

Beziehung zwischen Pansenegelbefall und Milchleistungs- und
Fruchtbarkeitsparametern bei Kühen

von Veronika Sophie Teschner

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Beziehung zwischen Pansenegelbefall und Milchleistungs- und
Fruchtbarkeitsparametern bei Kühen

von Veronika Sophie Teschner
aus Frankfurt am Main

München 2024

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben

Mitbetreuung durch:

Dr. Christoph Wenzel

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatterin: Univ.-Prof. Dr. Gabriela Knubben

Korreferentin: Priv.-Doz. Dr. Beate K. Walter

Tag der Promotion: 6. Juli 2024

VORABPUBLIKATIONEN

Zwischenergebnisse aus dieser Studie wurden bereits in folgenden Publikationen veröffentlicht:

Wagner V, Teschner V, Bootz F, Strube C, Knubben-Schweizer G, Wenzel C.
Auswirkungen eines Pansenegelbefalls beim Rind auf Milch- und Fleischleistung.
bpt-Kongress 2021 DIGITAL. 28.10.-03.11.2021.

Wenzel C, Alstedt U, Forstmaier T, Teschner V, Wagner V. Update zu Pansenegeln.
31. Bayerische Tierärztetage Augsburg, 15.-18.06.2023.

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	3
1.	PansenegeI.....	3
1.1.	Erreger und Entwicklungszyklus	3
1.2.	Epidemiologie	4
1.3.	Pathogenese.....	7
1.4.	Klinik.....	10
1.5.	Diagnostik	11
1.6.	Therapie.....	12
2.	Leistungseinflüsse durch Parasitosen.....	15
2.1.	PansenegeI.....	15
2.2.	<i>Fasciola hepatica</i>	18
2.3.	Gastrointestinale Nematoden (GIN).....	20
III.	TIERE, MATERIAL UND METHODEN.....	23
1.	Ethische Anerkennung.....	23
2.	Betriebe	23
2.1.	Betriebssuche	23
3.	Kotprobengewinnung	26
3.1.	Monatliche Untersuchungen	26
4.	Kot-Untersuchung.....	28
4.1.	Sedimentation.....	28
5.	MLP-Daten	29
5.1.	Milchleistungsprüfung (MLP).....	29
5.2.	Ketonwertbestimmung	31
5.3.	Fruchtbarkeitsdaten	32
6.	Gruppeneinteilung	33
7.	Statistische Auswertung.....	34
IV .	ERGEBNISSE	37
1.	Allgemeines	37

1.1.	Alter und Anzahl Laktationen.....	39
1.2.	Patente Pansenegel- und Leberegelinfektionen	41
1.3.	Pansenegel- und Leberegeleiausscheidung und Alter	44
1.4.	Pansenegelausscheidung und Kotkonsistenz	46
2.	Milchleistungsparameter.....	48
2.1.	Milchleistung	48
2.2.	Milchfett.....	51
2.3.	Milcheiweiß	53
2.4.	Somatische Zellzahl (ZZ) in der Milch.....	55
2.5.	β -Hydroxybutyrat (BHB).....	56
3.	Fruchtbarkeitsparameter.....	57
3.1.	Rastzeit.....	57
3.2.	Zwischenkalbezeit	59
3.3.	Erstbesamungserfolg.....	60
3.4.	56-Non-Return-Rate (56-NRR)	61
V.	DISKUSSION.....	63
1.	Studiendesign	63
1.1.	Betriebsauswahl	63
1.2.	Betriebsgröße	63
1.3.	Zeitlicher Verlauf.....	64
1.4.	Sedimentation	65
2.	Patente Pansenegel- und Leberegelinfektionen	66
2.1.	Gruppeneinteilung	66
2.2.	Pansenegelinfektion	66
2.3.	Leberegelinfektion	67
2.4.	Zusammenhang Pansenegelbefall und Alter.....	68
2.5.	Einflüsse auf die Kotkonsistenz.....	70
3.	Leistung.....	70
3.1.	Allgemein.....	70
3.2.	Milchleistungsparameter.....	71
3.3.	Fruchtbarkeit.....	75
3.4.	β -Hydroxybutyrat (BHB).....	76
4.	Fazit und Ausblick.....	77

VI.	ZUSAMMENFASSUNG	79
VII.	SUMMARY.....	81
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS.....	83
IX .	ANHANG	101
1.	Statistische Daten	101
2.	Abbildungsverzeichnis.....	103
3.	Tabellenverzeichnis.....	105
X.	DANKSAGUNG	107

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Beschreibung
56-NRR	56-Non-Return-Rate
α	alpha (Signifikanzniveau)
AK	Antikörper
BHB	β -Hydroxybutyrat
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
<i>C. calicophorum</i>	<i>Calicophoron calicophorum</i>
<i>C. daubneyi</i>	<i>Calicophoron daubneyi</i>
<i>C. microbothrium</i>	<i>Calicophoron microbothrium</i>
EBE	Erstbesamungserfolg
ELISA	Enzym-linked Immunosorbent Assay (Antikörper-basiertes Nachweisverfahren mit enzymatischer Farbreaktion)
epg	eggs per gram (Eizahl pro Gramm Kot)
<i>F. gigantica</i>	<i>Fasciola gigantica</i>
<i>F. hepatica</i>	<i>Fasciola hepatica</i>
GIN	Gastrointestinale Nematoden
<i>G. truncatula</i>	<i>Galba truncatula</i>
IQR	Interquartile range (Interquartilsabstand) (angegeben als 3. Quartil – 1. Quartil)
KGW	Körpergewicht
KI	Konfidenzintervall
LE	Leberegel
LKV BW	Landesverband Baden-Württemberg für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V.
LMU München	Ludwig-Maximilians-Universität München
MIR	Mittel-Infrarot
MLP	Milchleistungsprüfung
ODR	Optical density ratio (Optisches Dichteverhältnis; Maß für Reaktion im Leberegel-ELISA)
<i>p</i>	Signifikanzwert
<i>P. cervi</i>	<i>Paramphistomum cervi</i>
<i>P. ichikawai</i>	<i>Paramphistomum ichikawai</i>
<i>P. leydeni</i>	<i>Paramphistomum leydeni</i>
PCR	polymerase chain reaction (Polymerasekettenreaktion; enzymabhängiges Verfahren zur Vervielfältigung von DNA-Sequenzen)

PE	Pansenegel
p. i.	post infectionem (nach der Infektion)
RZ	Rastzeit
spp.	Spezies (Plural)
ZZ	Zellzahl
ZKZ	Zwischenkalbezeit

I. EINLEITUNG

Infektionen mit Trematoden aus der Familie *Paramphistomidae* treten in den letzten Jahrzehnten in Europa immer häufiger auf (HUSON et al., 2017). In Deutschland wurde die Prävalenz von Pansenegelinfectionen beim Rind auf 5,5 % bestimmt (FORSTMAIER et al., 2021). Die in Deutschland und Europa am häufigsten nachgewiesene Pansenegelart ist *Calicophoron daubneyi* (GORDON et al., 2013). In Europa entwickelt sich *C. daubneyi* in der Zwergschlamm- schnecke *Galba truncatula* (DINNIK, 1962), die auch als Zwischenwirt für den Großen Leberegel (*Fasciola hepatica*) dient (JONES et al., 2015). Nach der Entwicklung im Zwischenwirt werden infektiöse Metazerkarien vom Rind mit dem Futter aufgenommen und exzystieren im Dünndarm zu Juvenilegeln (KRANEBURG und BOCH, 1978). Durch die Anheftung an die Dünndarmschleimhaut können Pansenegel in der intestinalen Phase der Infektion gastrointestinale Symptome wie Durchfall, Inappetenz und Abmagerung bis zur Kachexie auslösen (MILLAR et al., 2012; FORBES, 2018), bei massivem Befall kann die Infektion tödlich enden. Die Juvenilegel wandern anschließend retrograd in den Pansen, wo sie als adulte Egel mit der Eiproduktion beginnen (KRANEBURG, 1977). Die ruminale Phase der Infektion verläuft meistens klinisch inapparent (MILLAR et al., 2012).

Mit zunehmender Verbreitung von Pansenegelinfectionen wird die Frage nach der Bedeutung für die Rinderproduktion dringlicher. Ein Einfluss auf das Schlachtgewicht, die Fleischqualität und tägliche Zunahmen von Fleisch- und Milchrindern wurde bereits mehrfach, aber mit widersprüchlichen Ergebnissen publiziert (BELLET et al., 2016; SARGISON et al., 2016; ATCHESON et al., 2022). Aus einer neueren Untersuchung mit Milchkühen ergeben sich Hinweise, dass Pansenegelbefall die Milchleistung reduziert (MAY et al., 2023). Bei Pansenegel-positiven Kühen, die auch mit *F. hepatica* und Magen-Darm-Nematoden infiziert waren, erzielten Behandlungsversuche eine Verbesserung der Milchleistung (SPENCE et al., 1992; SPENCE et al., 1996). Über den Einfluss auf die Fruchtbarkeit von Milchkühen durch Pansenegelinfectionen ist bisher nichts bekannt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsparameter von Pansenegel-infizierten Kühen über einen Zeitraum von einem Jahr zu untersuchen und mit nicht infizierten Kühen, die unter den gleichen Bedingungen gehalten werden, zu vergleichen.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Pansenebel

1.1. Erreger und Entwicklungszyklus

Pansenebel (Paramphistomidae) sind Erreger der Paramphistomidose bei Rind, Schaf, Ziege, Wasserbüffel, Wildwiederkäuern und Neuweltkameliden und werden dem Stamm der Plattwürmer (Platyhelmintha) und dem Unterstamm der Saugwürmer (Trematoda) zugeordnet. Der Familie Paramphistomidae gehören die Gattungen *Paramphistomum*, *Cotylophoron* und *Calicophoron* an, die anhand ihrer morphologischen Merkmale wie Größe, Form, Acetabulum, Genitalorgane und Pharynx (EDUARDO, 1983) und auch molekular unterschieden werden können (GORDON et al., 2013; MARTINEZ-IBEAS et al., 2016).

Der adulte Parasit ist ungefähr 3-12 mm lang und 2-6,5 mm breit. Er hat einen birnenförmigen Körper und ist rosa gefärbt (DEPLAZES et al., 2020b).

Pansenebel haben einen Entwicklungszyklus über einen Zwischenwirt. Es handelt sich dabei um Arten aus der Unterordnung der Wasserlungenschnecken (Basommatophora). *Paramphistomum* spp. haben Zwischenwirte aus der Familie der Tellerschnecken (Planorbidae) (SANABRIA et al., 2012; DEPLAZES et al., 2020b). *Calicophoron daubneyi* entwickelt sich im gemäßigten Klima Europas in der Zwergschlammschnecke *Galba truncatula* (Familie Lymnaeidae) (DINNIK, 1962). *G. truncatula* ist ebenfalls Zwischenwirt für den Großen Leberegel (*Fasciola hepatica*) (JONES et al., 2015; IGLESIAS-PINEIRO et al., 2016).

Aus den vom Endwirt ausgeschiedenen Eiern entwickeln sich Mirazidien, die den Zwischenwirt aufsuchen und in ihn eindringen. Im Zwischenwirt entwickeln sich aus den Mirazidien über mehrere Stadien Zerkarien, die den Zwischenwirt verlassen und in der Umwelt zu infektiösen Metazerkarien enzystieren (ABROUS et al., 1997). Sie haften an Gräsern, werden vom Endwirt mit dem Futter aufgenommen und gelangen zunächst in den Dünndarm, wo sie zu juvenilen Egel einzystieren. Juvenilegel der Art *P. cervi* verbleiben für 1,5–2 Monate im Dünndarm und wachsen auf eine Länge von 1–3 mm heran (KRANEBURG und BOCH, 1978). Anschließend wandern die Juvenilegel vom Duodenum retrograd in den Pansen. Als adulte Egel heften sie sich an die Pansenschleimhaut an und beginnen mit der Eiproduktion. Die Präpatenz von *P. cervi* beträgt etwa 3 Monate

(KRANEBURG, 1977; DEPLAZES et al., 2020b).

Während ihrer Entwicklung außerhalb des Endwirtes benötigen Panseneigel einen hohen Feuchtigkeitsgrad in der Umgebung. Die Eier sind sehr empfindlich gegenüber Austrocknung (DEPLAZES et al., 2020b). Der Zwischenwirt *G. truncatula* benötigt für seine Entwicklung und Vermehrung ebenfalls einen feuchten Standort. Lebensräume befinden sich am Ufer von kleinen Bachläufen oder in seichten Gewässern, wo das Wasser nur langsam fließt, an Quellwässern, sumpfigen Wiesen oder Drainagegräben (SCHWEIZER et al., 2007). Auch in Weiden mit hohem Grundwasserspiegel und dadurch regelmäßig auftretenden Feuchtflächen oder an stehenden Gewässern, z. B. einem Teich, finden sich die Schnecken. Nach starken Niederschlägen und Überschwemmungen können die Schnecken weitergetragen werden und es entstehen Sekundärhabitats (O'SHAUGHNESSY et al., 2018; SCHADE-WESKOTT, 2019). *G. truncatula* kann trotz der aquatischen Lebensweise Dürreperioden von bis zu 4,5 Monaten und Hitze während der Sommermonate überstehen (KENDALL, 1949; CHAPUIS und FERDY, 2012). Auch die Umgebungstemperatur beeinflusst die Entwicklung. Bei *C. daubneyi* konnte in einem Infektionsversuch zwar kein Unterschied in der Überlebensrate der Zwergschlammschnecken bei 6 – 8 °C und 20 °C festgestellt werden, die Ausscheidung von infektiösen Stadien von *C. daubneyi* lag allerdings nach einem einstündigen Absenken der Umgebungstemperatur auf 6 – 8 °C und anschließendem Erwärmen auf 20 °C deutlich höher als bei 20 °C Umgebungstemperatur ohne Temperaturabsenkung. Der Kältestress könnte demnach die vermehrte Ausscheidung der infektiösen Stadien stimulieren. Die vermehrte Ausscheidung von *C. daubneyi* als Reaktion auf niedrige Umgebungstemperaturen ist gegensätzlich zu der Ausscheidung von *F. hepatica*, deren Entwicklung optimal bei Temperaturen um 20 °C abläuft (ABROUS et al., 1999).

1.2. Epidemiologie

Prävalenzstudien der letzten zwei Jahrzehnte verdeutlichen die zunehmende Verbreitung von *C. daubneyi* in vielen Ländern Europas. Es wurden sowohl Schlachttiere auf Parasitenbefall untersucht als auch Screening-Untersuchungen mittels Koproscopie in ganzen Herden durchgeführt. ARIAS et al. (2011) untersuchten im Nordwesten Spaniens und im Norden Portugals 776 Schlachtkörper von Rindern verschiedener Rassen auf das Vorhandensein von

Parasiten und bestimmten die Prävalenz von *C. daubneyi* auf 12 %. In Spanien wurden weitere Prävalenzstudien im Nordwesten durchgeführt. FERRERAS et al. (2014) untersuchten Schlachtkörper von Rindern unterschiedlicher Rassen auf *C. daubneyi* und bestimmten eine Prävalenz von 6,2 %. Von extensiv gehaltenen Rindern wurden Kotproben gesammelt und eine Prävalenz von 19 % bestimmt (DIAZ et al., 2007a). Die Nutzung als Milch- oder Fleischrind war für die Befallsstärke nicht von Bedeutung, es konnte aber ein stärkerer Befall bei älteren Tieren und bei extensiv gehaltenen Tieren ausgemacht werden (FERRERAS et al., 2014). In Großbritannien und Nordirland wurden Schlachtkörper und Kot von Rindern untersucht. Die Prävalenz lag bei 29 % bei Schlachtkörpern und bei 24 % im Kot. Es wurde keine Speziesbestimmung der Pansenegel durchgeführt (SARGISON et al., 2016). In Irland wurden Kotproben von Rindern untersucht und eine Prävalenz für *C. daubneyi* von 28 % bestimmt (ZINTL et al., 2014). In Südkontinenten wurden Schlachtkörper auf Parasitenbefall untersucht und eine Pansenegelprävalenz von 25 % ermittelt (BELLET et al., 2016). Durch Untersuchung von Kotproben von Rindern wurden Prävalenzen für *C. daubneyi* von 55 % in Süditalien (BOSCO et al., 2021) und 29,9 % in Tschechien bestimmt (CERVENA et al., 2022). Die Prävalenz für Pansenegelbefall (ohne Speziesbestimmung) lag in Nordwest-Frankreich bei Rindern mit Durchfall bei 29,9 % (DELAFOSSÉ, 2022). Dort wurden Proben aus Laboreinsendungen von 2010 – 2019 untersucht. Es wurde differenziert zwischen Milchkühen, von denen im Zeitraum von 2010 – 2014 26,9 % resp. im Zeitraum von 2015 – 2019 26,5 % befallen waren, und Fleischrindern, von denen 42,7 % (2010 – 2014) resp. 33,3 % (2015 – 2019) befallen waren. In den Niederlanden untersuchten PLOEGER et al. (2017) zuerst Kotproben von Rindern und bestimmten eine landesweite Herdenprävalenz von 15,8 %. Anschließend folgte die Untersuchung von Schlachtkörpern, wobei eine Herdenprävalenz von 85,2 % und eine Einzeltierprävalenz von 23,3 % ermittelt wurde (Milchkühe 17,8 %, Mutterkühe 42,7 %). Die höheren Prävalenzen bei Schlachttieren ließen sich mit dem Einzugsgebiet der Schlachthöfe aus Gebieten mit hohem Egel-Risiko erklären. Bei der Speziesbestimmung wurden 12 von 14 Proben als *C. daubneyi* identifiziert, 2 Proben als *Paramphistomum leydeni*. Auch für Deutschland gibt es Daten zur Prävalenz von Pansenegeln. In der Studie von FORSTMAIER et al. (2021) wurde in Kotproben von Rindern eine Verbreitung der Paramphistomidose in 5,5 % der Herden beschrieben. Die Prävalenz in Milchviehherden betrug 4,0 %, in

Mutterkuhherden 25,6 %. Die Prävalenz auf Herdenebene war in der Region Nord (Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, Bremen Niedersachsen) mit 8,4 % am höchsten und in der Region Süd (Bayern, Baden-Württemberg) mit 3,6 % am niedrigsten. Die Speziesbestimmung ergab *C. daubneyi* und *P. leydeni*. *P. leydeni* wurde nicht in der Region Süd nachgewiesen. Die Prävalenz von *F. hepatica* auf Herdenebene lag deutschlandweit bei 9,4 %. In der Region Süd war die Prävalenz mit 14,8 % am höchsten. Eine Untersuchung von Rinderkotproben auf der Halbinsel Eiderstedt in Schleswig-Holstein wies eine Infektion mit *C. daubneyi* in 12,7 % der Tiere nach (MAY et al., 2022). In den Regionen Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Hessen wurden 2019 auf 3 von 17 Milchviehbetrieben mit Weidegang Pansenegel gefunden (17,6 %). Die Einzeltierprävalenz lag bei 0,9 % (MAY et al., 2019).

Koinfektionen mit *F. hepatica* betragen in der Untersuchung von FORSTMAIER et al. (2021) 2,1 %. PLOEGER et al. (2017) fanden bei 4 von 19 Schlachtrindern mit befallener Leber eine gleichzeitige Infektion mit Pansenegeln. In der Kotuntersuchung ergab sich eine Mischinfektionsrate von 10 % aller untersuchten Tiere. In England lag die Rate der Koinfektionen von Pansenegeln und *F. hepatica* bei 1 %. Der Anteil der Schlachtrinder, die zusätzlich mit *Ostertagia* spp. infiziert waren, lag bei 11 %. Koinfektionen mit Pansenegeln und *Ostertagia* spp. lagen bei 15 % (BELLET et al., 2016). Von MAY et al. (2022) wurde beobachtet, dass eine steigende Ausscheidung von *F. hepatica*-Eiern statistisch signifikant mit der steigenden Ausscheidung von Pansenegeleiern zusammenhängt.

Koinfektionen von Pansenegeln mit gastrointestinalen Nematoden (GIN) betragen in Tschechien 73 % (CERVENA et al., 2022). Koinfektionen von Pansenegeln mit *Strongylidae* spp. wurden auch in Deutschland gefunden (MAY et al., 2022).

Im Zusammenhang mit gehäuften Berichten von Pansenegel-Infektionen in Europa in den letzten Jahrzehnten werden auch mögliche klimatische Einflüsse auf eine Pansenegel-Infektion besonders im Hinblick auf sich ändernde klimatische Verhältnisse in Europa untersucht. Hohe Niederschläge im Sommer und die Gesamtzahl der Regentage hängen mit der Entwicklung von Pansenegel-Infektionen zusammen, während viele Sonnenstunden einen deutlichen negativen Einfluss auf die Entwicklung der Prävalenz haben. Außerdem scheint eine steigende mittlere Temperatur während der Wintermonate die Entwicklung der

Panseneigelprävalenz zu begünstigen, während sie bei der Fasciolose wohl keine Rolle spielt (JONES et al., 2021). Ebenso ziehen SKUCE et al. (2013) einen Zusammenhang zwischen Panseneigel-Infektionen und Starkregenfällen, da durch die Überschwemmung von Wiesen und die höhere Feuchtigkeit im Boden Sekundärhabitate für die Zwergschlamm Schnecke *G. truncatula* entstehen können. Einen signifikanten Einfluss auf Panseneigel-Infektionen haben auch die Bodenbeschaffenheit und die Flächennutzung: Das Auftreten von Infektionen mit *C. daubneyi* ist positiv korreliert mit dem Vorkommen von Lehmböden, in denen *G. truncatula* gute Lebensbedingungen hat. Einen positiven Einfluss hat auch eine Weidelage zwischen 500 und 1500 m über dem Meeresspiegel mit leichter Hanglage. In dieser Topologie finden sich besonders Wiesen, Laubwälder und Sträucher. Unter Berücksichtigung von Hydrologie, Bodenbeschaffenheit und Topologie des Standortes wurde ein Algorithmus zur Vorhersage der Wahrscheinlichkeit von Panseneigel-Infektionen entwickelt (BOSCO et al., 2021).

1.3. Pathogenese

Nach der oralen Aufnahme von *C. daubneyi*-Metazerkarien und der Exzystierung im Dünndarm zu juvenilen Egel n heften diese sich an die Dünndarmschleimhaut und führen dort zu katarrhalischen und hämorrhagischen Entzündungsreaktionen und Defekten. Nekrotische Stellen und 1–2 mm große Knoten sind bei pathologischen Untersuchungen in der Mukosa des Dünndarms zu finden. Die Darmwand ist verdickt (MASON et al., 2012; DEVOS, 2013; FUERTES et al., 2015a). Bei Infektionen mit *P. cervi* ist histopathologisch im Darm eine Enteritis nachweisbar mit fokaler Anhäufung von Makrophagen und Lymphozyten in der Lamina propria und im Interstitium der Brunner-Drüsen. Es kommt zu einer zystischen Dilatation der Brunner-Drüsen (SINGH et al., 1984). Die ersten Läsionen in Labmagen und Duodenum treten in Infektionsversuchen mit *C. daubneyi* beim Schaf 9 Tage nach der Infektion auf. Juvenilegel sind im Darm ab Tag 23 post infectionem (p. i.) zu finden. Am stärksten ist die Entzündungsreaktion zwischen Tag 38 p. i. und Tag 52 p. i. In dieser Zeit ist auch die Zahl der Juvenilegel im Dünndarm am höchsten (DEVOS, 2013). Die Schäden an der Dünndarmwand waren auch noch nachweisbar, obwohl keine Egel mehr im Darm zu finden waren (FUERTES et al., 2015a). Schäden an der Darmwand sind post mortem makroskopisch sichtbar (MILLAR et al., 2012).

