlüssel, Mikroskop-Adapter (Veterinärmedizinische Universität Wien)	21
Abb. 7: Mini-FLOTAC System vor (links) und nach (rechts) der 90° Drehung; die auf der rechten Scheibe sichtbaren horizontalen Kammer werden für die Auszählung verwendet (Veterinärmedizinische Universität Wien)	21
Abb. 8: Mini-FLOTAC-System mit Mikroskop-Adapter im Lichtmikroskop bei 100facher Vergrößerung (Veterinärmedizinische Universität Wien)	22
Abb. 9: MDS-Eier (innerhalb der roten Kreise sichtbar) unter dem Lichtmikroskop bei 100facher Vergrößerung (Veterinärmedizinische Universität Wien)	22
Abb: 10: Absolute Häufigkeiten des FAMACHA [®] Scores 1–5 von 1.195 beprobten Milchschaafen von 16 Betrieben in Österreich (Score 1 = rot bis Score 5 = weiß)	23
Abb. 11: Überblick der Ergebnisse des FAMACHA [®] Scorings von 16 Milchschaafbetriebe in Österreich (n=1.195)	24

Abb. 13: Absolute Häufigkeiten der BCS-Klassen auf 16 Betrieben in Österreich von 1.195 Milchschaften.....	26
Abb. 14: Überblick über die Ergebnisse des Body Condition Scorings in 16 österreichischen Betrieben. Die Werte wurden in vier Gruppen eingeteilt: BCS 1–1,5; 2,0–2,5; 3,0–3,5; 4,0–4,5. Es wurden keine Tiere mit einem BCS von 5,0 beurteilt.	26
Tab. 1: Ergebnisse des FAMACHA® Scorings (Maximum, Minimum, Quartil 1, Median, Quartil 3) von 1.195 Milchschaften auf 16 österreichischen Milchschaftbetrieben.	25
Tab. 2: Ergebnisse des Body Condition Scorings (Maximum, Minimum, Quartil 1, Median, Quartil 3) von 1.195 Milchschaften auf 16 österreichischen Milchschaftbetrieben.	27
Tab. 3: Eiausscheidung von 1.195 Milchschaften von 16 österreichischen Betrieben eingeteilt in Grad der Infektion und EpG Klassen: <5 EpG; 5–500 EpG; 501–1000 EpG; >1000 EpG .	28
Tab. 4: Zusammenhang (Spearman Rangkorrelationskoeffizient r) zwischen der Ausscheidung von gastrointestinalen Nematodeneiern und den klinischen Parametern FAMACHA® Score und BCS inklusive unterem und oberem 95 % Konfidenzintervall (KI).	29

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Menschen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Zuerst möchte ich mich bei Univ.-Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM bedanken, für die Betreuung und rasche Begutachtung meiner Abschlussarbeit.

Ein weiteres großes Dankeschön gilt Frau Dr. med. vet. Katharina Lichtmannsperger, Dipl. ECBHM, die stets erreichbar war und mich bei Fragenstellungen mit Geduld und Verständnis bestens unterstützt hat.

Außerdem möchte ich mich auch bei Frau Mag. med. vet. Floriana Sajovitz bedanken, die mit großem Engagement die Betriebsbesuche mit uns durchgeführt hat und stets bereit war ihr Wissen zu teilen.

Ein weiterer Dank gilt den Mitarbeiter:innen und Diplomand:innen des Institutes für Parasitologie, die die gesammelten Kotproben so bald als möglich untersucht haben und die Ergebnisse für die Datenanalyse bereitgestellt haben.

Schlussendlich möchte ich meiner Familie und meinen Freund:innen von ganzem Herzen danken. Ihr habt immer an mich geglaubt und mir in turbulenten Zeiten den Rücken gestärkt. Auch mein Kater Charlie, der immer seinen Platz am Schreibtisch fand, während ich gelernt habe und diese Arbeit verfasst habe, möchte ich hier erwähnen. Außerdem danke ich noch meinen Studienkolleg:innen, mit denen ich die herausfordernden und sehr schönen Jahre meiner Studienzzeit bestreiten durfte.