C. daubneyi-Juvenilegel wandern nach einer gewissen Reifezeit retrograd entlang

der Schleimhaut zurück in den Pansen und können dort beim Schaf ab Tag 38 p. i. nachgewiesen werden (DEVOS, 2013). Im Pansen heften sie sich dann als Adultegel mit ihrem Bauchsaugnapf an die Pansenschleimhaut und -zotten und beginnen mit der Eiablage. Bei Schlachttieren und in der Sektion kann man adulte Pansenegel im Pansenlumen und an der Wand des cranialen und ventralen Pansensacks sowie des Übergangs von Pansen zu Retikulum finden. Die größte Ansammlung von Pansenegeln liegt im Atrium ruminis vor (FERRERAS et al., 2014; PLOEGER et al., 2017). Makroskopisch sichtbar sind die Ausbildung von Schleimhautknoten an der Ansatzstelle des Bauchsaugnapfs der Egel und die Atrophie der Pansenpapillen in betroffenen Arealen. Die Stärke der Schäden steht im Verhältnis zur Befallsintensität (FUERTES et al., 2015a). Histopathologisch sind bei befallenen Tieren Entzündungen von Pansen- (Ruminitis), Netzmagen- (Reticulitis) und Labmagenschleimhaut (Abomasitis) nachzuweisen. Entzündliche Infiltrate in der Magenwand mit Lymphozyten, eosinophilen Granulozyten und Makrophagen sind nachweisbar (MASON et al., 2012; FUERTES et al., 2015a). Die Schleimhautoberfläche weist fokale Nekrosen, Ulzera und gelegentlich Mikroabszesse auf (DIRKSEN et al., 2006). Die Oberfläche der Pansenpapillen zeigt eine zunehmende Keratinisierung unter Abbau der Schleimhautschicht (FUERTES et al., 2015a). Im Labmagen stellen sich beim Schaf mit kleinen Knötchen und hämorrhagischen Läsionen der Schleimhaut ähnliche Veränderungen dar wie im Pansen (DEVOS, 2013). In einer Untersuchung von 18 Schlachtkörpern konnten an Pansen, Netzmagen und Duodenum von Pansenegel-infizierten Tieren keine pathologischen Veränderungen im Vergleich zu nicht infizierten Tieren festgestellt werden. Die Egellast lag größtenteils bei weniger als 100 Pansenegeln (BUSIN et al., 2023).

Die Nahrungsaufnahme erfolgt über den Mundsaugnapf in den Verdauungstrakt der Egel (HUSON et al., 2017). Über die genaue Entwicklung der verschiedenen Pansenegel-Stadien im Wirt und die Mechanismen zur Verarbeitung von Nährstoffen ist aber bisher wenig bekannt. Der Nachweis von Panseninhalt und Protozoen im Verdauungstrakt von *P. leydeni* lässt vermuten, dass Bestandteile des Panseninhalts eine Hauptnahrungsquelle des Pansenegels darstellen (NIKANDER und SAARI, 2009; HUSON et al., 2017). Möglich ist auch die Gewinnung von Nährstoffen über geschädigte Kapillaren in der Pansenwand (CHOUDHARY et al., 2015). Im Verdauungstrakt von Juvenilegeln wurden Zellen aus der Darmwand des

Wirtes gefunden (MILLAR et al., 2012).

Für die Etablierung der Infektion scheinen bestimmte Proteine der Pansenegel eine immunmodulatorische Rolle zu spielen. Diese Eiweiße werden in extrazellulären Vesikeln von adulten Pansenegeln in den Pansen sezerniert und beeinflussen das Pansenmikrobiom. So konnte in Anwesenheit der extrazellulären Vesikel eine größere Vielfalt an Mikroorganismen im Pansen nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass die extrazellulären Vesikel das Mikrobiom im Wirt derartig beeinflussen, dass bestmögliche Bedingungen für eine lange Infektion entstehen (ALLEN et al., 2021).

Neuere Untersuchungen des Genoms, Transkriptoms und der sezernierten Stoffe von *C. daubneyi* geben weitere Aufschlüsse über mögliche Interaktionen zwischen Parasiten und Wirt. Über die Analyse verschiedener Pansenegelstadien wurden Unterschiede in deren Physiologie gefunden. Die Entwicklung beeinflusst die Bildung bestimmter Enzyme. Die juvenilen Stadien im Darm exprimieren überwiegend Proteine mit Bindungsfunktion für Nährstoffe. Außerdem weisen die Stadien unterschiedliche Stoffwechsel-Proteine auf. Während in den juvenilen Stadien überwiegend aerobe Stoffwechselfvorgänge ablaufen, finden im adulten Stadium vor allem anaerobe Stoffwechselfvorgänge statt. Die Sekretion von speziellen Abwehrmolekülen im Juvenilstadium, die von anderen Trematoden-Spezies bekannt sind, haben die Fähigkeit eine TH-2-(Typ-2-T-Helferzellen) dominierte Immunreaktion im Wirt auszulösen, die parasitäre Infektionen nicht abwehrt. Andere Proteine unterdrücken im Wirt die Ausbildung von Cytokin-vermittelten Entzündungsreaktionen (HUSON et al., 2021a).

Im Pansen und Netzmagen konnten mittels PCR-Analyse CD4+-Zellen in der Lamina propria nachgewiesen werden. In beschädigten Pansenpapillen fand eine vermehrte Expression von Interferon- γ (IFN- γ) und Interleukin-10 (IL-10) statt. Demnach bewirken adulte Stadien von *C. daubneyi* im Wirt eine zellvermittelte, lokale TH-1-(Typ-1-T-Helferzellen) dominierte Immunantwort, die gegen extrazelluläre Parasiten unwirksam ist. Bei anderen Trematoden-Infektionen wird nur zu Beginn der Infektion durch die Juvenilstadien eine TH-1-dominierte Immunreaktion ausgelöst, die dann von einer generalisierten TH-2-dominierten Immunreaktion abgelöst wird (FUERTES et al., 2015b).

1.4. Klinik

Die Paramphistomidose verläuft bei adulten Rindern in der Regel unauffällig. Klinische Erkrankungen kommen vor allem bei massivem Befall mit über 10.000 Egel- und bei Jungtieren unter 2 Jahren vor (ROLFE et al., 1991). In diesem Fall kann es in der intestinalen Phase der Infektion zu Krankheitserscheinungen mit gastrointestinalen Symptomen kommen. Bei Infektionen mit *C. calicophorum* und *P. ichikawai* kommt es zu Störungen des Allgemeinbefindens mit Appetitverlust und starkem, zum Teil blutigem Durchfall. In der Folge kann es zu Exsikkose kommen (ROLFE et al., 1991; FOSTER et al., 2008; MILLAR et al., 2012; FORBES, 2018). Bei Untersuchungen post mortem erscheinen die Mesenteriallymphknoten häufig vergrößert, in manchen Fällen kann ein Aszites nachgewiesen werden (SANABRIA und ROMERO, 2008; MILLAR et al., 2012). Schwere Verläufe der intestinalen Phase bei Infektionen mit *C. daubneyi* können tödlich enden (FOSTER et al., 2008; MILLAR et al., 2012; O'SHAUGHNESSY et al., 2018). Bei der Untersuchung von O'SHAUGHNESSY et al. (2018) wurde bei 21 schwer erkrankten und später gestorbenen Kälbern eine Metazerkarien-Aufnahme von ca. 5.000 Metazerkarien pro Tier und Tag über mehrere Wochen geschätzt.

In den ersten 8 Wochen nach der Infektion mit *C. calicophorum* und *P. ichikawai* werden Abmagerung und verminderte tägliche Zunahmen beschrieben (ROLFE et al., 1991). Es wurden Tiere mit Submandibularödemen (ROLFE et al., 1991) und Anämie beobachtet (DORNY et al., 2011). Außerdem lässt sich zur Anämie noch eine Eosinophilie und Monozytose feststellen (DIRKSEN et al., 2006).

Die ruminale Phase der Infektion mit *C. daubneyi* verläuft meistens ohne klinische Symptome (FUERTES et al., 2015a; FORBES, 2018; BAUER, 2021; FENEMORE et al., 2021), obwohl Veränderungen im Pansen histopathologisch nachweisbar sind (FUERTES et al., 2015a). Klinische Erkrankungen von adulten Rindern wurden in Großbritannien im Zusammenhang mit einer Infektion mit *F. hepatica* berichtet. In einem Fall war eine Mutterkuh mit Nachweis von massivem Panseneigel- und Leberegelbefall betroffen. Beim zweiten Fall handelte es sich um eine Milchkuh, bei der zahlreiche Panseneigel- und einige Leberegeleier nachgewiesen wurden. Bei einem weiteren Fall waren in einem Bestand 8 von 100 Milchkühen mit hohem Panseneigel- und niedrigem Leberegelbefall betroffen. In allen Fällen hatten die Tiere Durchfall und Leistungseinbrüche (FOSTER et al., 2008).

Einen Zusammenhang zwischen Egelbelastung und einer flüssigeren Kotkonsistenz konnten MALRAIT et al. (2015) bei Infektionen mit *C. daubneyi* ab 200 epg nachweisen. Bei geringerem Befall war kein Zusammenhang feststellbar. Auch in einer anderen Studie wurde weiche Kotkonsistenz statistisch signifikant mit Pansenegel-Infektionen bei Rindern über 2 Jahren in Zusammenhang gebracht (DORNY et al., 2011).

Bei anderen Trematoden ist bekannt, dass im Rahmen anaerober Stoffwechselforgänge Propionat als Endprodukt entsteht (PIETRZAK und SAZ, 1981). Vermutlich findet dieser Stoffwechselforgang auch bei *C. daubneyi* statt, denn bei in vitro-Anzuchtversuchen konnte eine erhöhte Propionsäureproduktion festgestellt werden. Im Versuch wurden vier Gruppen gebildet. In Schalen wurde Pansenflüssigkeit als Nährboden gegeben. Die Hälfte der Schalen wurde zusätzlich mit 1 g Silage befüllt. Wiederum jeweils die Hälfte der Schalen wurde mit 10 adulten Pansenegeln bestückt, um einen starken Befall zu simulieren. Nach 24 Stunden wurde eine signifikant höhere Propionat-Konzentration in den Proben „Pansenegel“ und „Pansenegel + Silage“ gemessen als in den Pansenegel-freien Kontrollgruppen. Eine erhöhte Produktion von Propionat und ein erniedrigtes Acetat-Propionat-Verhältnis können zu einer Pansenazidose führen. Insbesondere wenn Propionatkonzentration und Pansen-pH durch die Fütterung beeinträchtigt sind, können weitere beeinflussende Faktoren eine Pansenazidose auslösen (HUSON et al., 2018).

1.5. Diagnostik

Die Standardmethode zur Diagnostik beim lebenden Tier ist die Koproskopie. Im Sedimentationsverfahren werden Pansenegelerier mikroskopisch nachgewiesen (DEPLAZES et al., 2020a). Die Eier stellen sich oval bis eiförmig dar, sie sind gräulich-durchscheinend und in ihrem Inneren sind deutlich große, runde Granula zu erkennen. Eier des Großen Leberegels (*F. hepatica*) sind ähnlich groß und geformt, haben aber eine goldgelbe Färbung und im Inneren keine großen Granula (DE WAAL, 2010).

Es wurden auch Untersuchungen mit modifizierten Flotationsverfahren (mini-FLOTAC) durchgeführt, bei denen erfolgreich *C. daubneyi*-Eier nachgewiesen wurden (MALRAIT et al., 2015). Für dieses Verfahren ist allerdings eine spezielle Laborausrüstung erforderlich.

In der akuten Phase der Paramphistomidose kann der Nachweis von Juvenilegeln versucht werden, indem der Siebrückstand aus der Sedimentation unter dem Auflichtmikroskop untersucht wird (DUIGNAN et al., 2017).

Post mortem ist die Untersuchung des Verdauungstraktes auf adulte und juvenile Egel sicher möglich (ARIAS et al., 2011; FERRERAS et al., 2014; PLOEGER et al., 2017). Die Übereinstimmung zwischen Sektion und Koproskopie ist hoch (RIEU et al., 2007).

Eine serologische Untersuchung zur Diagnostik des Pansenegelfalls ist bislang noch nicht möglich. In einer neueren Studie konnte ein erster Koproantigen-ELISA entwickelt werden, der sensibel ist für bestimmte vom Pansenegel sezernierte Proteine. Dieser Test ist der erste, der nicht mit Antigenen anderer Parasitenarten kreuzreagiert und deshalb eine hohe Spezifität für Pansenegel aufweist (HUSON et al., 2021a).

Die Speziesdifferenzierung von *C. daubneyi* in Abgrenzung zu anderen Pansenegelarten erfolgt mittels DNA-Sequenzierung. Molekulargenetische Untersuchungen können auch von extrahierter DNA aus Pansenegel-Eiern durchgeführt werden (MARTINEZ-IBEAS et al., 2016). Möglich ist auch die Differenzierung unterschiedlicher Populationen von Pansenegelarten (SARGISON et al., 2019).

1.6. Therapie

Für die Therapie der Paramphistomidose sind in Deutschland derzeit keine Medikamente zugelassen.

Wirksam bei der Behandlung der Paramphistomidose ist der Wirkstoff Oxyclozanid aus der Gruppe der Salicylsäureanilide (ARIAS et al., 2013), der in Deutschland unter dem Handelsnamen Distocur[®] (Dopharma Deutschland GmbH, Münster) vertrieben wird. Oxyclozanid ist in Deutschland für Rinder und Schafe zur Behandlung des Befalls mit *F. hepatica* und Bandwürmern zugelassen. Zur Behandlung der Paramphistomidose muss das Arzneimittel gemäß des europäischen Tierarzneimittelrechts (Art. 113 Abs. 1 Buchstabe a VO (EU) 2019/6) umgewidmet werden. Die Dosierung von 15 mg/kg Körpergewicht (KGW) oral verabreicht führt zu einer Eizahlreduktion um 90 % bei Schafen (GARCÍA-DIOS et al., 2020), um 95,6 % bei Ziegen (PARAUD et al., 2009) und um 97–99 % bei Rindern (ARIAS et al., 2013). Bei einer Dosierung von 20 mg/kg KGW oral und

zweimaliger Gabe konnten *P. leydeni*-Eier bei Schafen um 99,5 % reduziert werden (SANABRIA et al., 2014). Experimentell mit *C. daubneyi* infizierte Ziegen erhielten eine Gabe von 22,5 mg/kg KGW Oxyclozanid am 10. Tag nach Infektion zur Behandlung des Befalls mit Juvenilstadien. Die Eiausscheidung war bei Kotuntersuchungen ab dem 90. Tag nach Infektion um 82 % geringer als bei den nicht behandelten Kontrolltieren. Die Gabe von 22,5 mg/kg KGW am 131. Tag nach Infektion reduzierte die Eiausscheidung um 95,9 % im Vergleich zu nicht behandelten Kontrolltieren (PARAUD et al., 2009).

Eine erfolgreiche Behandlung der Paramphistomidose mit einer Steigerung der Milchleistung um 4,8 % durch die Anwendung einer Kombination aus Oxyclozanid (15 mg/kg KGW), Levamisol (7,5 mg/kg KGW) und Fenbendazol (7,5 mg/kg KGW) beschreiben SPENCE et al. (1992). Bei der kombinierten Verabreichung von Oxyclozanid und Levamisol intraruminal führte 18,7 mg/kg KGW Oxyclozanid nach einmaliger Behandlung zur Reduktion der Parasitenzahl im Verdauungstrakt von Rindern um 50 – 98 %, nach zweimaliger Gabe im Abstand von 72 h zur Reduktion um 100 % (ROLFE und BORAY, 1987).

Die Verabreichung von Closantel aus der Gruppe der Salicylsäureanilide zeigt unterschiedliche Behandlungserfolge. In Spanien konnte bei Kühen nach der Verabreichung von Closantel 10 mg/kg KGW oral eine Eizahlreduktion um 97 - 99 % festgestellt werden (ARIAS et al., 2013). Dem entgegenstehend wurde bei einer Studie in Belgien nach der Behandlung mit Closantel 10 mg/kg KGW subkutan verabreicht keine Eizahlreduktion beobachtet (MALRAIT et al., 2015). Eine geringe Wirksamkeit mit Eizahlreduktion zwischen 0 und 81 % wurde auch bei Schafen beobachtet, die mit Closantel 10 mg/kg KGW oral behandelt wurden (GARCÍA-DIOS et al., 2020). Keine Wirksamkeit gegen Juvenilegel zeigte die intraruminale Verabreichung von Closantel in der Dosierung von 7,5 mg/kg KGW (ROLFE und BORAY, 1987). In Deutschland ist Closantel derzeit nicht für die Anwendung bei Tieren zugelassen, deren Milch für den menschlichen Verzehr bestimmt ist.

Mit verschiedenen Präparaten aus der Gruppe der Benzimidazole konnten keine Behandlungserfolge erzielt werden (SPENCE et al., 1996; ARIAS et al., 2013). Auch andere Ansätze zur Behandlung von Infektionen mit *C. daubneyi* wurden untersucht. Die Verabreichung von parasitiziden Pilzen in Kombination mit einem kontrollierten Weidemanagement und Chemotherapie konnte zu einer deutlichen

Eizahlreduktion führen (VOINOT et al., 2020).

Eine in-vitro-Behandlungsstudie untersuchte die Wirksamkeit von Oxyclozanid, Closantel und Praziquantel auf Pansenegel in verschiedenen Nährmedien. Während im optimierten künstlichen System alle drei Wirkstoffe potenziell gegen Pansenegel wirksam waren, zeigte sich im Pansensaftmedium nur bei Oxyclozanid und Praziquantel eine Wirksamkeit gegen adulte Pansenegel. Durch Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop konnte die morphologische Schädigung der Parasiten dargestellt werden (HUSON et al., 2021b).

Zusätzlich kann zur Bekämpfung und Prävention der Paramphistomidose das Weidemanagement einbezogen werden (ROLFE et al., 1991). Aufgrund des vergleichbaren Entwicklungszyklus sind die gleichen Aspekte wie bei der Bekämpfung der Fasciolose zu beachten (KNUBBEN-SCHWEIZER et al., 2011). Für die Einbeziehung des Weidemanagements müssen die Habitate auf der genutzten Fläche bekannt sein, aus denen der Infektionseintrag kommt. Bei Habitaten ausschließlich auf den Jungtierweiden oder Weiden für trockenstehende Kühe kann eine Behandlung der Tiere vor dem Austrieb auf die Weiden für die laktierenden Kühe in Erwägung gezogen werden, um die Infektion in den betroffenen Tieren zu bekämpfen. Finden sich die Habitate auf allen Weiden für laktierende Kühe, kann eine Behandlung der Tiere während des Winters die Ausscheidung von Eiern auf die Weiden reduzieren und somit den Entwicklungszyklus unterbrechen. Wenn sich die Habitate nur auf einzelnen Kuhweiden finden und auf anderen nicht, ist es möglich, zur Senkung des Infektionsdrucks ein Weiderotationssystem zu verwenden (KNUBBEN-SCHWEIZER und TORGERSON, 2015). Dabei werden die Kühe zu Beginn der Weidesaison auf Weiden ohne Habitate ausgetrieben. Im Hochsommer erfolgt die Beweidung der Flächen mit Habitaten für *G. truncatula*. Vor dem Weidebeginn in der folgenden Saison sollte eine Behandlung erfolgen, um die Eiausscheidung auf die Habitats-freien Weiden zu vermeiden (BORAY, 1971). Die Auszäunung einzelner Habitats auf einer Nutzungsfläche wird zwar regelmäßig durchgeführt, der Effekt ist aber wegen schwankender Habitatsgröße aufgrund von Regenfällen fraglich (KNUBBEN-SCHWEIZER und TORGERSON, 2015).

2. Leistungseinflüsse durch Parasitosen

2.1. Pansenegel

In der Normandie wurden von 2010 – 2019 4315 Kotproben von Rindern mit Durchfall auf Pansenegeleier untersucht. Für die betroffenen Tiere wurden Daten zu Verbringung und Schlachtung sowie Mortalität erhoben. Die Ausscheidung von Pansenegeleiern bei den infizierten Tieren lag bei 32,4 % > 0 epg und < 50 epg. Bei 67,6 % der positiven Tiere lag der epg > 50 . Die Altersgruppe > 24 Monate war häufiger betroffen (31,5 %) als die Altersgruppe < 24 Monate (14,4 %). Zwischen der Ausscheidung von Pansenegeleiern (d. h. dem Befall mit adulten Pansenegeln) und dem Schlachtgewicht war kein signifikanter Zusammenhang feststellbar (Schlachtgewicht 314 kg bei Pansenegel-infizierten Tieren gegenüber 309 kg bei nicht infizierten Tieren). Ebenfalls hing der Pansenegelbefall nicht mit einer erhöhten und verfrühten Sterblichkeit der Jungtiere zwischen 6 und 24 Monaten zusammen (DELAFOSSÉ, 2022).

Ein negativer Zusammenhang zwischen Pansenegelbefall und Schlachtgewicht wurde in Großbritannien festgestellt. Bei 974 Schlachtkörpern von Rindern wurde der Verdauungstrakt auf Pansenegel untersucht und das Schlachtgewicht erfasst. Die Schlachtkörper wurden außerdem auf Befall mit *Ostertagia* spp. und *F. hepatica* untersucht. Der Befall der Schlachtkörper lag bei 89 % mit *Ostertagia* spp., 25 % mit Pansenegeln und 29 % mit *F. hepatica*. Das Schlachtgewicht und die Fettklasse waren bei Rindern mit ausschließlich Pansenegelbefall signifikant geringer als bei Rindern ohne Parasitenbefall (BELLET et al., 2016).

Ein fraglich negativer Einfluss auf das Schlachtgewicht wurde der Infektion mit Pansenegeln in einer weiteren Studie in Großbritannien zugeschrieben. In einer univariablen Regressionsanalyse beeinflusste der Pansenegelbefall das Schlachtgewicht statistisch signifikant negativ, unter Berücksichtigung anderer Variablen war der Einfluss statistisch nicht signifikant. Die Fleischqualität wurde durch die Infektion mit Pansenegeln nicht beeinflusst (SARGISON et al., 2016).

Eine weitere Studie in Großbritannien konnte keine Auswirkungen von Pansenegelbefall auf Schlachtgewicht und Fleischqualität feststellen. Im ersten Teil der Studie wurden von November 2018 bis Januar 2019 insgesamt 1910 Schlachtkörper von Rindern an 3 Schlachthöfen auf Pansenegelbefall untersucht. Für jeden Schlachtkörper wurden Tierdaten, Schlachtgewicht, Fleischigkeits- und

Fettklasse erhoben. In jedem Pansen wurde die Anzahl adulter Panseneigel bestimmt. Es konnte kein signifikanter Unterschied in den Parametern Schlachtgewicht, Fleischigkeits- und Fettklasse festgestellt werden. Im zweiten Teil der Studie wurden Kotproben von Jungtieren aus 4 Milchviehbetrieben auf Panseneigelbefall untersucht. Bei Tieren in der ersten Weideperiode wurde der Einfluss von Panseneigelbefall auf Gewichtsentwicklung, Kotkonsistenz und Gesundheitszustand untersucht. Die Tiere wurden monatlich mittels Kotproben getestet, sie wurden gewogen und die Daten zum Gesundheitszustand wurden erhoben. Außerdem wurde für jedes Tier ein Durchfall-Score anhand von Kotkonsistenz und Verschmierungen am Körper bestimmt. Es konnte kein Unterschied zwischen infizierten und nicht infizierten Tieren bezüglich des Durchfall-Scores und des Gesundheitszustandes festgestellt werden. Dieselben Tiere wurden in der zweiten Weideperiode dreimal mit Oxyclozanid oral (Zanil® Fluke Drench, MSD Animal Health, GB) behandelt. Die Behandlungen erfolgten zu Beginn der Weidesaison, zum Zeitpunkt der ersten Ei-Ausscheidung und zum Ende der Weidesaison. Von den Tieren wurden monatlich Kotproben untersucht, sie wurden gewogen, Durchfall-Score und Daten zum Gesundheitszustand wurden erhoben. Es war kein signifikanter Unterschied im Durchfall-Score und Gesundheitszustand der behandelten Tiere im Vergleich zu unbehandelten Tieren festzustellen. Die Eiausscheidung sank signifikant nach Behandlung mit Oxyclozanid (ATCHESON et al., 2022).

Über die Beeinflussung der Fruchtbarkeit durch Panseneigel-Infektionen liegen in der durchgesehenen Literatur keine Daten vor.

Untersuchungen über den Einfluss von Panseneigelinfektionen auf die Milchleistung von Kühen wurden bisher nur in Betrieben mit Mischinfektionen mit anderen Trematoden oder Nematoden durchgeführt.

SPENCE et al. (1992) untersuchten in Australien die Leistungsveränderung auf Herdenebene nach anthelmintischer Behandlung von Milchkühen mit Mischinfektionen (GIN, *Paramphistomum* spp. und *F. hepatica*). Bei den Panseneigeln handelte es sich um die Arten *P. ichikawai* und *C. calicophorum*. Für die Studie wurden 800 Milchkühe aus 8 Betrieben mit Weidehaltung und Milchleistungsprüfung getestet. Es wurden Paare aus der gleichen Altersgruppe, mit ähnlicher Laktationsdauer und Milchleistung gebildet. Ein Tier jedes Paares wurde mit je 7,5 mg/kg KGW Fenbendazol, 7,5 mg/kg KGW Levamisol und

10 mg/kg KGW Oxyclozanid im März, Mai und August behandelt. Das Partnertier blieb unbehandelt. Kotprobennahmen und Untersuchungen auf Parasiteneier erfolgten stichprobenartig bei 10 Paaren pro Betrieb. Behandelte Tiere erzielten mit durchschnittlich 12,6 l Milch/Tag über einen Zeitraum von 11 Monaten eine signifikant höhere Milchleistung als unbehandelte Kontrolltiere mit 12,0 l Milch/Tag. Es konnte kein signifikanter Einfluss auf den Milchfettgehalt festgestellt werden. Die behandelten Tiere zeigten nach der ersten Behandlung Nebenwirkungen in Form von vorübergehend gesunkener Tagesmilchleistung und Durchfall in den ersten 48 Stunden nach Behandlung.

In einer weiteren Untersuchung in Australien wurden 1239 Kühe aus 12 Milchviehherden mit einer Mischinfektion mit Nematoden und *Paramphistomum* spp. (*F. hepatica*-Infektionen ausgeschlossen) für eine Behandlungsstudie ausgewählt. Die Tiere wurden nach Milchleistung sortiert und anschließend zufällig 4 Behandlungsgruppen zugeteilt. Gruppe 1 blieb die unbehandelte Kontrollgruppe. Gruppe 2 wurde mit Oxyclozanid 16,6 mg/kg KGW behandelt. Gruppe 3 erhielt Oxfendazol 4,5 mg/kg KGW und Gruppe 4 eine Kombination aus Oxyclozanid 16,6 mg/kg KGW und Oxfendazol 4,5 mg/kg KGW. Die Behandlung erfolgte im März, Mai und August. Kotproben von 10 Tieren je Gruppe und Farm wurden stichprobenartig entnommen und auf Parasiteneier untersucht. Die Tiere der Gruppe 3 und 4 brachten nach der Behandlung eine signifikant höhere Milchleistung von 18,2 l Milch/Tag und 18,1 l Milch/Tag im Vergleich zu den Tieren aus Gruppe 1 und 2 mit 17,7 l Milch/Tag. Nach der Behandlung mit Oxyclozanid war keine Veränderung der Milchproduktion auszumachen. Die Eizahlreduktion von Pansenegleiern nach Behandlung mit Oxyclozanid betrug in Gruppe 2 und 4 57 % im Vergleich zu den Gruppen 1 und 3. Die Eizahlreduktion von Nematodeneiern nach Behandlung mit Oxfendazol betrug in Gruppe 3 und 4 36 % im Vergleich zu den Gruppen 1 und 2 (SPENCE et al., 1996).

In Deutschland wurden 1166 Kühe aus 17 Betrieben mittels Milch- und Kotproben auf Infektionen mit *C. daubneyi* und *F. hepatica* untersucht. Alle Tiere, die mit *C. daubneyi* infiziert waren, wiesen auch eine *F. hepatica*-Infektion auf. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Leberegel- und Pansenegel-Infektion und Milchleistung festgestellt werden (MAY et al., 2019).

In einer weiteren Studie in Deutschland wurden wiederholt Kotproben von 137 Kühen aus einem Betrieb auf Befehl mit *C. daubneyi* und *F. hepatica* untersucht.

Zudem wurden die Ergebnisse der auf die Kotuntersuchung folgenden MLP erhoben, sowie Milch-BHB-Gehalt, Body-Condition-Score und Methan-Emission. Die Studie konnte eine signifikant geringere Milchleistung um 1,10 kg Milch/Tag bei Pansenegel-infizierten Tieren nachweisen im Vergleich zu nicht infizierten Tieren. MilCHFett- und Milcheiweißgehalt zeigten keinen Unterschied. Es wurde kein Einfluss der parasitären Infektionen auf den Body-Condition-Score nachgewiesen. Der BHB-Gehalt in der Milch war bei *F. hepatica*-infizierten Tieren signifikant höher als bei nicht infizierten Tieren. Die Methan-Emission war bei Pansenegel-infizierten Tieren signifikant geringer als bei nicht infizierten Tieren (MAY et al., 2023).

2.2. *Fasciola hepatica*

Die Fasciolose verursacht durch klinische Erkrankungen, verminderte Leistung und Einbußen bei den Schlachterlösen wirtschaftliche Verluste. Für die Schweiz wurden diese auf 299 € pro infiziertem Tier und Jahr kalkuliert (SCHWEIZER et al., 2005). In Großbritannien lagen die geschätzten jährlichen Kosten aufgrund von Fasciolose bei 40 Mio. £ (ca. 47,3 Mio. €) (BENNETT und IJPELAAR, 2005). In Brasilien lagen die Verluste bei rund 210 Mio. \$ (ca. 210 Mio. €) (MOLENTO et al., 2018). Der Schlachtpreisverlust pro geschlachtetem Tier lag bei 56 \$ (MOLENTO et al., 2020). In der Türkei wurden die jährlichen Kosten pro infiziertem Fleischrind auf 223 \$ und pro infizierter Milchkuh auf 430 \$ geschätzt (SARIOZKAN und YALCIN, 2011). Der jährliche Schaden durch Aufzuchtverluste und Einbußen in Milch- und Schlachtleistung aufgrund von Fasciolose beträgt etwa 3,2 Mrd. \$ weltweit (MEHMOOD et al., 2017). Ebenfalls wurde die Fleischigkeitsklasse durch Fasciolose negativ beeinflusst (BELLET et al., 2016).

Bei mit *F. hepatica* infizierten Tieren konnte in mehreren Studien eine signifikant geringere Milchproduktion im Vergleich zu nicht infizierten Tieren festgestellt werden. Die Reduktion der Milchmenge war besonders bei stark infizierten Tieren groß. Eine Untersuchung in der Steiermark gab einen Rückgang um 438 kg Milch/Tier/Jahr entsprechend 1,2 kg Milch/Tier/Tag an (KÖSTENBERGER et al., 2017), eine Untersuchung in Norddeutschland um 1,62 kg Milch/Tier/Tag (MAY et al., 2020). In Dänemark wurde bei Kühen ab der 3. Laktation sogar ein Rückgang um 919,5 kg Milch in der 305-Tage-Leistung entsprechend 3 kg Milch/Tier/Tag beschrieben (TAKEUCHI-STORM et al., 2021).

Deutlich höhere Einbußen in der Milch wurden bei hochleistenden Milchherden in Großbritannien beobachtet. Bei einem Rückgang der Milchleistung von ca. 15 % im Vergleich zu nicht infizierten Tieren und damit jährlichen Einbußen von ca. 1000 – 1200 l entsprechend 2,7 – 3,3 l/Tag ergab sich ein finanzieller jährlicher Verlust von ca. 333 £/Tier (ca. 380 €) entsprechend 0,91 £/Tier/Tag (HOWELL et al., 2015). Der Rückgang der Milchleistung betrug in mittelstark betroffenen Herden (ODR 0,3–0,6) 18 % und in stark betroffenen Herden (ODR > 0,6) 32 % im Vergleich zu nicht infizierten Herden (ODR < 0,3) (ARENAL et al., 2018).

Mehrere Untersuchungen zeigen einen geringen Rückgang des Milcheiweiß- und Milchfettgehaltes (KÖSTENBERGER et al., 2017; MAY et al., 2020), andere konnten keinen Einfluss auf den Milcheiweißgehalt feststellen (CHARLIER et al., 2007). Ein Zusammenhang zwischen Leberegelbefall und der somatischen Zellzahl war nicht nachweisbar (HOWELL et al., 2015; MAY et al., 2020).

Bei infizierten Tieren ist eine Verlängerung der Zwischenkalbezeit um durchschnittlich 4,7 Tage beschrieben (CHARLIER et al., 2007). Die Rastzeit war bei MAY et al. (2019) bei Leberegel-infizierten Tieren um 4,6 Tage länger als bei nicht infizierten Tieren. Dagegen blieben die Fruchtbarkeitswerte Rastzeit und Besamungsanzahl pro Kalbung bei HOWELL et al. (2015) von einer Infektion mit *F. hepatica* unbeeinflusst.

Der Stoffwechsel von infizierten Kühen wird durch die Infektion belastet. Bei stark infizierten Herden (über 50 % der Tiere infiziert) konnte ein signifikanter Anstieg der β -Hydroxybutyrat-Konzentration in der Tankmilch gemessen werden (MAY et al., 2020). Untersuchungen der β -Hydroxybutyrat-Konzentration im Blutserum von Schafen mit *F. hepatica*- und *F. gigantica*-Infektionen zeigen einen deutlichen Anstieg der Konzentration einige Wochen nach Infektion im Gegensatz zu nicht infizierten Tieren. Der gleichzeitige Rückgang der Blutzuckerwerte lässt die negative Auswirkung der Fasciola-Infektion auf den Energiehaushalt der Tiere erkennen (PHIRI et al., 2007).

Bei der Erstellung eines Modells zur Bestimmung des Fasciolose-Risikos anhand von Serumparametern hat sich die β -Hydroxybutyrat-Konzentration allerdings nicht als geeigneter Parameter erwiesen. Bei den untersuchten chronisch infizierten Tieren unterschieden sich die Werte nicht signifikant von denen nicht infizierter Tiere (KOWALCZYK et al., 2018).

Die Therapie der Fasciolose mit Oxyclozanid hatte einen positiven Effekt auf die Milchleistung sowie den Milcheiweiß- und Milchfettgehalt (THAPA SHRESTHA et al., 2020). Nach der Behandlung mit Closantel konnte in Österreich keine Steigerung der Milchleistung, wohl aber des Milcheiweißgehalts erzielt werden (KÖSTENBERGER et al., 2017), während in Belgien eine deutliche Steigerung der Milchleistung und der Laktationsdauer, aber kein Effekt auf Milcheiweiß- und Milchfettgehalt beobachtet wurden. CHARLIER et al. (2012) stellten aber eine Verbesserung der Milchleistung bei stark infizierten Tieren mit hohem Antikörpertiter über 0,48 ODR fest.

In Schweden wurden vier Milchviehbetriebe mittels Kopro-Antigen-ELISA auf *F. hepatica* untersucht. Zur Kontrolle wurden *F. hepatica*-Antigenlevels in Milchproben bestimmt. Trockenstehenden Kühen aller vier Herden wurde Albendazol 10 mg/kg KGW oral verabreicht. Die ausgeschiedene Kopro-Antigenmenge wurde durch die Behandlung in den Herden mit einer *F. hepatica*-Prävalenz über 60 % signifikant reduziert. In den anderen Herden war kein signifikanter Unterschied in der Kopro-Antigenmenge zu verzeichnen. Im Milch-ELISA reduzierte sich die ODR signifikant in allen Betrieben nach der Behandlung. Die Milchleistung stieg bei behandelten Tieren im Durchschnitt um 3,1 kg Milch/Tier/Tag im Vergleich zu unbehandelten Tieren. Die Infektionszahlen in der Herde blieben aber konstant (NOVOBILSKY et al., 2020).

2.3. Gastrointestinale Nematoden (GIN)

Die wirtschaftlichen Verluste durch Nematodenbefall beim Rind betragen in der europäischen Milchviehhaltung laut einer Studie aus dem Jahr 2016 902 Mio. € jährlich (MAVROT, 2016).

In den Niederlanden wurden 200 mit GIN infizierte und 200 nicht infizierte Herden miteinander verglichen. In mittels Tankmilchuntersuchung positiv getesteten Herden waren die Milchleistung um 1,5 kg/Tier/Tag und der Milchfettgehalt um 0,1 % signifikant geringer als in negativ getesteten Herden. Ein Einfluss auf den Milcheiweißanteil war nicht festzustellen (DANK et al., 2015). Auch in Spanien zeigte sich ein Zusammenhang zwischen hohen Werten im *Ostertagia*-Antikörper-ELISA und einer verminderten Milchleistung (ALMERIA et al., 2009). Ebenso wurde in Schweden eine negative Korrelation zwischen steigenden *Ostertagia*-AK-Werten in Milch und Serum und der Milchleistung festgestellt (BLANCO-

PENEDO et al., 2012). In Deutschland war die Milchleistung bei hoher *Ostertagia*-Seroprävalenz mit ODR > 0,8 um 832,7 kg Milch/Tier/Jahr entsprechend 2,28 kg Milch/Tier/Tag geringer als bei seronegativen Tieren. Bei Hochleistungskühen war mit einer hohen *Ostertagia*-Seroprävalenz mit ODR > 0,8 ein suboptimaler Body-Condition-Score korreliert (SPRINGER et al., 2021).

Eine Verbesserung der Milchleistung durch die Behandlung des Nematodenbefalls konnte wiederholt nachgewiesen werden (VANDERSTICHEL et al., 2013; RAVINET et al., 2014). RAVINET et al. (2014) beobachteten diese Steigerung vor allem bei Tieren in früher Laktationsphase mit kurzem infektiösen Kontakt und geringer Antikörpermenge. In einer Zusammenfassung der bisherigen Datenlage von über 80 Studien zeigte sich, dass in 80 % der Fälle eine Steigerung der Milchleistung um 0,63 kg/Tier/Tag im Durchschnitt erreicht wurde, in 60 % zeigte sich eine Verbesserung des Milchfettgehalts (GROSS et al., 1999).

In Irland wurde der Einfluss von Nematodenbefall auf die Entwicklung von Jungrindern untersucht. In der ersten Weidesaison zeigten mit Ivermectin behandelte und unbehandelte Jungtiere keinen signifikanten Unterschied in der Gewichtszunahme. In der zweiten Weidesaison zeigten dieselben unbehandelten Tiere geringere Gewichtszunahmen als die in der Vorsaison behandelten Tiere. Zusätzlich zeigten die unbehandelten Tiere zum Teil Symptome einer Atemwegserkrankung und überschritten die Grenzwerte zur Behandlung mit Antiparasitika von > 200 epg. Nach der Behandlung beider Gruppen mit Ivermectin war kein Unterschied in der Gewichtszunahme festzustellen (O'SHAUGHNESSY et al., 2015).

III. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

1. Ethische Anerkennung

Die vorliegende Studie wurde von der Ethikkommission der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität geprüft und genehmigt (Aktenzeichen 251-13-01-2021).

2. Betriebe

2.1. Betriebssuche

Für die Durchführung der Studie wurden zwei Milchviehbetriebe mit Pansenegelfall in der Region Oberschwaben-Allgäu nach den folgenden Kriterien gesucht:

- Mittlere Betriebsgröße (30 bis 70 Kühe).
- Tiere haben Weidegang oder werden im Sommer mit frischem Grünfutter gefüttert.
- Teilnahme an der Milchleistungsprüfung (MLP) des LKV Baden-Württemberg.
- Nachgewiesener Befall mit *C. daubneyi*. (Die Speziesbestimmung erfolgte am Institut für Parasitologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover (MAY et al., 2019).)
- Keine Behandlungen mit Anthelmintika.
- Keine Bestandsprobleme bezüglich Eutergesundheit und Fruchtbarkeit, gute Gliedmaßengesundheit (Anteil lahmer Tiere innerhalb eines Jahres < 25 %).

2.1.1. Probetrieb 1

Betrieb 1 war ein im Nebenerwerb geführter Milchviehbestand mit 31 Kühen und Nachzucht. Gehalten wurden zum Zeitpunkt der Untersuchung überwiegend Fleckvieh-Kühe, außerdem drei Braunvieh-Fleckvieh-Kreuzungen und eine Braunvieh-Kuh.

Die Tiere wurden in Anbindehaltung mit täglichem Weideaustrieb zwischen Mai und November auf Umtriebsweiden gehalten. Die Weiden befanden sich im Umkreis der Hofstelle (Abb. 1). Die Jungrinder befanden sich ab dem 2. Lebensjahr

zwischen April und Dezember Tag und Nacht auf sogenannten Jungviehweiden. Das sind Flächen, die ungünstig zum Mähen und ungeeignet für schwerere Rinder sind. Auf diesen Weiden befanden sich Habitate für *G. truncatula*. Auf den Kuhweiden befanden sich keine Habitate.



Abbildung 1: Luftaufnahme von Betrieb 1 mit Weiden und Habitaten
(© GeoBasis-DE/BKG 2023)

Gefüttert wurde während der Sommermonate mit frischem Grasschnitt, Gras- und Maissilage und Getreideschrot, das restliche Jahr mit Gras- und Maissilage, Heu und Getreideschrot.

Eine Voruntersuchung im Dezember 2020 ergab eine Pansenegelprävalenz von 51 % bei den Kühen. Ein Leberegel-Antikörper-ELISA mit Tankmilch (IDEXX Fasciolosis Verification) verlief negativ. Gastrointestinale Nematoden und andere Endoparasiten wurden nicht nachgewiesen. Bei den Jungtieren lag die Pansenegelprävalenz bei 20 %. Der Betriebsleiter hat seine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie erteilt.

2.1.2. Probetrieb 2

Betrieb 2 war ein im Haupterwerb geführter Braunvieh-Zuchtbetrieb mit 66 Kühen und Nachzucht.

Die Tiere wurden in einem Laufstall mit freiem Weidezugang von April bis Oktober gehalten. Das Melken erfolgte mit einem automatischen Melksystem. Die Tiere konnten sich in der Weidezeit Tag und Nacht zwischen Stall und Weide frei bewegen (Abb. 2). Die Jungtiere hatten ab einem Alter von 3 Wochen Zugang zur sogenannten Kälberweide, die sich direkt an den Jungtierstall anschloss und Tag und Nacht geöffnet war. Bereits tragende Jungtiere weideten auf steilen Hangweiden in näherer Umgebung zum Betrieb. Auf den Jungviehweiden befanden sich keine Habitate für *G. truncatula*. Auf den Kuhweiden wurde *G. truncatula* an Quellwasseraustrittsstellen nachgewiesen.



Abbildung 2: Luftaufnahme von Betrieb 2 mit Weiden (© GeoBasis-DE/BKG 2023)

Gefüttert wurden die Kühe mit frischem Grasschnitt in den Sommermonaten, Gras- und Maisilage, Heu und Getreideschrot im gesamten Jahr.

Eine koproskopische Voruntersuchung für die Studie wurde im März 2021 durchgeführt. Dabei wurde eine Pansenegelprävalenz von 63 % und eine Leberegelprävalenz von 51 % bei den Kühen festgestellt. Magen-Darm-Strongylyden wurden in geringer Zahl bei einzelnen Kühen nachgewiesen. Andere Endoparasiten wurden nicht nachgewiesen. Die Untersuchung der Jungtiere verlief negativ. Der Betriebsleiter hat zur Teilnahme an der Studie eingewilligt.

3. Kotprobengewinnung

Diese Studie wurde als Feldstudie konzipiert und durchgeführt und unterlag damit den Abläufen im laufenden landwirtschaftlichen Betrieb. Aufgrund von Zu- und Abgängen im Betrieb, Krankheiten und Trockenstehzeit kam es zu Unterschieden in der Tierzahl bei jeder Probennahme. Auch betriebstechnische Einflüsse wie fehlende Fixationsmöglichkeiten haben die Durchführbarkeit der Studie beeinflusst. Die Kotprobengewinnung erfolgte unter Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen der Probennehmerin sowie der Hilfspersonen. Im Monat August wurden keine Proben entnommen, da in diesem Monat keine MLP durchgeführt wurde.

Die Probennahme erfolgte durch Auffangen von spontan abgesetztem Kot. Bei Tieren, die nicht spontan Kot absetzten, wurde der Kotabsatz durch manuelle Spreizung des Afters provoziert. In Fällen, in denen auch die Provokation nicht zu Kotabsatz führte, wurde der Kot rektal entnommen.

Von jeder Kotprobe wurde die Konsistenz erfasst. Die Einteilung erfolgte in die Kategorien 1 = wässrig, 2 = suppig, 3 = dünnbreiig, 4 = mittelbreiig, 5 = dickbreiig.

3.1. Monatliche Untersuchungen

In Betrieb 1 wurden von Februar 2021 bis Januar 2022 monatlich Kotproben in zeitlicher Nähe zur MLP gesammelt. Aufgrund der Anbindehaltung konnten alle melkenden Kühe beprobt werden.

Im Betrieb 2 wurden von April 2021 bis März 2022 wiederum in zeitlicher Nähe zur MLP Kotproben gesammelt. Die Fixation im Fressfanggitter ermöglichte pro Untersuchung eine Beprobung von ca. 30 Tieren. Darüber hinaus wurde bei jedem Untersuchungstermin von einer unterschiedlich großen Anzahl von Tieren spontan abgesetzter Kot aufgefangen. Die Anzahl der beprobten Tiere schwankte aus diesem Grund im Verlauf des Untersuchungszeitraums.

Um von jedem Tier eine ähnliche Anzahl von Proben zu erhalten, sollte jedes Tier spätestens nach 2 ausgebliebenen Untersuchungsmonaten beprobt werden. Dafür wurden die betroffenen Tiere in einem Schema markiert (Abb. 3) und dem Betriebsleiter im Voraus mitgeteilt. Die Tiere wurden bei der folgenden Untersuchung einzeln für die Probennahme fixiert.

Kalbinnen und zugekaufte Tiere wurden ab dem Zeitpunkt der Eingliederung in die Herde beprobt. Bei der letzten Untersuchung wurden alle Kühe einschließlich der

Trockenstehenden beprobt.

Tiernummer	Gruppe	April	Mai	Juni	Juli	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	Anzahl Proben
38	1			P	P		P	P	P			P	6
39	1							P	P	P	P	P	5
40	1	P		P				P	P	P		P	6
41	1	P		P	P	P	P		P	P	P	P	9
42	1	P		P	P								3
43	1	P	P	P		P	P		P	P	P	P	9
44	1	P				P	P	P	P	P		P	7
45	1	P	P			P		P		P	P	P	7
46	1		P		P	P	P	P		P		P	7
47	1		P	P			P						3
48	1					P	P	P	P	P	P	P	7
49	1					P		P	P	P	P	P	5
50	1			P			P	P	P	P		P	6
51	1					P	P		P		P	P	5
52	1	P		P		P	P	P			P	P	7
53	1		P	P	P			P			P	P	6
54	1			P	P		P	P	P	P		P	7
55	1		P	P	P			P	P	P	P	P	8
56	1				P	P	P	P	P	P	P	P	7
57	1					P	P	P	P	P	P	P	7
58	1								P	P	P	P	4
59	1	P	P		P			P			P	P	6
60	1										P	P	2
61	1		P	P			P		P	P		P	6
62	1	P	P	P		P	P				P	P	7
63	1	P			P								2
64	1									P	P	P	4
65	1	P		P	P			P	P			P	6
66	1												1
67	1			P	P	P		P		P		P	6
68	1					P		P	P	P	P	P	6
69	1		P			P	P	P	P	P		P	7
70	1		P		P	P	P	P			P	P	7
71	1					P	P	P	P	P	P	P	7
72	1		0			P	P	P		P		P	6
73	1	P	P		P	P					P	P	7
74	1			P	P			P	P	P			6
75	1	P	P		P			P		P	P	P	7
76	1					P			P	P	P	P	5
77	1				P			P	P	P	P	P	6
78	2		P		P	P							4
79	2	P	P	P			P	P	P		P	P	8
80	2	P	P	P			P			P		P	6
81	2	P			P	P		P	P	P	P	P	7
82	2	P			P		P	P	P	P	P	P	8
83	2	P	P	P	P	P	P		P			P	8
84	2			P		P							2
85	2						P		P	P		P	4
86	2		P		P			P	P		P	P	6
87	2	P	P	P	P	P	P						6
88	2						P	P		P	P	P	5
89	2			P			P	P	P	P	P	P	7
90	3			P	P	P	P	P			P	P	7
91	3		P		P			P	P		P	P	6
92	3	P	P			P	P	P	P		P	P	8
93	3	P	P			P	P		P		P	P	7
94	3	P	P	P	P		P		P			P	7
95	3	P	P	P				P	P		P	P	7
96	3	P	P	P			P	P			P	P	7
97	3	P	P	P	P		P						5
98	3	P	P		P	P	P	P			P	P	8
99	3	P	P		P								3
100	3			P	P	P	P	P	P			P	7
101	3	P	P	P		P	P						5
102	3	P	P	P	P			P		P	P	P	8
103	3		P				P	P	P	P		P	6
104	3	P	P	P	P		P	P	P			P	8
105	3	P	P	P	P	P		P	P			P	8
106	3	P	P	P	P		P		P			P	7
107	3	P		P	P		P	P		P			8
108	3	P	P			P		P	P	P		P	7
109	3	P		P			P		P	P	P	P	7
110	3	P	P	P	P	P		P			P	P	8
111	3					P		P	P	P		P	6
112	3	P	P				P	P		P	P	P	7
113	3		P	P		P			P	P	P	P	7
114	3			P	P	P		P		P		P	7
115	3	P	P	P			P			P		P	6
116	3		P	P	P		P			P	P	P	7
117	3			P	P	P	P						4

Abbildung 3: Beprobungsschema Betrieb 2; P = Probennahme erfolgt; grau markiert = fehlende Probennahme in den vorherigen 2 Monaten; Tier steht zur Probennahme an und wird im markierten Monat einzeln fixiert und beprobt

4. Kot-Untersuchung

4.1. Sedimentation

Die Untersuchung der Kotproben fand innerhalb von 14 Tagen nach Entnahme statt. In der Zwischenzeit wurden sie im Kühlschrank bei 8 °C gelagert.

Die Untersuchung erfolgte durch die Doktorandin im Labor der Tierarztpraxis Bootz in Ostrach entsprechend einer modifizierten Sedimentationstechnik (DEPLAZES et al., 2020a), die an der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der LMU München standardmäßig durchgeführt wird.

Zur Validierung der Methode wurden vor der Studie die Ergebnisse von Kotuntersuchungen aus dem Praxislabor im Labor der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung der LMU München mit hoher Übereinstimmung bestätigt.

Die Untersuchung wurde wie folgt durchgeführt:

Die Probe wurde im Probenbecher gemischt. Anschließend wurden 10 g der Probe abgewogen, mit etwas Leitungswasser vermischt und mit einem Löffel homogenisiert. Die vermischte Probe wurde durch ein Teesieb mit Maschenweite 800 – 1000 µm in ein 600-ml-Becherglas gegossen. Anschließend wurde der Satz im Teesieb mit einem kräftigen Strahl aus dem Wasserhahn übergossen, bis das Becherglas bis zur 500-ml-Marke gefüllt war. Die Probe wurde anschließend für 15 Minuten sedimentiert, danach wurde der Überstand vorsichtig abgegossen und das Glas erneut mit Leitungswasser bis zur 500-ml-Marke gefüllt. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis der Überstand ungetrübt war. In der Regel reichten hierfür 3 Sedimentationsdurchgänge aus, in einigen Fällen wurde die Probe 4-mal sedimentiert.

Das Sediment wurde über ein Teesieb mit ca. 300 µm Maschenweite in eine Petrischale überführt und mit einem Tropfen Methylenblau-Lösung eingefärbt. Anschließend wurde das komplette Sediment mit einer Pipette in eine Zählkammer überführt und mikroskopisch auf Trematodeneier untersucht. Es wurden alle Eier im Sediment gezählt. Die Eizahl pro Gramm Kot (epg) wurde mit der Formel
$$epg = \frac{\text{Eizahl im Sediment}}{10 \text{ gr. Kot}}$$
 ermittelt. Eine Abgrenzung zu Eiern des Großen Leberegels ist anhand der Farbe der Eier möglich (Pansenegeleier gräulich, Leberegeleier goldgelb) (Abb. 4). In den Pansenegeleiern finden sich außerdem deutlich ausgebildete runde Granula.



Abbildung 4: Eier von Pansenegeln (P) und Leberegeln (L), © Labor der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, LMU München

Zur Überwachung konkurrierender Endoparasitosen wurden pro Betrieb bei jeder Untersuchung 2-3 zufällig ausgewählte Einzeltier-Proben mit dem Flotationsverfahren auf Parasiteneier untersucht.

5. MLP-Daten

5.1. Milchleistungsprüfung (MLP)

Im Rahmen des Tierzuchtgesetzes wurden vom Gesetzgeber Kontrollverbände mit der Leistungs- und Qualitätsprüfung von Milchkühen beauftragt. Diese Prüfung wird in Baden-Württemberg durch den Landesverband Baden-Württemberg für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V. (LKV Baden-Württemberg) durchgeführt. Die Teilnahme der landwirtschaftlichen Betriebe an der MLP ist freiwillig, wird aber unter anderem für die Eintragung der Tiere ins Zuchtbuch vorausgesetzt. Die Prüfung wird staatlich finanziell unterstützt (HOEDEMAKER et al., 2013).

Die MLP findet im Milchjahr elfmal im Abstand von 22–37 Tagen (ausnahmsweise

bis zu 75 Tage) statt, so dass das Milchjahr (1. Oktober bis 30. September) in elf Prüfungsabschnitte unterteilt wird. Am Prüftag wird von jeder Kuh ab dem 5. Laktationstag eine Milchprobe entnommen. In konventionell melkenden Betrieben jeweils abends und am darauffolgenden Morgen manuell, in Betrieben mit automatischer Melkung im Verlauf von 24 Stunden mittels automatischem Probenahmegerät. Bei der anschließenden Milchuntersuchung vom Milchprüfing Baden-Württemberg (akkreditiertes Prüflabor nach DIN ISO 17025) werden die Hauptinhaltsstoffe Fett-, Eiweiß-, Harnstoff- und Laktosegehalt sowie die Zellzahl bestimmt. Für diese Studie wurden die Parameter Milchmenge (kg), Fett- und Eiweißgehalt (%) sowie Zellzahl (in 1000 somatische Zellen/ml) verwendet (Tab. 1).

Tabelle 1: Milchleistungsparameter mit jeweiligem Untersuchungsverfahren

Parameter	Untersuchungsverfahren
Fett	Mittel-Infrarot(MIR)-Spektroskopie
Eiweiß	Mittel-Infrarot(MIR)-Spektroskopie
Zellzahl	fluoreszenzoptische Zählung

Über das Herdenmanager-Programm RDV4M (LKV, Stuttgart) werden die Daten für den Nutzer zugänglich gemacht (Abb. 5).

Es wurden nur MLP-Ergebnisse in der Untersuchung verwendet, denen eine Kotuntersuchung zugeordnet werden konnte.

Name ▼	Rasse ▼	Lakt. Zahl	Lakt. Tage	ST	Milch kg	Fett %	Eiw %	ZZ
	XFM	6	380		14,9	4,94	4,10	97
	FL	6	110		23,6	3,94	3,51	15
	BV	5	444		10,0	4,50	3,38	97
	FL	4	508		12,6	3,83	3,39	93
	FL	5	146		24,1	3,87	3,62	53
	FL	5	319		12,8	4,38	3,59	41
	FL	4	462	T				35
	XFM	4	226		18,4	4,67	3,60	56
	FL	3	336		17,6	4,39	3,31	59
	FL	4	136		19,5	3,24	3,28	65
	FL	3	253		16,5	4,66	3,38	22
	FL	2	482		14,0	4,01	3,39	69
	FL	2	240		18,6	4,73	3,62	97
	FL	2	224		20,6	4,22	3,49	39
	FL	2	351		13,6	4,29	3,68	83
	FL	2	16		27,8	4,65	3,30	20
	FL	2	114		23,7	3,99	3,31	77
	FL	2	253		14,9	3,83	3,60	36
	XFM	2	156		17,5	3,87	3,23	24
	FL	2	160		19,3	4,38	3,49	33
	FL	2	103		21,3	4,44	3,59	18
	FL	2	241		13,3	4,67	3,75	100
	FL	1	526		15,5	4,28	3,71	23
	FL	1	392		12,6	4,67	3,49	70
	FL	2	161		18,5	4,37	3,30	28
	FL	1	144		17,6	4,97	3,38	27
	FL	1	119		18,1	4,10	3,42	15
	FL	5	566		10,1	4,01	3,65	100
	FL	1	18		23,8	4,41	3,71	47

Lakt.Zahl =
Laktationszahl

Lakt.Tage=
Laktationstage

ST =
Status
(T =
trockenstehend)

Eiw = Eiweiß

ZZ = Zellzahl

Rasse:
FL = Fleckvieh
BV = Braunvieh
XFM = Kreuzung

Abbildung 5: Darstellung der Ergebnisse einer Probemelkung im Programm RDV4M von Betrieb 1 (©LKV BW, 2023)

5.2. Ketonwertbestimmung

Die Analyse der Milch mittels Mid-Infrarot-Spektroskopie (MIR-Spektroskopie) konnte auch zur Ketonwertbestimmung genutzt werden. Der LKV Baden-Württemberg hat einen Ketoseindex (KetoMIR) entwickelt, mit dem im Rahmen der monatlichen Milchkontrolle aus den Milch-Inhaltsstoffen indirekt ein dreistufiges Ketoserisiko (gering, mittel, hoch) für jede Kuh abgeleitet werden konnte (DRÖSSLER et al., 2018). Aus den MIR-Spektren lässt sich der Blut-BHB-Wert vorhersagen, sodass ein Wert in mmol/l zu jeder Milchleistungsprüfung für jede Kuh bis zum 120. Laktationstag bereitgestellt wurde (BONFATTI et al., 2019) Daher konnte in dieser Studie auf eine Blutentnahme zur Bestimmung von BHB verzichtet werden.

5.3. Fruchtbarkeitsdaten

Die Fruchtbarkeitsdaten für jedes Tier in der Studie wurden anhand der Tierhistorie erhoben. Die Tierhistorie wird im Herdenmanager-Programm RDV4M für jedes Tier angelegt und erfasst alle dieses Tier betreffenden Kalbungen und Besamungen zur Ermittlung der Fruchtbarkeitsdaten (Abb. 6).

Datum	LTag	Text
17.12.2022	129	. . . . . PM 03 17,2 4,57 3,39 1902 21,0
17.12.2022	129	TU positiv
12.11.2022	94	. . . . . PM 02 18,0 5,48 3,59 4741 44,0
22.10.2022	73	---- 1. Belegung ----
08.10.2022	59	. . . . . PM 01 25,2 4,23 3,05 401 38,0
10.09.2022	31	. . . . . PM 11 24,8 4,41 3,05 421 31,0
10.08.2022	0	3. Kalbung
17.07.2022	485	. . . . . PM 10 trocken
12.06.2022	450	. . . . . PM 09 trocken
15.05.2022	422	. . . . . PM 08 trocken
09.04.2022	386	. . . . . PM 07 9,4 4,96 3,90 209 12,0
12.03.2022	358	. . . . . PM 06 9,4 5,07 3,95 351 12,0
12.02.2022	330	. . . . . PM 05 11,0 5,09 3,87 241 12,0
15.01.2022	302	. . . . . PM 04 11,2 5,00 3,91 219 10,0
19.12.2021	275	. . . . . PM 03 10,8 5,15 3,95 260 14,0
15.11.2021	241	. . . . . PM 02 13,3 4,67 3,75 100 21,0
31.10.2021	226	2. Belegung --
24.10.2021	219	. . . . . PM 01 16,4 4,62 4,18 85 17,0
25.09.2021	190	. . . . . PM 11 27,4 4,26 3,74 86 29,0
02.08.2021	136	1. Belegung --
18.07.2021	121	. . . . . PM 10 19,0 6,34 3,41 132 39,0
20.06.2021	93	. . . . . PM 09 19,4 5,76 3,20 42 26,0
15.05.2021	57	. . . . . PM 08 21,6 4,54 3,39 65 28,0
17.04.2021	29	. . . . . PM 07 23,0 6,55 3,09 460 26,0
19.03.2021	0	2. Kalbung
13.03.2021	358	. . . . . PM 06 trocken
13.02.2021	330	. . . . . PM 05 trocken
06.01.2021	292	. . . . . PM 04 17,0 5,05 3,75 82 18,0
06.12.2020	261	. . . . . PM 03 15,0 5,06 3,74 74 19,0
31.10.2020	225	. . . . . PM 02 15,0 4,73 3,69 74 35,0
27.09.2020	191	. . . . . PM 01 14,8 4,19 3,31 88 27,0
22.08.2020	155	. . . . . PM 11 15,4 4,34 3,34 62 30,0
12.07.2020	114	. . . . . PM 10 19,8 4,27 3,10 37 15,0
14.06.2020	86	. . . . . PM 09 19,8 5,47 2,75 54 31,0
28.05.2020	69	---- 1. Belegung ----
10.05.2020	51	. . . . . PM 08 22,0 4,81 3,08 22 22,0
11.04.2020	22	. . . . . PM 07 27,4 5,26 3,12 69 32,0
20.03.2020	0	1. Kalbung
17.10.2019		zugegangen

LTag = Laktationstag

PM = Probemelkung

Untersuchungszeitraum

Rastzeit (RZ) 1 + RZ 2
 durchschnittliche RZ = (RZ 1 + RZ 2)/2

Zwischenkalbezeit (ZKZ) 1 + ZKZ 2
 durchschnittliche ZKZ = (ZKZ 1 + ZKZ 2)/2

Besamungen seit der letzten Kalbung
 -> EBE: nur 1 Besamung seit letzter Kalbung

Abbildung 6: Darstellung der Tierhistorie einer Kuh aus Betrieb 2 im Programm RDV4M (©LKV BW, 2023)

Es wurden folgende Parameter untersucht:

- Rastzeit (RZ): Anzahl der Tage zwischen der letzten Kalbung und der ersten darauffolgenden Besamung. Bei zwei Laktationen im Untersuchungszeitraum wurde ein Durchschnittswert aus den beiden Laktationen erhoben.
- Zwischenkalbezeit (ZKZ): Anzahl der Tage zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abkalbungen einer Kuh. Bei zwei Laktationen im Untersuchungszeitraum wurde ein Durchschnittswert aus beiden Laktationen erhoben.
- Erstbesamungserfolg (EBE): Anteil der Tiere an der Gesamtherde, der nach der ersten Besamung trächtig wurde. Beurteilt wurde bei jeder Kuh die aktuelle Laktation zum Endzeitpunkt des Untersuchungszeitraums.
- 56-Non-Return-Rate (56-NRR) in %: Anteil der Tiere an der Gesamtherde, der innerhalb der ersten 56 Tage nach der ersten Besamung nicht erneut besamt wurde. Beurteilt wurde bei jeder Kuh die aktuelle Laktation zum Endzeitpunkt des Untersuchungszeitraums.

Aufgrund von fehlenden Daten bei Kühen in der 1. Laktation konnten bei einigen Tieren einzelne Parameter nicht erhoben werden.

6. Gruppeneinteilung

Zur Datenauswertung wurden die Tiere in beiden Betrieben in Gruppen eingeteilt, die folgendermaßen definiert wurden:

Gruppe 1 „negativ“: Bei den zugehörigen Tieren wurde im gesamten Untersuchungszeitraum keine Ausscheidung von Pansenegel- und Leberegeleiern nachgewiesen.

Gruppe 2 „Pansenegel-positiv“: Bei Tieren dieser Gruppe wurden in mindestens einer Untersuchung Pansenegeler, aber keine Leberegeleier nachgewiesen.

Gruppe 3 „Pansenegel-positiv & Leberegel-positiv“: Tiere dieser Gruppe waren Pansenegel-positiv (gemäß Gruppe 2) und schieden in mindestens einer Untersuchung Leberegeleier aus.

7. Statistische Auswertung

Die Erfassung der Rohdaten erfolgte mithilfe von Microsoft Office Excel 2019 (Microsoft Corporation, Redmond, USA). Die statistische Auswertung wurde mithilfe der freien Software R für Statistik und Grafik, Version 4.2.1 (The R Foundation for Statistical Computing, Wien, Austria) durchgeführt. Für die Auswertung wurde das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ festgelegt. Die Konfidenzintervalle wurden anhand des Konfidenzniveaus $1-\alpha = 0,95$ (Vertrauensbereich) berechnet. Zur Bestimmung von statistisch signifikanten Zusammenhängen wurde der p -Wert erhoben. In dieser Dissertation wird ab einem p -Wert $< 0,05$ von einem statistisch signifikanten Zusammenhang ausgegangen.

Die Milchleistungsparameter (Milchleistung, Milcheiweiß, Milchfett, Somatische Zellzahl) sowie das β -Hydroxybutyrat wurden mit einem linearen Regressionsmodell ausgewertet. Aufgrund der breiten Streuung der Messwerte wurde mehrfach ein robustes lineares Regressionsmodell verwendet. Für alle Parameter wurde der geschätzte Randmittelwert erhoben und ein 95 %-Konfidenzintervall.

Die monatlich erhobenen Parameter (Pansenegel-epg, Leberegel-epg, Milchleistung, Milchfett, Milcheiweiß, Zellzahl) wurden zuerst über den ganzen Untersuchungszeitraum (02/2021–01/2022 für Betrieb 1 und 04/2021–03/2022 für Betrieb 2) analysiert. Um einen saisonalen Einfluss des Pansenegelbefalls zu untersuchen, erfolgte auch eine Analyse für den Zeitraum „Sommerhalbjahr“ (April – September) und „Winterhalbjahr“ (Oktober – März).

Zusammenhangsprüfungen für die Fruchtbarkeitsparameter Rastzeit und Zwischenkalbezeit wurden im Fall von 2 Gruppen mit dem Mann-Whitney-Test und im Fall von 3 Gruppen mit dem Kruskal-Wallis-Test geprüft. Der Erstbesamungserfolg wurde mit einem linearen Regressionsmodell und die 56-NRR mit der Pearson-Chi-Quadrat-Kontingenzanalyse untersucht.

Innerhalb der Betriebe wurde die Altersverteilung in den Gruppen untersucht. Dabei wurde im Fall von 2 Gruppen der Mann-Whitney-Test und im Fall von 3 Gruppen der Kruskal-Wallis-Test verwendet. Die Laktationszahl wurde mit einer Poisson-Regression ausgewertet.

Außerdem wurde auf einen Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und der Stärke des Pansenegelbefalls (epg) untersucht. Dabei wurden nur Kühe aus der Gruppe 2 beider Betriebe gemeinsam verwendet. Die Analyse wurde mit dem

Kruskal-Wallis-Test sowie einem zero-inflated linearen Regressionsmodell durchgeführt. Zur Berechnung der statistischen Zusammenhänge wurden die Tiere den Altersgruppen 2–4 Jahre, 5–6 Jahre, 7–8 Jahre und 9+ Jahre zugeordnet und die epg-Werte logarithmiert. Der Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und der Stärke des Leberegelbefalls (epg) wurde aus Gruppe 3 in Betrieb 2 ebenfalls mit dem Kruskal-Wallis-Test geprüft und die Tiere wurden dazu denselben Altersgruppen zugeordnet.

Der Zusammenhang zwischen Stärke des Pansenegelbefalls (epg) und der Kotkonsistenz wurde für Kühe aus Gruppe 2 mit dem Kruskal-Wallis-Test sowie einem zero-inflated linearen Regressionsmodell geprüft. Dazu wurden die Kotkonsistenz 1 (wässrig) und 2 (suppig) sowie 3 (dünnbreiig) und 4 (mittelbreiig) jeweils zusammengefasst.

IV. ERGEBNISSE

Darstellung mit Box-Violin-Plots

Die Ergebnisse zur Untersuchung von Alter und Eiausscheidung von Pansen- und Leberegeln sowie zur Rastzeit und Zwischenkalbezeit werden mit Box-Violin-Plots dargestellt. Der Median wird mit einem roten Punkt, das obere und untere Quartil mit einem Rechteck und das 95%-KI mit einer vertikalen Linie angezeigt. Die Umrandung, die einer Violine ähnelt, zeigt die gesamte Verteilung der Daten an.

1. Allgemeines

Die Anzahl untersuchter Kühe und genommener Kotproben in den beiden Betrieben kann der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Gruppeneinteilung in Betrieb 1 und 2 nach Trematodenbefall und Anzahl der zugeordneten Tiere und der genommenen Kotproben für alle Gruppen

	Anzahl Kühe	Anzahl Kotproben
Betrieb 1		
Gruppe* 1	15	131
Gruppe 2	22	163
Betrieb 2		
Gruppe 1	29	164
Gruppe 2	23	141
Gruppe 3	28	188

*Gruppe 1 = negativ, Gruppe 2 = PE-positiv, Gruppe 3 = PE- und LE-positiv

Die Anzahl der Proben pro Monat ist in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt.

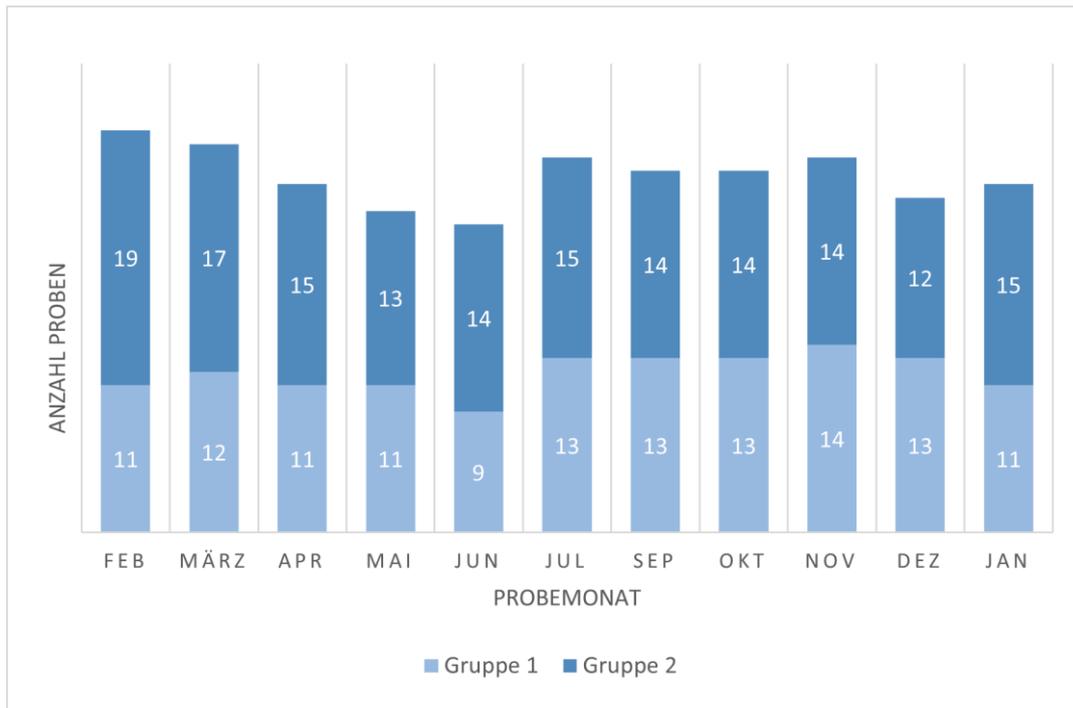


Abbildung 7: Anzahl der monatlich entnommenen Kotproben in Betrieb 1 aufgeteilt nach Versuchsgruppen (Monat August ohne Probenahme)

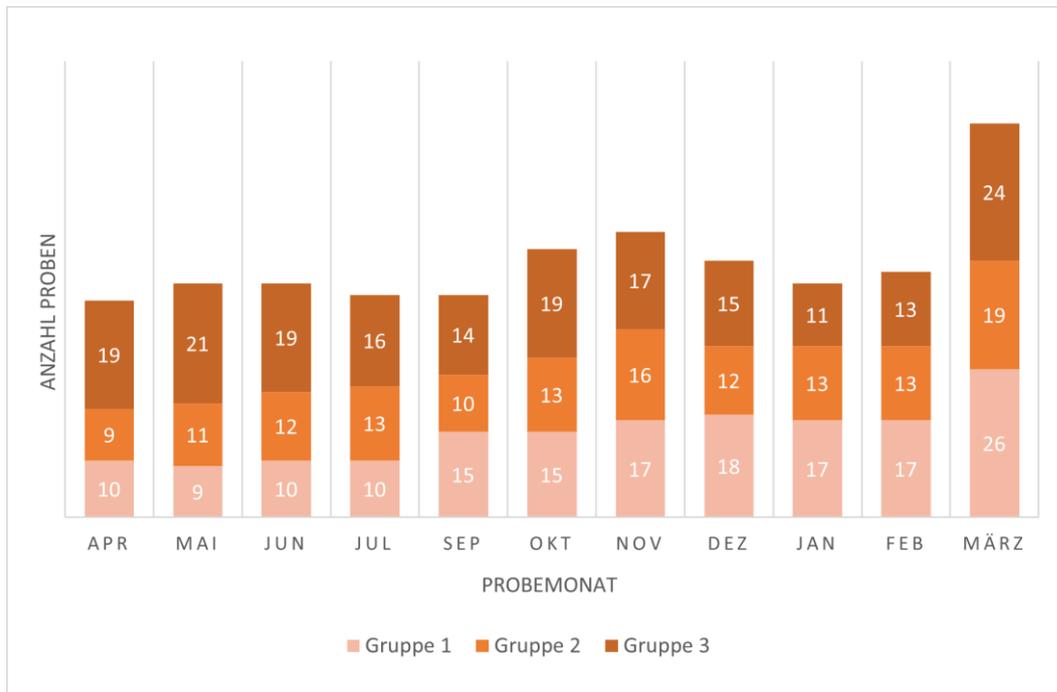


Abbildung 8: Anzahl der monatlich entnommenen Kotproben in Betrieb 2 aufgeteilt nach Versuchsgruppen (Monat August ohne Probenahme)

1.1. Alter und Anzahl Laktationen

Das Alter und die Laktationszahl der Tiere waren in beiden Betrieben in Gruppe 2 und in Betrieb 2 auch in Gruppe 3 höher als in Gruppe 1. Der Unterschied im Alter der Tiere war statistisch signifikant zwischen allen Gruppen in Betrieb 2 (Abb. 9). Der Unterschied in der Laktationszahl der Tiere war ebenfalls statistisch signifikant zwischen allen Gruppen in Betrieb 2 (Abb. 10 + 11).

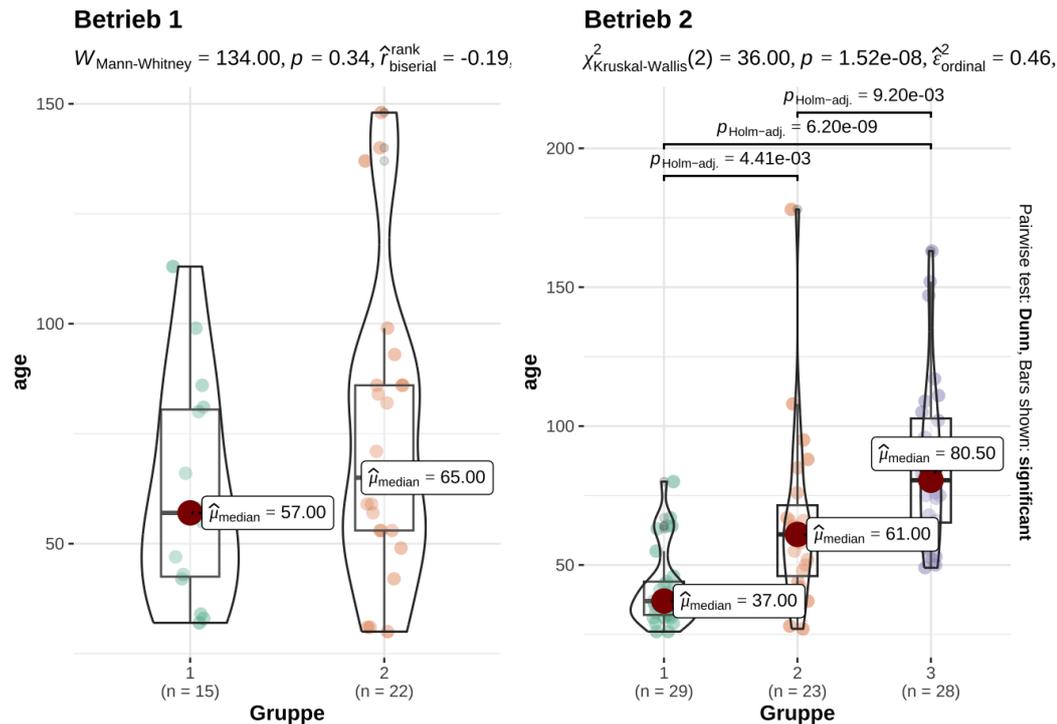


Abbildung 9: Medianes Alter in Monaten der Kühe in Betrieb 1 und 2 aufgeteilt nach Gruppen. Berechnung der statistischen Unterschiede zwischen den Gruppen innerhalb eines Betriebes mittels Mann-Whitney-Test (Betrieb 1) resp. Kruskal-Wallis-Test (Betrieb 2), signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zeigen Balken über den Violin-Plots

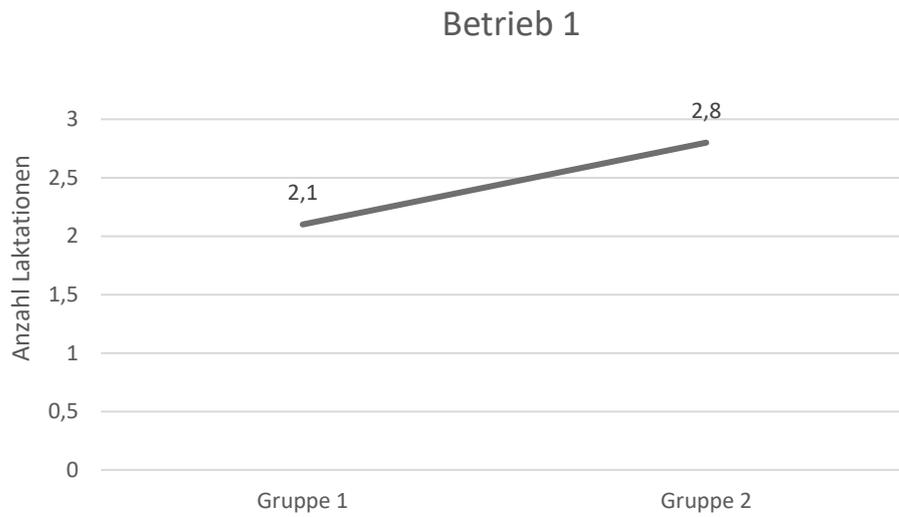


Abbildung 10: Geschätzte Randmittelwerte der Laktationszahl der Kühe in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen ($p = 0,166$)

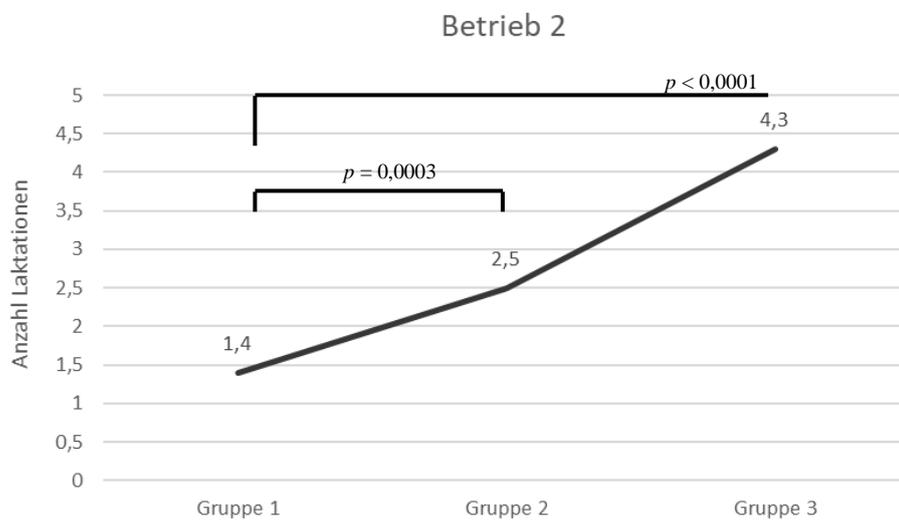


Abbildung 11: Geschätzte Randmittelwerte der Laktationszahl der Kühe in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen

1.2. Patente Pansenegel- und Leberegelinfektionen

Die Prävalenz für Pansenegelbefall lag im Untersuchungszeitraum in Betrieb 1 bei 59,5 % und in Betrieb 2 bei 64 %.

Die Ausscheidung von Pansenegeleiern wurde für jede Gruppe für den ganzen Untersuchungszeitraum sowie für die Halbjahre April – September und Oktober – März bestimmt. Die höchsten Pansenegel-epg-Medianwerte wurden bei mischinfizierten Kühen (Gruppe 3) festgestellt (Tab. 3). Die Maximalwerte in der Koprooskopie lagen bei 51,4 epg in Betrieb 1 und 92,3 epg in Betrieb 2.

Tabelle 3: Pansenegel-epg-Werte aus Gruppe 2 und 3 in unterschiedlichen Abschnitten des Untersuchungszeitraums (Median und IQR)

	Ganzes Jahr	IQR	April – September	IQR	Oktober – März	IQR
	Betrieb 1					
Gruppe 2	1,1	3–0,3	1,3	3,75–0,2	0,9	2,8–0,4
	Betrieb 2					
Gruppe 2	0,3	1,6–0,0	0,3	1,6–0,0	0,3	1,5–0,0
Gruppe 3	5,5	18,2–1,6	5,3	16,2–1,7	6,1	26,8–1,3

In dem auch von Leberegelbefall betroffenen Betrieb 2 betrug die Prävalenz 35 %. Der höchste gemessene Wert für die Ausscheidung von Leberegeleiern lag bei 4,0 epg.

Tabelle 4: Leberegel-epg-Werte in unterschiedlichen Abschnitten des Untersuchungszeitraums (Median und IQR)

	Ganzes Jahr	IQR	April – September	IQR	Oktober – März	IQR
	Betrieb 2					
Gruppe 3	0,0	0,2–0,0	0,2	0,3–0,0	0,0	0,1–0,0

Mittels Flotationsverfahren untersuchte Stichproben waren in Betrieb 1 immer negativ. In Betrieb 2 wurden in der Juliprobe bei einem Tier ein geringgradiger Befall mit Magen-Darm-Strongyliden nachgewiesen.

1.2.1. Ausscheidungsdynamik

In Gruppe 3 war die Ausscheidung von Pansenegeleiern in den Monaten Januar – März am stärksten. In Gruppe 2 konnte dagegen keine saisonale Schwankung der Ausscheidung verzeichnet werden. Die Ausscheidung von Leberegeleiern war in den Monaten April und Mai sowie Juli und September am höchsten (Abb. 12).

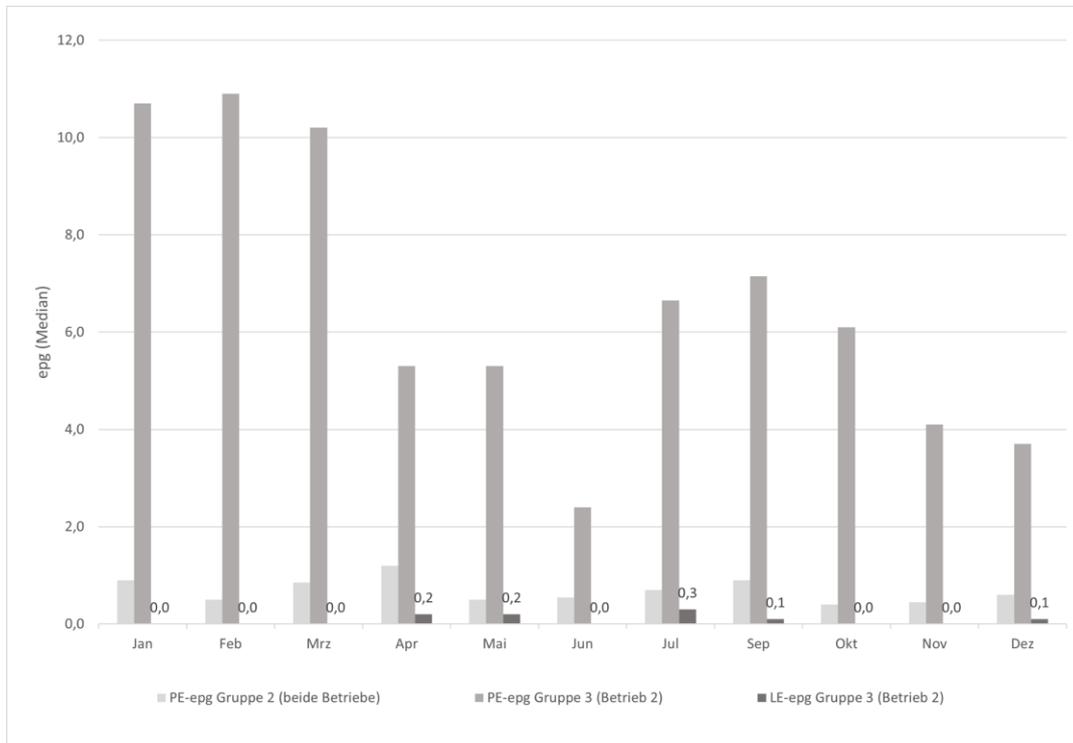


Abbildung 12: Monatliche Ausscheidungsintensität von Pansenegel- und Leberegeleiern (zur besseren Sichtbarkeit wird der Wert „LE-epg“ zusätzlich mit Zahlen angegeben)

Der Anteil der Tiere, die eine dauerhafte Pansenegelausscheidung zeigten, lag in Gruppe 2 bei 56 % (25 von 45 Tiere). Kotproben ohne Einachweis kamen in den Monaten Mai – November häufiger vor als im Winter (Abb. 13). Bei einzelnen Tieren wurde beobachtet, dass eine kontinuierliche Eiausscheidung auf vorher kontinuierlich fehlende Eiausscheidung folgte (Abb. 13: Tiernummer 56, 89).

In Gruppe 3 gab es keine Kotprobe ohne Pansenegeleier. Die Ausscheidung von Leberegeleiern war dagegen bei keinem Tier aus Gruppe 3 kontinuierlich (Abb. 14).



Abbildung 13: Positivität (rote Felder) der untersuchten Kühe aus Gruppe 2 beider Betriebe dargestellt über ein Kalenderjahr

1.3. Pansenegele- und Leberegeleiausscheidung und Alter



Abbildung 14: Positivität (rote und gelbe Felder) der untersuchten Kühe aus Gruppe 3 (Betrieb 2) dargestellt über ein Kalenderjahr

Die mediane Ausscheidung von Pansenegeleiern (epg) nahm mit dem Alter der Kühe in beiden Betrieben zu. Auf eine statistische Analyse innerhalb der beiden Betriebe wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße verzichtet. Stattdessen wurden die Kühe aus Gruppe 2 beider Betriebe zusammen analysiert.

Tabelle 5: Pansenegeleiausscheidung (epg) im Median der Kühe aus Gruppe 2 aufgeteilt nach dem Alter der Tiere (eingeteilt in 4 Altersgruppen) innerhalb von Betrieb 1 und Betrieb 2.

epg (n) Altersgruppen	Betrieb 1	IQR	Betrieb 2	IQR
2–4 Jahre	0,8 (4)	1,4	0,5 (7)	1,6
5–6 Jahre	0,4 (8)	0,6	0,3 (10)	0,4
7–8 Jahre	2,4 (6)	1,5	2,5 (4)	3,2
9+ Jahre	3,3 (4)	9,0	4,9 (2)	4,5

Dabei zeigte sich, dass sich die Ausscheidung von Pansenegleiern zwischen den Altersgruppen 2–4 und 7–8, 2–4 und 9+ sowie zwischen den Altersgruppen 5–6 und 7–8, 5–6 und 9+ statistisch signifikant unterschied (Abb. 15).

Die Ausscheidung von Leberegeiern lag in der Altersgruppe 5–6 Jahre bei 0,0 epg (IQR 0,1 epg), in der Altersgruppe 7–8 Jahre bei 0,0 epg (IQR 0,1 epg) und in der Altersgruppe 9+ Jahre bei 0,2 epg (IQR 0,5 epg). Es waren keine Kühe im Alter 2–4 Jahre mit Leberegeln befallen. Statistisch war die Ausscheidung in der Altersgruppe 9+ Jahre signifikant höher als in der Altersgruppe 5–6 Jahre (Abb. 16).

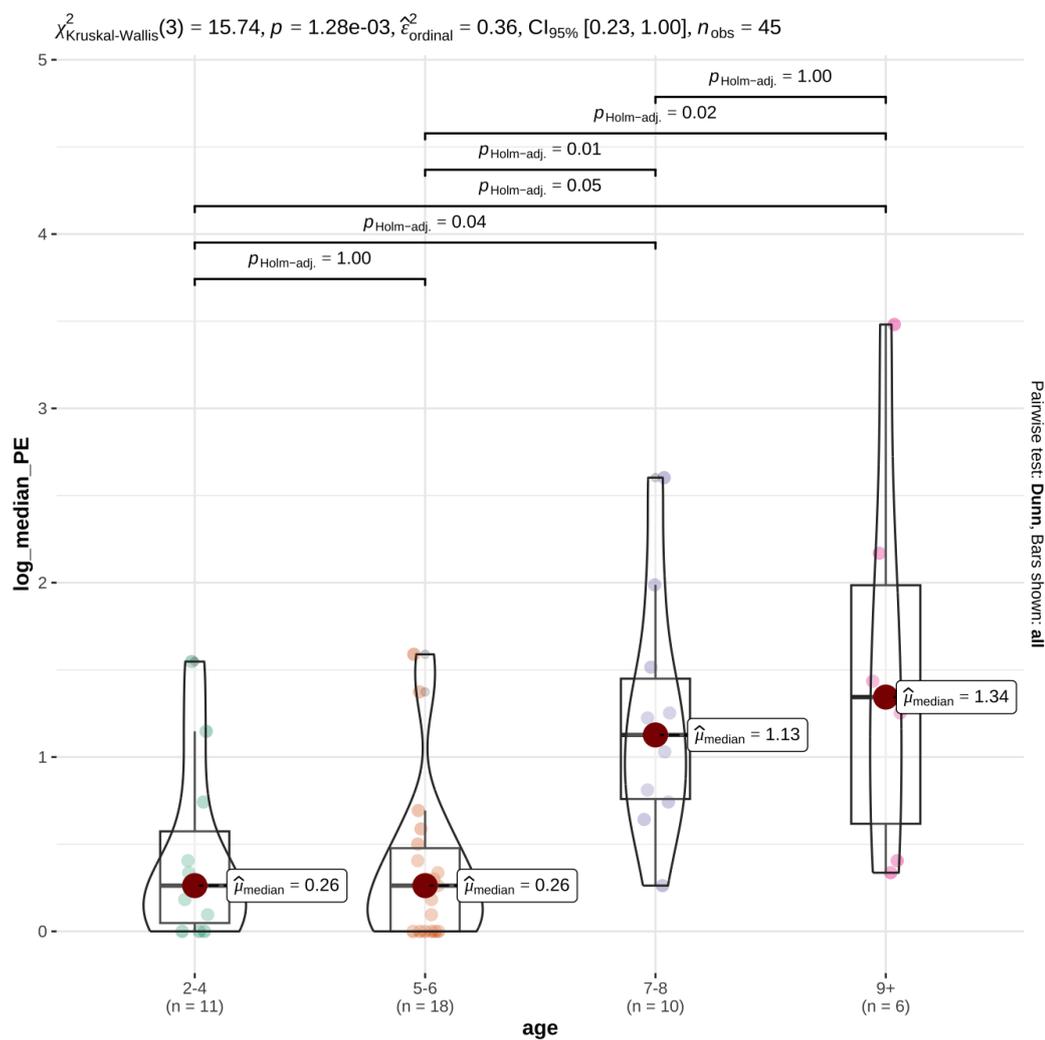


Abbildung 15: Pansenegleiausscheidung (Median) der Kühe aus Gruppe 2 (beide Betriebe) aufgeteilt nach den Altersgruppen 2–4 Jahre, 5–6 Jahre, 7–8 Jahre und 9+ Jahre mit statistischer Analyse der Unterschiede zwischen den jeweiligen Altersgruppen (statistisch signifikante Unterschiede sind mit Balken über den Violin-Plots markiert)

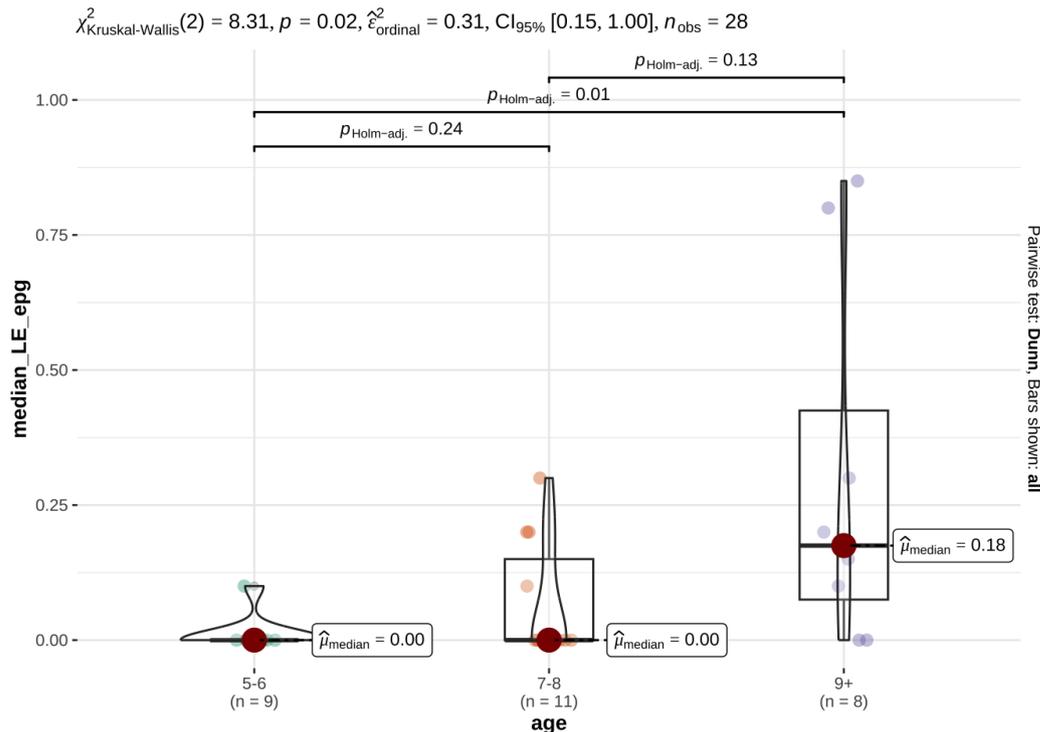


Abbildung 16: Leberegelausscheidung (Median) der Kühe aus Gruppe 3 (Betrieb 2) aufgeteilt nach den Altersgruppen 5–6 Jahre, 7–8 Jahre und 9+ Jahre mit statistischer Analyse der Unterschiede zwischen den jeweiligen Altersgruppen (statistisch signifikante Unterschiede sind mit Balken über den Violin-Plots markiert)

1.4. Pansenegelausscheidung und Kotkonsistenz

Von 235 Kotproben mit Pansenegeleiern wurden insgesamt 30 Proben der Kotkonsistenz 1–2 zugeordnet, davon hatten alle die Kotkonsistenz 2 (suppig). 205 Kotproben mit Pansenegeleiern wurden der Kotkonsistenz 3–4 zugeordnet, davon hatten 195 Kotproben die Kotkonsistenz 3 (dünnbreiig) und 10 Kotproben die Kotkonsistenz 4 (mittelbreiig). Die Kotkonsistenz 5 (dickbreiig) wurde nicht vergeben. Der epg-Wert betrug für die Kotkonsistenz 1–2 2,6 epg und für die Kotkonsistenz 3–4 2,4 epg. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant ($p = 0,79$). Der Anteil der Kotproben, die eine physiologische Kotkonsistenz (3–4) hatten, lag bei Pansenegel-infizierten Kühen bei 87 %.

In den negativen Gruppen der beiden Betriebe wurden 295 Kotproben untersucht. Der Anteil der Kotproben, die eine Kotkonsistenz von 3–4 hatten, betrug 82 % (241 von 295 Kotproben) (Abb. 17).

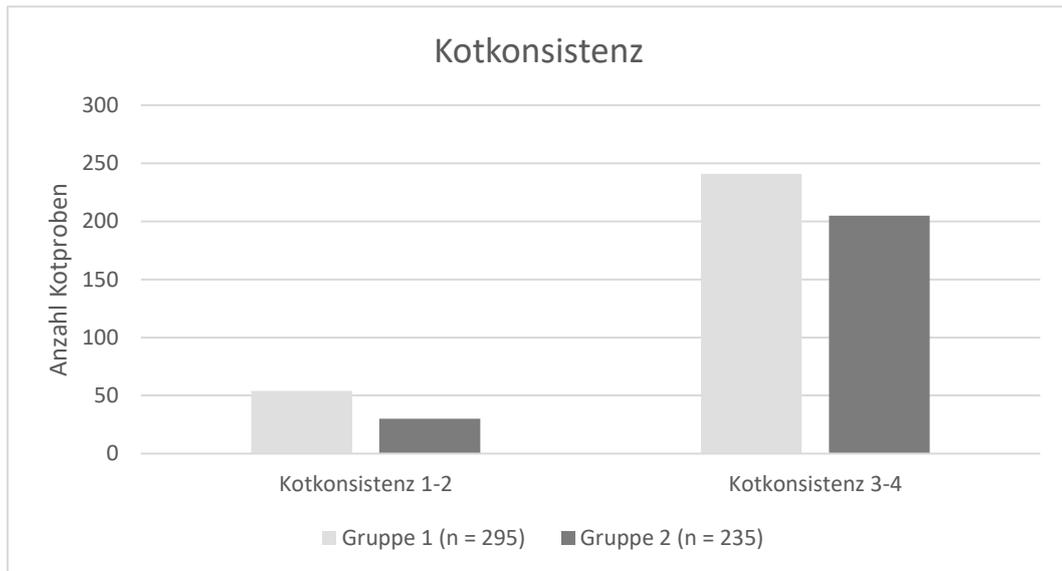


Abbildung 17: Kotkonsistenz der Proben von Kühen aus Gruppe 1 (PE-negativ) und von positiven Kühen aus Gruppe 2 (PE-positiv)

2. Milchleistungsparameter

2.1. Milchleistung

Die Herdenleistung lag in Betrieb 1 im Untersuchungszeitraum von Februar 2021 bis Januar 2022 bei 20,8 kg/Tier/Tag. In Betrieb 2 lag sie im Untersuchungszeitraum von April 2021 bis März 2022 ebenfalls bei 20,8 kg/Tier/Tag. In Betrieb 1 war die Milchleistung im Sommerhalbjahr um 3,7 kg/Tier/Tag höher als im Winterhalbjahr. In Betrieb 2 war die Milchleistung in Sommer- und Winterhalbjahr identisch (Tab. 6).

Tabelle 6: Mittelwerte der Herdenmilchleistung (kg/Tier/Tag) beider Betriebe mit saisonaler Auswertung der Milchleistung in Sommer- und Winterhalbjahr

	Ganzes Jahr		April–September		Oktober–März	
	Milchleistung	95 %-KI	Milchleistung	95 %-KI	Milchleistung	95 %-KI
Betrieb 1	20,8	20,0– 21,5	22,8	21,7– 24,0	19,1	18,2– 19,9
Betrieb 2	20,8	20,2– 21,4	20,8	19,9– 21,7	20,8	20,0– 21,6

Im innerbetrieblichen Vergleich der Gruppen war in Betrieb 1 die Milchleistung der Gruppe 2 im ganzen Jahr und im Winter niedriger als in Gruppe 1, im Sommer höher als in Gruppe 1. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. In Betrieb 2 war die Milchleistung von Gruppe 2 im ganzen Jahr und im Sommer höher als die Milchleistung von Gruppe 1 und im Winter gleich hoch wie die von Gruppe 1 (Abb. 18). Die Leistung von Gruppe 3 war in allen Zeiträumen höher als in Gruppe 1. Statistisch signifikant war der Unterschied beim ganzjährigen Vergleich der Leistungen von 22,0 kg (95 %-KI 20,7-23,4 kg) in Gruppe 3 und 19,7 kg (95 %-KI 18,3-21,1 kg) in Gruppe 1 ($p = 0,046$) (Tab. 7).

Tabelle 7: Geschätzte Randmittelwerte der Milchleistungen (kg/Tier/Tag) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr (*p*-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)

	Ganzes Jahr			April–September			Oktober–März		
(kg/Tier/Tag)	Milchleistung	95 %–KI	<i>p</i> -Wert	Milchleistung	95 %–KI	<i>p</i> -Wert	Milchleistung	95 %–KI	<i>p</i> -Wert
Betrieb 1									
Gruppe 1	20,5	18,6–22,3		22,3	19,2–25,5		19,2	17,6–20,7	
Gruppe 2	20,3	18,7–22,0	0,919	22,7	19,8–25,5	0,879	18,9	17,5–20,4	0,823
Betrieb 2									
Gruppe 1	19,7	18,3–21,1		17,9	15,3–20,6		20,3	17,8–22,8	
Gruppe 2	20,4	18,9–21,9	0,742	20,5	18,0–23,0	0,339	20,3	17,6–23,1	0,999
Gruppe 3	22,0	20,7–23,4	0,046	21,9	19,8–23,9	0,055	22,2	19,7–24,6	0,548

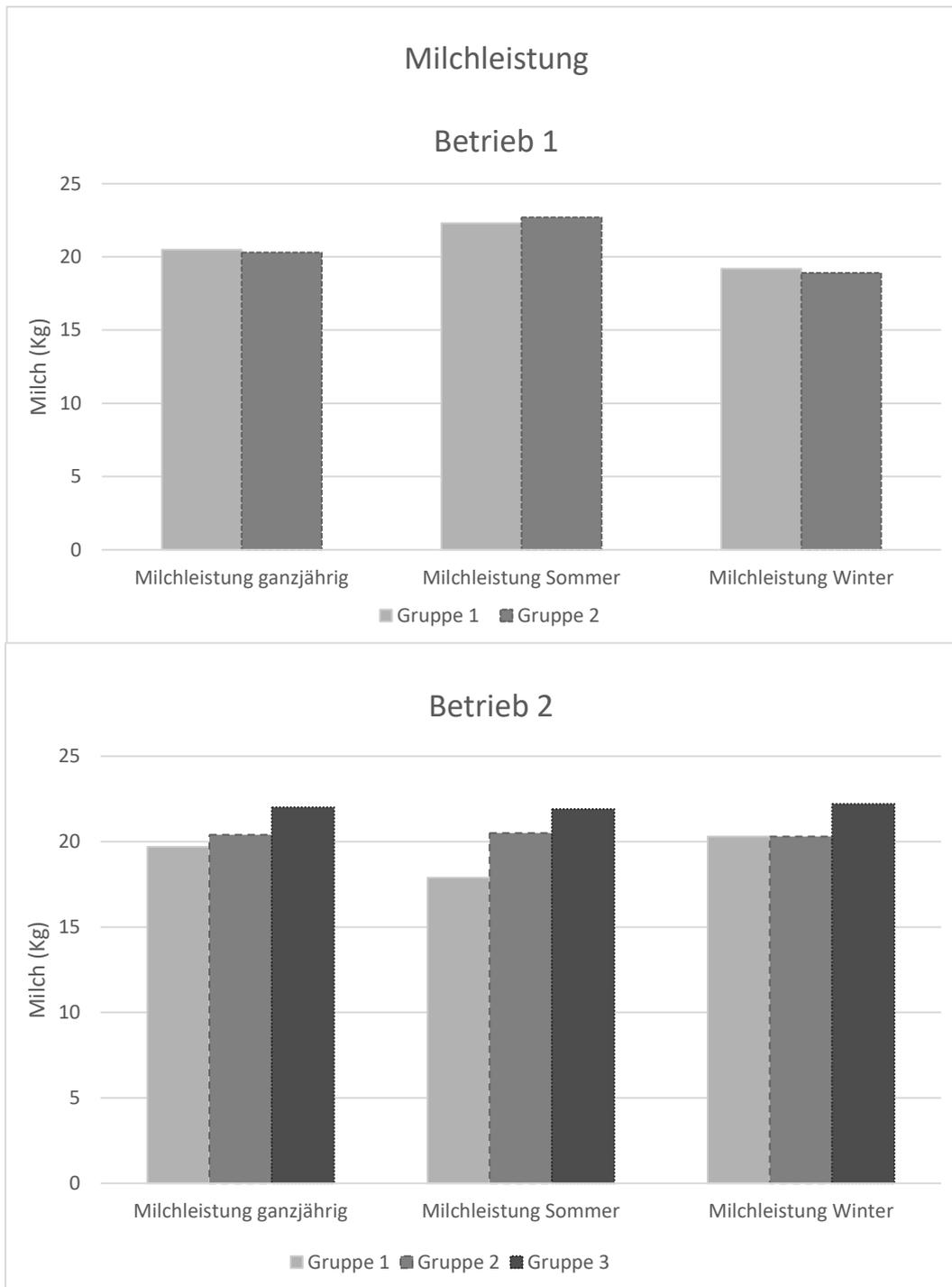


Abbildung 18: Milchleistung (kg/Tier/Tag) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr; innerbetrieblicher Vergleich

2.2. Milchfett

In beiden Betrieben ist der Milchfettgehalt (%) im Sommerhalbjahr höher als im Winterhalbjahr.

Tabelle 8: Mittelwerte der Herdenmilchfettgehalte (%) beider Betriebe mit saisonaler Auswertung in Sommer- und Winterhalbjahr

	Ganzes Jahr		April–September		Oktober–März	
	Milch- fett	95 %-KI	Milch- fett	95 %-KI	Milch- fett	95 %-KI
Betrieb 1	5,1	4,97–5,18	5,3	5,1–5,43	4,92	4,79–5,05
Betrieb 2	4,18	4,12–4,25	4,3	4,19–4,41	4,1	4,03–4,18

Im innerbetrieblichen Vergleich gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Abb. 19) (Anhang Tab. 15).

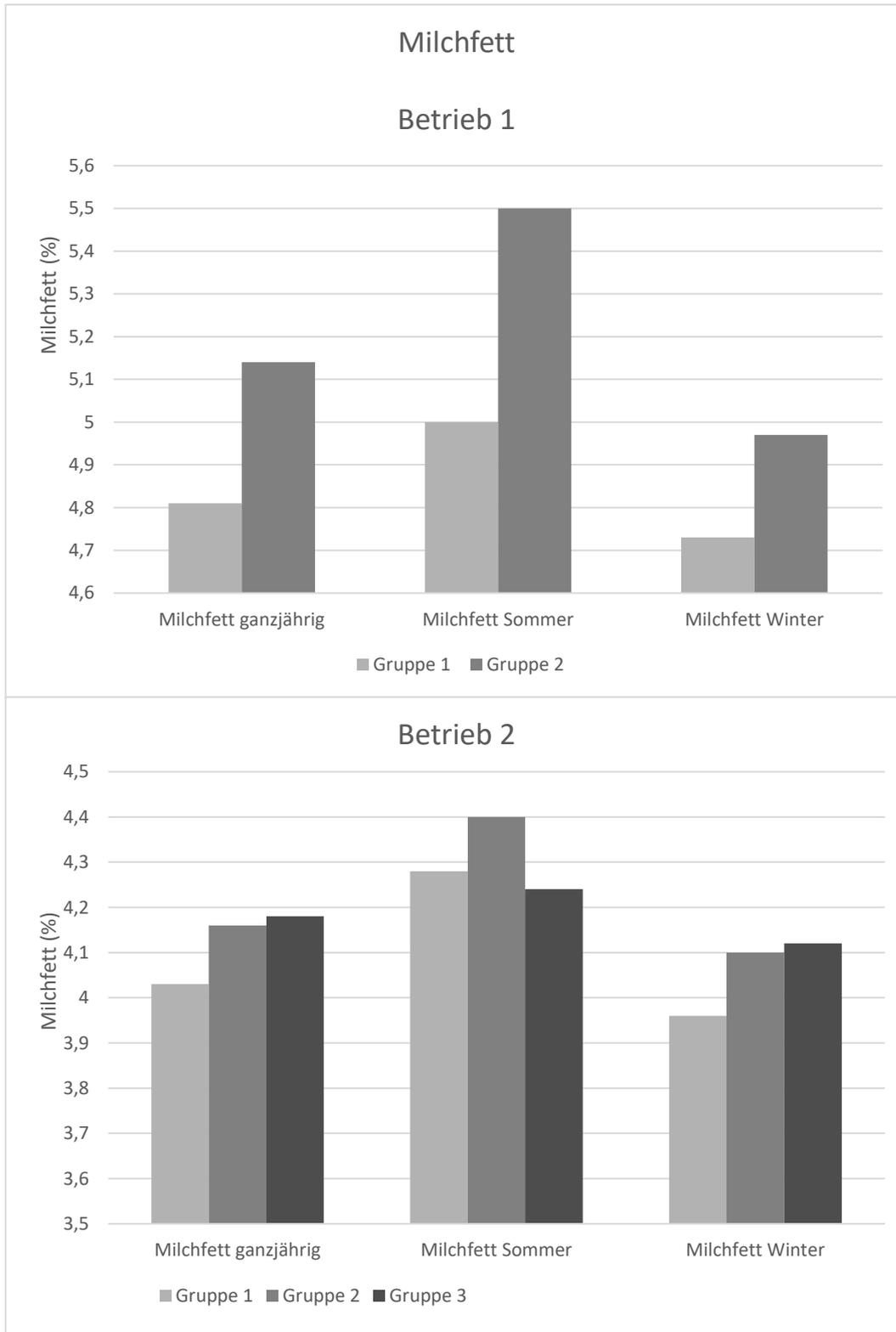


Abbildung 19: Milchfettgehalt (%) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr; innerbetrieblicher Vergleich

2.3. Milcheiweiß

Der Milcheiweißgehalt der Herde lag im Median über den ganzen Untersuchungszeitraum bei 3,5 % in Betrieb 1 und bei 3,3 % in Betrieb 2. Die Werte für Sommer- und Winterhalbjahr sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Mittelwerte der Herdenmilcheiweißgehalte (%) beider Betriebe mit saisonaler Auswertung in Sommer- und Winterhalbjahr

	Ganzes Jahr		April–September		Oktober–März	
(%)	Milch- eiweiß	95 %-KI	Milch- eiweiß	95 %-KI	Milch- eiweiß	95 %-KI
Betrieb 1	3,61	3,56–3,66	3,48	3,41–3,55	3,71	3,65–3,77
Betrieb 2	3,3	3,27–3,32	3,28	3,24–3,32	3,31	3,27–3,35

In beiden Betrieben lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor (Abb. 20) (Anhang Tab. 16).

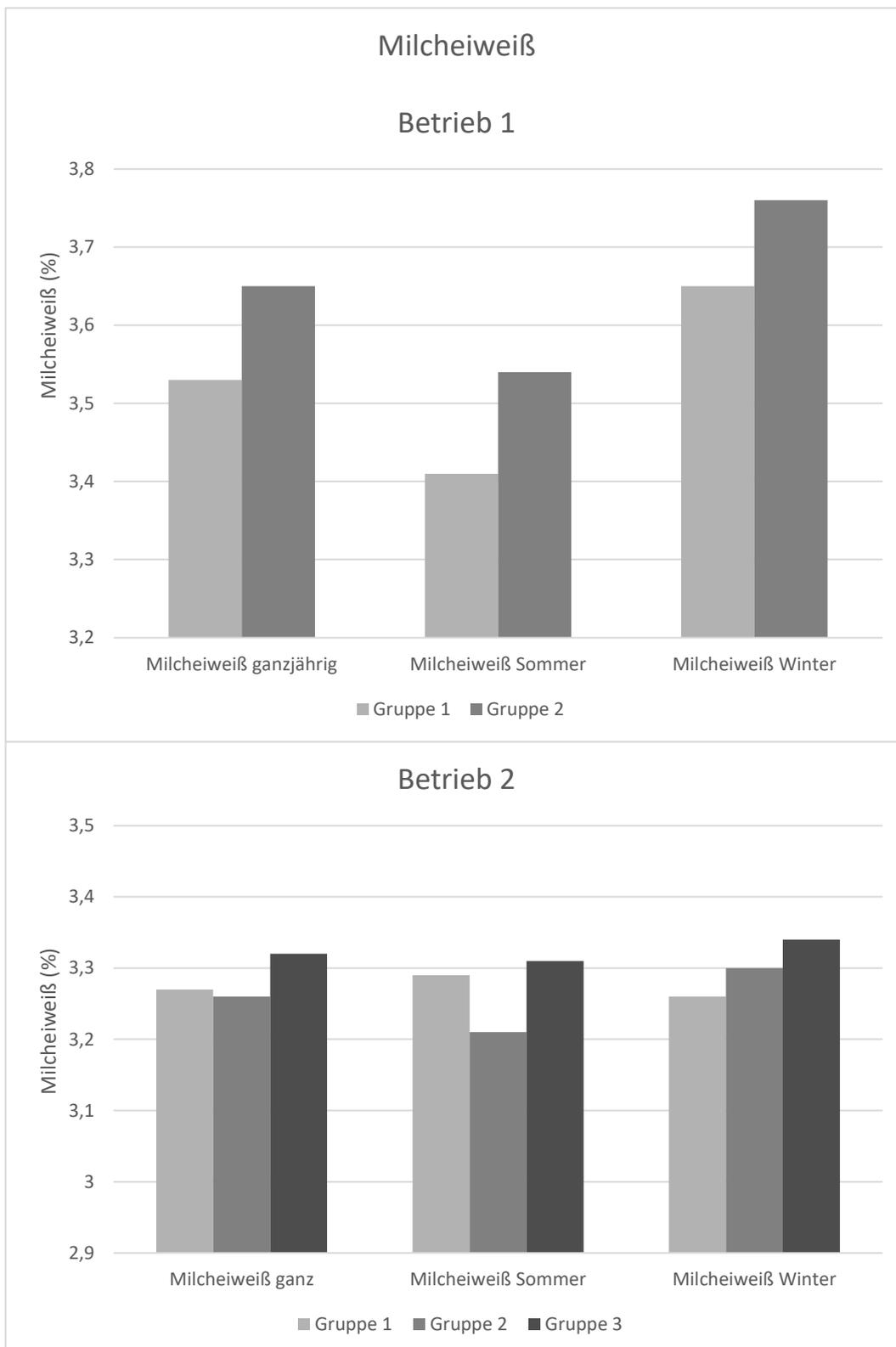


Abbildung 20: Milcheiweißgehalt (%) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr; innerbetrieblicher Vergleich

2.4. Somatische Zellzahl (ZZ) in der Milch

In Betrieb 1 gab es für die durchschnittliche Zellzahl keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. In Betrieb 2 war die Zellzahl in Gruppe 3 im Winter statistisch signifikant höher als in Gruppe 1 (Tab. 10). Im ganzen Jahr und im Sommerhalbjahr war sowohl zwischen Gruppe 1 und 2 als auch zwischen Gruppe 2 und 3 kein statistisch signifikanter Unterschied. In allen Gruppen war die Zellzahl im Sommer höher als im Winter.

Tabelle 10: Geschätzte Randmittelwerte der somatischen Zellzahlen (x1000 somatische Zellen/ml) in Betrieb 1 und 2 im ganzen Untersuchungszeitraum und im Sommer- und Winterhalbjahr (*p*-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)

	Ganzes Jahr			April–September			Oktober–März		
x1000 somatische Zellen/ml	Zellzahl	95 % –KI	<i>p</i> -Wert	Zellzahl	95 % –KI	<i>p</i> -Wert	Zellzahl	95 % –KI	<i>p</i> -Wert
Betrieb 1									
Gruppe 1	60	38–96		80	48–132		56	34–94	
Gruppe 2	103	68–154	0,088	125	80–198	0,192	92	59–144	0,157
Betrieb 2									
Gruppe 1	60	44–81		60	37–98		52	39–69	
Gruppe 2	89	64–125	0,196	100	64–159	0,277	77	56–107	0,165
Gruppe 3	89	66–120	0,164	87	66–128	0,453	86	64–116	0,044

2.5. β -Hydroxybutyrat (BHB)

Es wurden insgesamt 292 BHB-Werte von Kühen bis zum 120. Laktationstag vorhergesagt. Der niedrigste ermittelte Einzelwert lag bei 0,35 mmol/l, der höchste bei 1,7 mmol/l. Der Unterschied der BHB-Werte zwischen den Gruppen war in der statistischen Analyse nicht signifikant (Tab. 11). Insgesamt überschritten 10 von 292 Einzelwerten den klinischen Grenzwert für Ketose von 1,2 mmol/l. Davon gehörten 4 Werte zu Tieren aus Gruppe 1, 6 Werte zu Tieren aus Gruppe 2 (Tab. 12).

Tabelle 11: BHB-Werte (Geschätzte Randmittelwerte und 95%-KI) der Gruppen in Betrieb 1 und 2 im ganzen Untersuchungszeitraum (*p*-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)

	BHB (mmol/l)	95 %-KI (mmol/l)	<i>p</i>-Wert
Betrieb 1			
Gruppe 1	0,58	0,46–0,71	
Gruppe 2	0,68	0,57–0,79	0,244
Betrieb 2			
Gruppe 1	0,68	0,63–0,72	
Gruppe 2	0,67	0,62–0,72	0,997
Gruppe 3	0,64	0,59–0,69	0,572

Tabelle 12: BHB-Werte über dem Ketosegrenzwert > 1,2 mmol/l aus der Gesamtuntersuchung nach Gruppenzugehörigkeit

Gruppe	Betrieb	Kuh-Nr.	Datum der Probe	BHB (mmol/l)	Laktationstag
1	2	38	27.05.21	1,4	80
		60	25.01.22	1,21	6
		69	27.07.21	1,27	12
	1	2	16.07.21	1,28	16
2	1	20	12.11.21	1,6	16
		20	07.12.21	1,35	50
		20	14.01.22	1,4	77
		27	16.07.21	1,45	26
		31	16.04.21	1,7	12
		31	18.05.21	1,35	40

3. Fruchtbarkeitsparameter

3.1. Rastzeit

Die Rastzeit betrug in der Gesamtherde in Betrieb 1 108 Tage und in Betrieb 2 70 Tage. Im Vergleich der Gruppen lag die Rastzeit in Betrieb 1 bei 102 Tagen in Gruppe 1 und 117 Tagen in Gruppe 2. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant ($p = 0,42$). In Betrieb 2 betrug die Rastzeit 66 Tage in Gruppe 1, 72 Tage in Gruppe 2 und 84 Tage in Gruppe 3. Zwischen den drei Gruppen lag kein statistisch signifikanter Unterschied vor ($p = 0,21$) (Abb. 21 und 22).

Betrieb 1

$W_{\text{Mann-Whitney}} = 110.50$, $p = 0.42$, $\hat{\rho}_{\text{biserial}}^{\text{rank}} = -0.17$, $CI_{95\%} [-0.52, 0.23]$, $n_{\text{obs}} = 33$

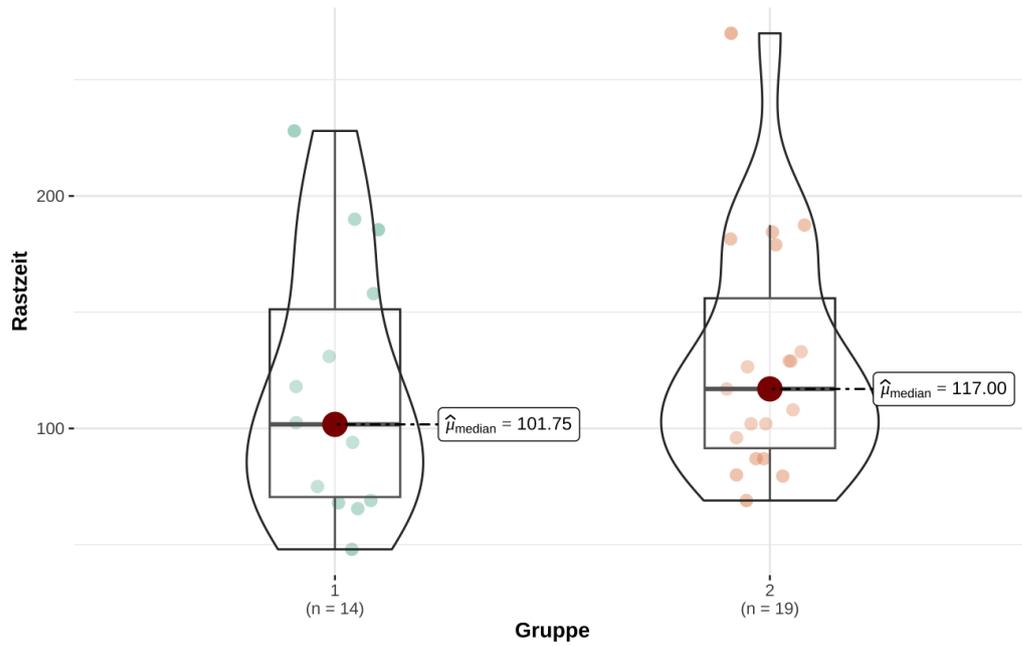


Abbildung 21: Rastzeit (in Tagen) in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen (Mann-Whitney-Test, $p = 0,42$).

Betrieb 2

$\chi^2_{\text{Kruskal-Wallis}}(2) = 3.08$, $p = 0.21$, $\hat{\epsilon}_{\text{ordinal}}^2 = 0.04$, $CI_{95\%} [2.70e-03, 1.00]$, $n_{\text{obs}} = 78$

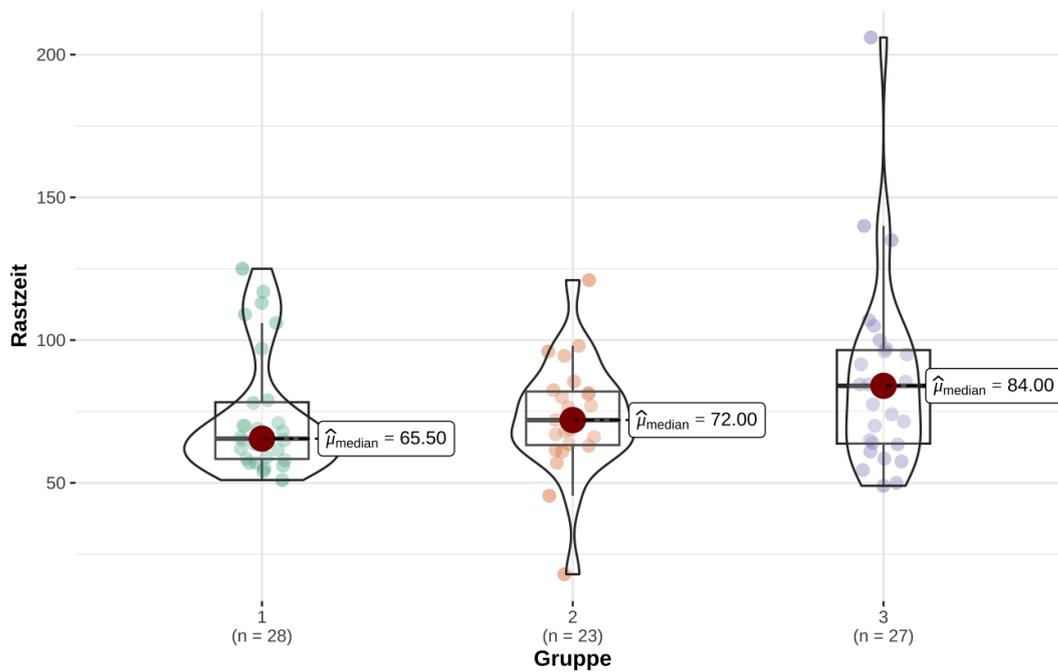


Abbildung 22: Rastzeit (in Tagen) in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p = 0,21$).

3.2. Zwischenkalbezeit

Die ZKZ betrug in der Gesamtherde in Betrieb 1 465 Tage und in Betrieb 2 385 Tage. Im innerbetrieblichen Vergleich betrug die ZKZ in Betrieb 1 449 Tage in Gruppe 1 und 470 Tage in Gruppe 2. Der Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p = 1,00$).

In Betrieb 2 betrug die ZKZ 370 Tage in Gruppe 1, 384 Tage in Gruppe 2 und 412 Tage in Gruppe 3. Der Unterschied zwischen den drei Gruppen war nicht signifikant ($p = 0,08$) (Abb. 23 und 24).

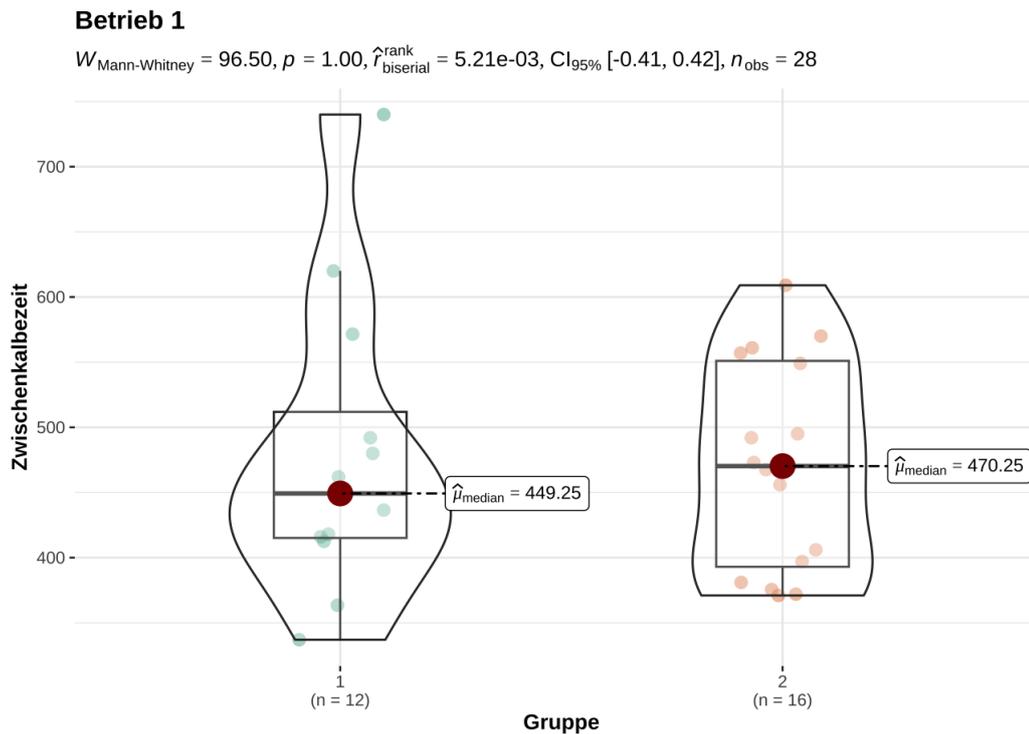


Abbildung 23: Zwischenkalbezeit (in Tagen) in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen (Mann-Whitney-Test, $p = 1,00$).

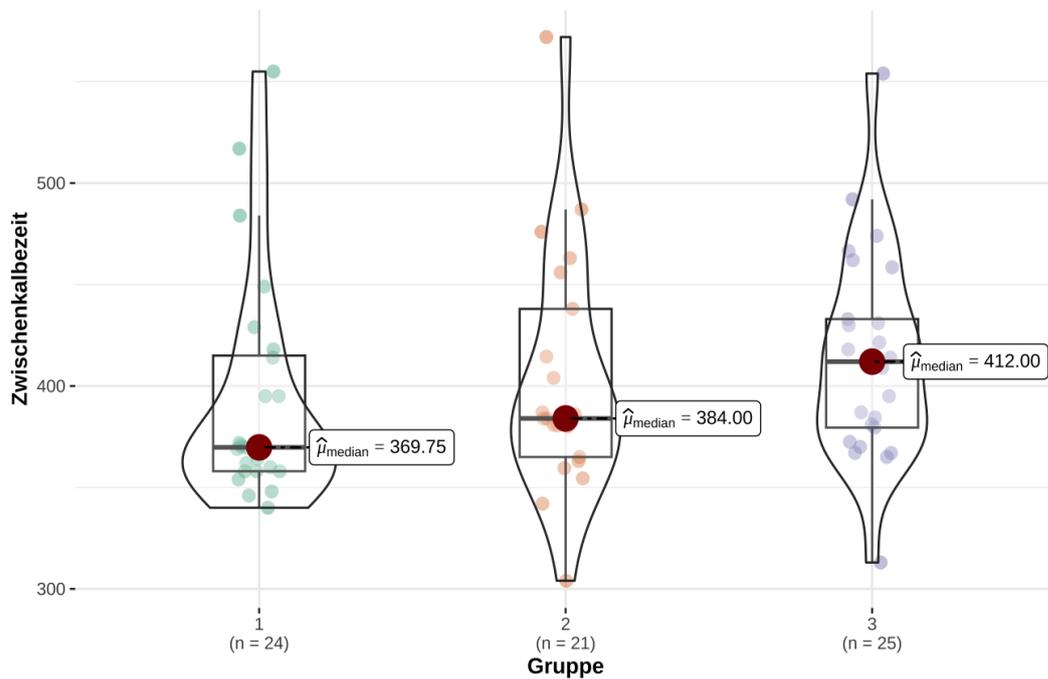
Betrieb 2
 $\chi^2_{\text{Kruskal-Wallis}}(2) = 4.96, p = 0.08, \hat{\epsilon}_{\text{ordinal}}^2 = 0.07, \text{CI}_{95\%} [9.44\text{e-}03, 1.00], n_{\text{obs}} = 70$


Abbildung 24: Zwischenkalbezeit (in Tagen) in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p = 0,08$).

3.3. Erstbesamungserfolg

Der Anteil der Tiere, der bei der ersten Besamung trächtig wurde, lag in Betrieb 1 bei 36 % und in Betrieb 2 bei 45 %. Der Unterschied zwischen den Gruppen innerhalb eines Betriebs war in der statistischen Analyse nicht signifikant (Tab. 13).

Tabelle 13: Erstbesamungserfolg (%) der Gruppen in Betrieb 1 und 2 (p -Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)

	EBE (%)	p -Wert
Betrieb 1		
Gruppe 1	44 %	
Gruppe 2	30 %	0,426
Betrieb 2		
Gruppe 1	46 %	
Gruppe 2	36 %	0,736
Gruppe 3	52 %	0,899

3.4. 56-Non-Return-Rate (56-NRR)

Die 56-NRR lag in der Gesamtherde in Betrieb 1 bei 85 % und in Betrieb 2 bei 59 %.

In Betrieb 1 wurden 91 % aus Gruppe 1 und 80 % aus Gruppe 2 innerhalb von 56 Tagen nicht noch einmal besamt. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen war nicht signifikant ($p = 0,45$).

In Betrieb 2 betrug die 56-NRR 62 % in Gruppe 1, 55 % in Gruppe 2 und 61 % in Gruppe 3. Der Unterschied zwischen den drei Gruppen war nicht signifikant ($p = 0,89$) (Abb. 25 und 26).

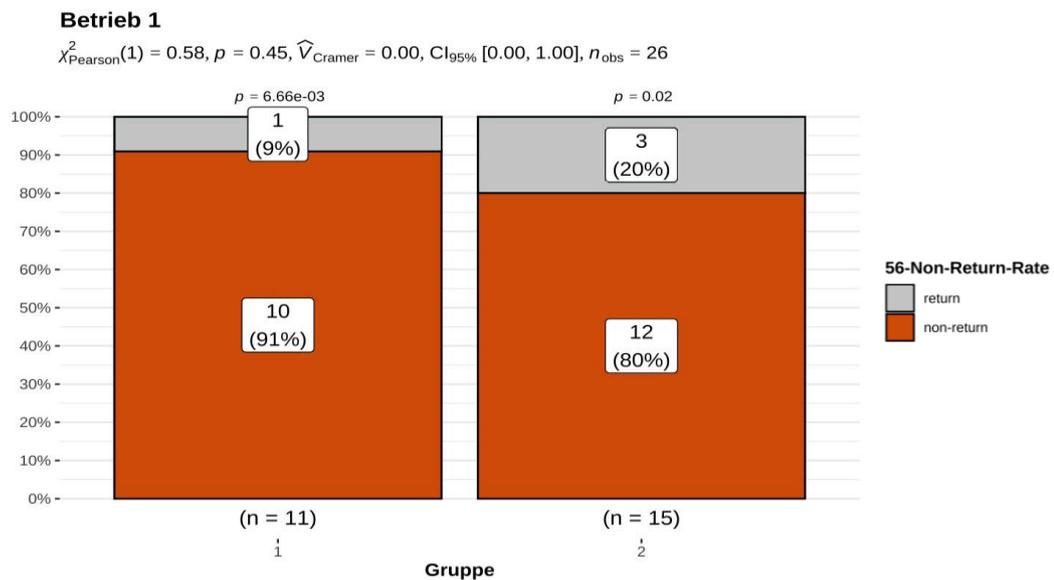


Abbildung 25: 56-Non-Return-Rate (%) in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen (Pearson-Chi-Quadrat-Kontingenzanalyse, $p = 0,45$).

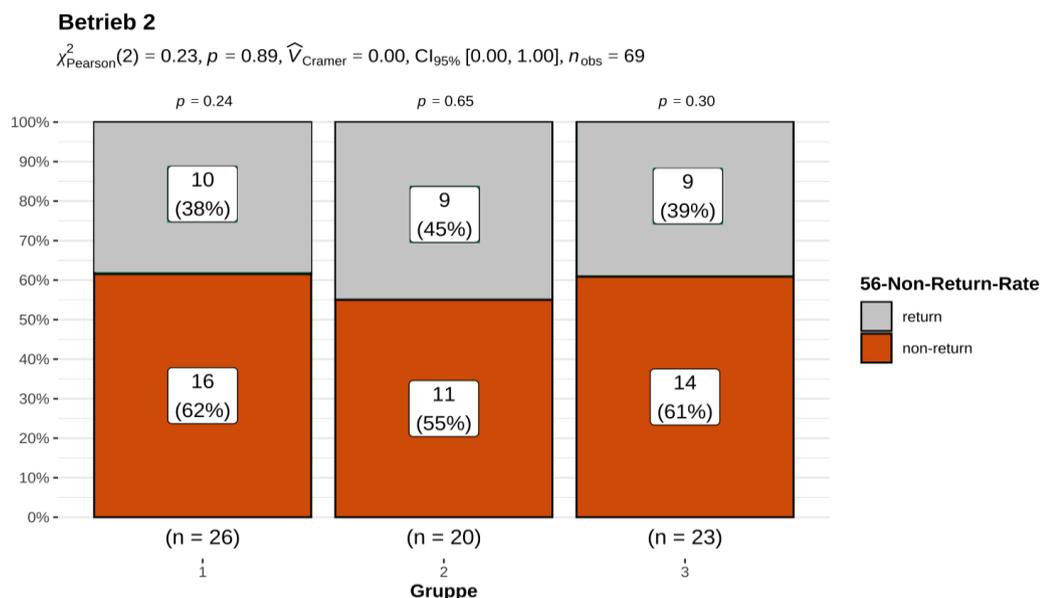


Abbildung 26: 56-Non-Return-Rate (%) in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen (Pearson-Chi-Quadrat-Kontingenzanalyse, $p = 0,89$).

V. DISKUSSION

1. Studiendesign

1.1. Betriebsauswahl

Aufgrund der Ergebnisse aus der Untersuchung von FORSTMAIER war bekannt, dass in 4,0 % der deutschen Milchviehbetriebe Pansenegelinfektionen vorliegen. In der Region Süd (Bayern und Baden-Württemberg) war der Anteil kleiner. Insgesamt gab es hier unabhängig von der Nutzungsrichtung in 3,6 % der Betriebe Pansenegelinfektionen (FORSTMAIER, 2021). Für diese Untersuchung sollten die Betriebe neben einem nachgewiesenen Befall mit *C. daubneyi* eine mittlere Betriebsgröße haben (30 bis 70 Kühe), Weidegang ermöglichen oder frisches Grünfutter füttern, an der Milchleistungsprüfung teilnehmen und keine Bestandsprobleme bezüglich Gliedmaßen- und Eutergesundheit sowie Fruchtbarkeit haben. Betriebe, die eine standardisierte anthelmintische Behandlung der Herde vornehmen, wurden ausgeschlossen. Außerdem sollten sich die Betriebe in der Region Oberschwaben-Allgäu befinden, um eine monatliche Untersuchung durch die Autorin zu ermöglichen. Es konnten zwei Betriebe für diese Arbeit gewonnen werden, die sämtliche Einschlusskriterien erfüllten.

1.2. Betriebsgröße

Die beiden untersuchten Betriebe umfassten insgesamt 117 Tiere. In Betrieb 1 wurden 37 Tiere untersucht, in Betrieb 2 80 Tiere. Mit insgesamt 787 Kotuntersuchungen (294 in Betrieb 1 und 493 in Betrieb 2) verfügte diese Studie durch die wiederholte Beprobung der Tiere über eine ausreichende Probenmenge, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erzielen. Vorrangig für die Vergleichbarkeit der Leistung von infizierten und nicht infizierten Tieren war nicht eine große Tieranzahl, sondern eine ähnliche Gruppengröße. Diese wurde in beiden Betrieben mit 22 negativen resp. 15 positiven Tieren (Betrieb 1) und 29 negativen resp. 23 Pansenegel-positiven Tieren resp. 28 mischinfizierten Tieren (Betrieb 2) erreicht. Die Betriebsgröße wurde bei den Einschlusskriterien auf 30–70 Tiere pro Betrieb beschränkt, um die Durchführbarkeit der Kotuntersuchungen durch die Autorin zu gewährleisten. Ein Vergleich der Betriebe miteinander hinsichtlich der Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsparameter sowie der Stärke des Pansenegelbefalls war aufgrund der Unterschiede in Halungsweise (Laufstall mit

AMS vs. Anbindehaltung), Management (Haupterwerb vs. Nebenerwerb) und Weidegang (24 Stunden vs. tagsüber) nicht möglich. Auch die verschiedenen Rassen in den Betrieben erschwerten die Vergleichbarkeit, da eine rassespezifische Neigung zum Pansenegelbefall nicht ausgeschlossen ist. So konnte DELAFOSSE (2022) in stark infizierten Herden einen signifikant geringeren Anteil an Holsteinkühen feststellen als Zweinutzungs- und Fleischrinderrassen.

1.3. Zeitlicher Verlauf

Eine Untersuchung des Pansenegelbefalls bei denselben Tieren in monatlichen Abständen über einen Zeitraum von einem Jahr wurde nach Kenntnis der Autorin weltweit erstmalig durchgeführt. Insgesamt wurden 787 Kotproben von 117 Tieren auf Pansenegel untersucht. In Betrieb 2 konnten aufgrund fehlender Fixationsmöglichkeiten monatlich nur etwa zwei Drittel der Tiere beprobt werden. Dennoch lagen bei Kühen, die den ganzen Untersuchungszeitraum im Betrieb waren, mindestens 6 Kotuntersuchungen vor. Während in Studien zur Pansenegelprävalenz überwiegend einmalige Kotuntersuchungen durchgeführt wurden (BOSCO et al., 2021; FORSTMAIER et al., 2021; CERVENA et al., 2022), wurden wiederholte Kotuntersuchungen derselben Tiere bisher meist im Rahmen von Behandlungsversuchen durchgeführt. Wöchentliche Kotproben von 25 Versuchstieren nahmen GARCÍA-DIOS et al. (2020), um den Effekt von Oxytetracyclin und Cloxacillin auf den Pansenegelbefall von Schafen zu untersuchen. Eine Anzahl von 780 Tieren wurde von SPENCE et al. (1992) dreimal im Abstand von 2-3 Monaten (März, Mai, August) untersucht, um die Wirksamkeit einer Kombination von Fenbendazol, Levamisol und Oxytetracyclin zu überprüfen. Wiederholte Untersuchungen über 2 Jahre wurden bei 32 Tieren zur Beobachtung des Infektionsgeschehens bei Befall mit *C. daubneyi* und Magen-Darm-Würmern durchgeführt (VOINOT et al., 2020). Eine wiederholte Untersuchung der Einzeltiere in einem Betrieb zur Untersuchung der Milchleistung von Pansenegelinfizierten Kühen wurde bisher nur von MAY et al. (2023) durchgeführt, die mit 137 Tieren eine vergleichbare Probandenanzahl in die Studie einbeziehen konnten wie in dieser Untersuchung.

Die Untersuchung wurde über einen einjährigen Zeitraum durchgeführt und sowohl für diese 12 Monate als auch für zwei Halbjahre (April – September vs. Oktober – März) ausgewertet. Damit konnten in dieser Studie störende Einflüsse auf die Untersuchung wie schwankende Infektionsintensitäten und unterschiedliche

Futterangebote ausgeglichen werden.

1.4. Sedimentation

Die Sedimentation ist die Standardmethode zum Nachweis von Pansenegele- und *F. hepatica*-Eiern aus dem Kot von Rindern (KNUBBEN-SCHWEIZER et al., 2011; SARGISON et al., 2016; DEPLAZES et al., 2020a). Die Spezifität der Methode ist mit annähernd 100 % sehr hoch. Ihre Durchführung ist kostengünstig und zeichnet sich durch einfache Handhabung aus (GRAHAM-BROWN et al., 2019). Eine aktuelle Studie schätzte die Sensitivität der Sedimentation bei einer Eizahl von > 20 epg auf über 90 % (BOSCO et al., 2023). Zusätzlich ist durch die wiederholte Beprobung der Tiere in dieser Studie die fälschliche Einordnung in die Negativgruppe unwahrscheinlich.

Ein Nachteil der Methode ist die diagnostische Lücke in der Präpatenz der Infektion. Diese wird für *P. cervi* mit 103–115 Tagen angegeben (KRANEBURG und BOCH, 1978). Bezüglich der Präpatenz von *C. daubneyi* ist bekannt, dass Schaflämmer nach natürlicher Infektion bis zum 80. Tag p. i. keine Pansenegeleier ausgeschieden haben (DEVOS, 2013) und bei experimentell infizierten Ziegenlämmern in der 12. und 13. Woche p. i. erstmals eine Eiausscheidung nachgewiesen wurde (SEY, 1977). Daraus folgernd wird angenommen, dass die Präpatenz bei *C. daubneyi* mindestens 11 Wochen dauert. In dieser Studie kann man davon ausgehen, dass eine Verfälschung der Ergebnisse aufgrund der diagnostischen Lücke in der Präpatenz gering ist. Durch die wiederholte Beprobung der Kühe konnten auch Infektionen, die sich erst im Laufe des Untersuchungszeitraums entwickelt haben, diagnostiziert werden. Zusätzlich wurde in beiden Betrieben bei der letzten Probenahme jedes Tier untersucht, um den Infektionsstatus der Herde zum Abschluss des Untersuchungszeitraums zu erheben. Lediglich Infektionen, die zum Zeitpunkt der letzten Probenahme präpatent waren, konnten auf diese Weise nicht diagnostiziert werden. Da zum Ende des Untersuchungszeitraums die Weidezeit in beiden Betrieben bereits seit mehreren Monaten beendet war, kann man davon ausgehen, dass kein Tier zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung präpatent infiziert war.

Beim lebenden Tier ist die Sedimentation derzeit die einzige Methode zum Nachweis einer Pansenegeleinfektion. Ein Koproantigen-ELISA befindet sich in der Entwicklung (HUSON et al., 2021a).

2. Patente Pansenegel- und Leberegelinfektionen

2.1. Gruppeneinteilung

Da bekannt war, dass in beiden Betrieben zwar eine hohe Prävalenz vorlag, aber geringe Ausscheidungsintensitäten, wurden nur Tiere in die Negativ-Gruppe einbezogen, bei denen über den ganzen Untersuchungszeitraum keine Eiausscheidung stattgefunden hat (MALRAIT et al., 2015; MAY et al., 2019; DELAFOSSE, 2022). Diese Einteilung gewährleistete den Einschluss von allen untersuchten Tieren in die Studie, so dass ausreichend Daten für die statistischen Analysen vorlagen. Bei größerer Streuung der Eizahlen hätte man Kühe mit diskontinuierlicher und sehr schwacher Ei-Ausscheidung ($< 0,5$ epg) zusätzlich auswerten können, um eine bessere Trennschärfe der Gruppen zu erreichen. Aufgrund der geringen Eizahlen der Kühe in beiden Herden wurden die Tiere mit „schwachem Befall“ in dieser Studie ohne weitere Unterteilung mit in die Positiv-Gruppe aufgenommen. Der Nachteil ist, dass diese geringgradig befallenen Tiere die Auswertung insofern beeinflussen, dass ihre Wirkung auf die untersuchten Parameter der von nicht infizierten Kühen vergleichbar ist.

2.2. Pansenegelinfektion

In beiden Betrieben lag eine hohe Herdenprävalenz vor. Diese lag in Betrieb 1 bei 59,5 % und in Betrieb 2 bei 64 %. Die epg-Werte in dieser Studie lagen zwischen 0,1 epg und 92,3 epg. Im Median lagen die epg-Werte in der Gruppe 2 von Betrieb 1 bei 1,1 epg, bei den Gruppen 2 und 3 von Betrieb 2 bei 0,3 epg resp. 5,5 epg. Im Vergleich mit anderen Herdenuntersuchungen lag in beiden Betrieben eine geringe Befallsintensität mit *C. daubneyi* vor. In Herden in mediterranem Klima wurden stärkere durchschnittliche Befallsintensitäten von 109,1 epg (BOSCO et al., 2021) und 24 epg (DIAZ et al., 2007b) festgestellt. Ähnliche Befallsstärken wie in der vorliegenden Studie wurden in Großbritannien dokumentiert (Median 5,2 epg) (SARGISON et al., 2016). In Deutschland ist aus anderen Untersuchungen bekannt, dass in betroffenen Herden häufig viele Tiere infiziert sind, aber mit geringer Infektionsintensität (MAY et al., 2019). In dieser Studie überschritten die epg-Werte in beiden Betrieben bei keinem Tier den Wert von 200 epg, ab dem ein Einfluss auf die Gesundheit der infizierten Tiere vermutet wird (MALRAIT et al., 2015).

Über das Sommerhalbjahr April bis September lag der mediane Wert der

Pansenegeleiausscheidung in der Gruppe 2 von Betrieb 1 bei 1,3 epg, bei den Gruppen 2 und 3 von Betrieb 2 bei 0,3 epg resp. 5,3 epg. Im Winterhalbjahr von Oktober bis März lagen die Medianwerte bei 0,9 epg in Gruppe 2 von Betrieb 1 und bei 0,3 epg resp. 6,1 epg in Gruppe 2 und 3 von Betrieb 2. Ein jahreszeitlicher Unterschied in der Ausscheidung von Pansenegeleiern, wie er in anderen Studien beschrieben wurde, mit einem Anstieg der Eizahlen im Frühjahr und Herbst und einem Rückgang der Ausscheidung im Sommer (DIAZ et al., 2007b; NARANJO-LUCENA et al., 2018; BUSIN et al., 2023) konnte nicht beobachtet werden.

In dieser Untersuchung ist die Pansenegellast in den Kühen am höchsten, die ebenfalls mit *F. hepatica* befallen sind. Die epg-Werte von Tieren mit einer Mischinfektion sind mit 5,5 epg im Median deutlich höher als die Tiere aus demselben Betrieb mit reiner Pansenegelinfektion (0,3 epg). Zwischen der Infektion mit den beiden Parasitenarten besteht ein starker Zusammenhang, denn die Infektion mit *F. hepatica* erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Infektion mit *C. daubneyi* (SARGISON et al., 2016; PLOEGER et al., 2017; NARANJO-LUCENA et al., 2018). Das ist in Anbetracht des gemeinsamen Zwischenwirts überraschend. Eine gegenseitige Verdrängung von *F. hepatica* und *C. daubneyi* im Zwischenwirt, wie es von O'SHAUGHNESSY et al. (2018) vermutet wird, erscheint anhand der Ergebnisse dieser Untersuchung unwahrscheinlich. Gleichzeitig sind die Kühe in der mischinfizierten Gruppe auch am ältesten, sodass der Grund für die höhere Eiausscheidung und damit Befallsrate nicht nur im gemeinsamen Vorkommen mit *F. hepatica* liegt, sondern auch in der langjährigen Aufnahme der Parasiten und ihrer Überlebensdauer von mehreren Jahren (BAUER, 2021). Die Ergebnisse in dieser Studie widersprechen auch den Beobachtungen von JONES et al. (2017b), die eine negative Korrelation zwischen Pansenegel- und Leberegelausscheidung (epg) beschreiben. Die von manchen Autor*innen als positiv beurteilte Verdrängung von *F. hepatica* durch *C. daubneyi* im Zwischenwirt und folglich auch im Habitat (TOOLAN et al., 2015; JONES et al., 2017a) kann in dieser Arbeit nicht bestätigt werden.

2.3. Leberegelinfektion

Die Prävalenz für Leberegelbefall lag in Betrieb 2 bei 35 %. Auf Herdenebene ist das als moderater Befall anzusehen (MAY et al., 2020). Die Infektionsstärke betrug im Median 0,0 epg über den ganzen Untersuchungszeitraum, 0,2 epg im Zeitraum von April–September und 0,0 epg im Zeitraum von Oktober–März. Der höchste

gemessene epg-Wert lag bei 4,0 epg. Die Befallsstärke ist insgesamt sehr gering. In dieser Studie konnte kein statistisch signifikanter Einfluss auf die Milchleistung in der Leberegel-befallenen Gruppe 3 in Betrieb 2 beobachtet werden. Die Ergebnisse stehen im Gegensatz zu der in der Literatur wiederholt beschriebenen Leistungsminderung infolge eines Leberegelbefalls (SCHWEIZER et al., 2005; HOWELL et al., 2015; KÖSTENBERGER et al., 2017; MAY et al., 2020; TAKEUCHI-STORM et al., 2021), die vornehmlich in Herden mit starkem Befall beschrieben sind, in denen die ODR-Werte über 0,6 lagen (entsprechend einer Eiausscheidung von 50-100 epg (VALERO et al., 2009)).

2.4. Zusammenhang Pansenegelfall und Alter

Die Egellast bei Pansenegelinfectionen steigt mit zunehmendem Alter statistisch signifikant an. Dies ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autor*innen. DELAFOSSE (2022) beschreibt einen signifikanten Unterschied zwischen dem Anteil infizierter Tiere in der Altersgruppe über 2 Jahre (31,5 %) und der Altersgruppe unter 2 Jahren (14,4 %). Er beschreibt ebenfalls einen Anstieg der Egellast mit zunehmendem Alter: über 200 epg schieden 1 % der Tiere unter 2 Jahren aus, 5 % der Tiere zwischen 2–4 Jahren und 7 % der Tiere über 4 Jahren. In den Untersuchungen von FERRERAS et al. (2014) stieg sowohl die Prävalenz für Pansenegelfall mit dem Alter an (2,6 % bei Tieren unter 12 Monaten und 17,9 % bei Tieren über 30 Monaten) als auch die Egellast (25 Egel im Pansen bei Tieren unter 12 Monaten und 253 Egel im Pansen bei Tieren über 30 Monaten). Eine mögliche Erklärung für die steigende Befallsstärke ist die wiederholte Aufnahme von weiteren Metazerkarien und die immunmodulatorische Fähigkeit der Pansenegel, die Immunantwort des Wirtes zu unterlaufen (FUERTES et al., 2015b; ALLEN et al., 2021; HUSON et al., 2021a).

Bei *C. microbothrium* geht man davon aus, dass Rinder in der Lage sind, eine Immunität gegen den Parasiten auszubilden mit der Folge, dass sich bei einer Reinfektion weniger Pansenegel ansiedeln können (HORAK, 1971; MAVENYENGWA et al., 2008). Ob eine Immunität gegen eine Infektion mit *C. daubneyi* von Rindern ausgebildet werden kann, ist bisher nicht untersucht. Inwieweit die immunmodulatorischen Fähigkeiten von *C. daubneyi* Einfluss auf die Ausbildung einer lang andauernden Infektion haben, muss noch geklärt werden (HUSON et al., 2021a).

Weitere Forschungen haben ergeben, dass von Pansenegeln extrazelluläre Vesikel

sezerniert werden, die das Mikrobiom im Pansen des Wirtes beeinflussen. Bei der Untersuchung wurden extrazelluläre Vesikel von *C. daubneyi* zu Pansensaft hinzugegeben und die Konzentration von Mikroben-DNA sowie die Konzentration von drei speziellen Mikroben-Spezies untersucht. Die Zugabe von extrazellulären Vesikeln bewirkte einen signifikanten Anstieg der Konzentration von Pansen-Mikroben-DNA ohne gleichzeitigen Anstieg der Konzentration der bekannten Mikroben-Spezies. Die Fähigkeit zur Beeinflussung des Pansen-Mikrobioms ist bei anderen parasitären Spezies bereits bekannt (REYNOLDS et al., 2014). Vermutlich entstehen durch die Veränderung im Mikrobiom gute Bedingungen für die Parasiten zur Ausbildung einer langen Infektion (ALLEN et al., 2021). So kann wiederholte Aufnahme, Suppression des Immunsystems und lange Patenz zu einer Kumulierung der Egel im Pansen führen.

Überraschend ist, dass auch in Betrieb 1 die Eizahlen mit dem Alter ansteigen, obwohl sich aufgrund der Lage der Zwischenwirthabitate nur Jungtiere infizieren können. Ein möglicher Grund kann sein, dass sich Jungtiere vor über 6 Jahren noch stärker infizieren konnten als solche vor 2–6 Jahren, da die Sommer deutlich heißer geworden sind mit häufigeren und längeren Hitzewellen. Hohe Temperaturen beeinflussen das Auftreten des Zwischenwirts *G. truncatula* negativ (ROESSLER et al., 2022), so dass weniger infektiöse Stadien auf die Weide gelangen. Auch ist die Aufnahme von Metazerkarien über Frischgras im Stall nicht sicher ausgeschlossen, denn in einer aktuellen tschechischen Untersuchung wurden auch Pansenegel-positive Rinder gefunden, die keinen Weidegang hatten (BASTYROVA BRUTOVSKA et al., 2023). Die Frischgrasfütterung wird insbesondere bei nassem Wetter durchgeführt, wenn die Weiden nicht von den Kühen begehbar sind und im Stall bleiben. Das Gras wird dann auf anderen Flächen gewonnen, wo sich unter Umständen Zwischenwirthabitate befunden haben könnten, in die Schnecken aus Primär- in Sekundärhabitate ausgewandert sein könnten (SCHADE-WESKOTT, 2019). Andererseits wurde im Untersuchungszeitraum in Betrieb 1 eine Kuh zugekauft, bei der im Verlauf keine Pansenegeler nachgewiesen werden konnten. In Betrieb 2 konnte die Neuinfektion von in die Herde integrierten Kalbinnen während des Untersuchungszeitraums beobachtet werden, da sich die Habitate für *G. truncatula* auf der Kuhweide befanden.

2.5. Einflüsse auf die Kotkonsistenz

Die Pansenegelinfection beeinflusst in dieser Studie die Kotkonsistenz infizierter Tiere nicht. Der Anteil der Proben infizierter Kühe, bei denen die Kotkonsistenz mittelbreiig–dickbreiig (Score 3–4) war, also als physiologisch beurteilt werden kann, lag bei 87 %. Bei nicht infizierten Kühen lag der Anteil bei 82 %. Auch unterschied sich bei infizierten Tieren die Infektionsintensität nicht zwischen der Kotkonsistenz mittelbreiig–dickbreiig (2,4 epg) und wässrig–suppig (2,6 epg). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen aus anderen Studien. Ebenfalls keinen Einfluss auf die Kotkonsistenz beschrieben ATCHESON et al. (2022), in deren Studie die durchschnittliche Pansenegleiausscheidung bei 19,9 epg lag. Untersuchungen von MALRAIT et al. (2015) lieferten widersprüchliche Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Pansenegelbefall und Kotkonsistenz. Auf Herdenebene konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer Pansenegelinfection und Durchfall hergestellt werden. Bei mit Pansenegeln infizierten Tieren im Schlachthof dagegen stieg die Anzahl der Tiere, die eine dünne oder wässrige Kotkonsistenz hatten, mit steigender Anzahl von Pansenegeln im Pansen signifikant an. Diese Tiere wiesen eine Pansenegellast von 50–1000 adulter Egel im Pansen auf und eine entsprechende Eiausscheidung von über 50 epg. DORNY et al. (2011) stellten bei der Untersuchung von Kühen in Kambodscha einen signifikanten Zusammenhang zwischen Pansenegelinfection und einer weichen Kotkonsistenz fest, ohne dabei die Stärke der Pansenegelinfection mit in Betracht zu ziehen. Vermutlich ist die Beeinflussung der Kotkonsistenz durch Pansenegelbefall bei DORNY et al. (2011) wie auch bei MALRAIT et al. (2015) auf eine höhere Pansenegellast als in dieser Studie zurückzuführen. Schlachtungen infolge von Durchfallerkrankungen konnten nicht mit dem Vorhandensein von Pansenegelinfectionen in Verbindung gebracht werden (DELAFOSSÉ, 2022).

3. Leistung

3.1. Allgemein

Einbußen in der Leistung von Rindern aufgrund von Parasitosen stellen ein großes wirtschaftliches Problem dar (MAVROT, 2016; MEHMOOD et al., 2017). Dabei stehen vor allem Produktionsminderungen im Vordergrund. Aber auch zusätzliche Kosten durch Behandlungen und Tierverluste oder Entwicklungsverzögerungen in

der Jungtieraufzucht sind für *F. hepatica* und gastrointestinale Nematoden bekannt (SARIOZKAN und YALCIN, 2011; O'SHAUGHNESSY et al., 2015). Die Infektion mit *C. daubneyi* dagegen zeigte bisher keine Einflüsse auf die Gewichtsentwicklung von Schlachttieren (SARGISON et al., 2016; DELAFOSSE, 2022). Obwohl Jungtiere am empfindlichsten für die intestinale Verlaufsform der Paramphistomidose sind, konnte keine erhöhte Sterblichkeit oder erhöhte Schlachtrate bei Rindern im Alter von 6–24 Monaten beobachtet werden (DELAFOSSÉ, 2022). Infizierte Jungtiere zeigten keine Unterschiede im Gesundheitszustand im Vergleich zu mit signifikanter Eizahlreduktion erfolgreich behandelten Altersgenossen (ATCHESON et al., 2022). Übereinstimmend zu den Beobachtungen bezüglich des Gesundheitszustandes von Pansenegel-infizierten Tieren wiesen auch in dieser Studie die Tiere in beiden Betrieben einen guten Gesundheitszustand auf. Es konnten keine Probleme der Eutergesundheit und Fruchtbarkeit beobachtet werden. Betriebsinterne Probleme mit Durchfallerkrankungen lagen in beiden Betrieben nicht vor.

3.2. Milchleistungsparameter

3.2.1. Herdenleistung

Tabelle 14: Durchschnittsleistung beider Herden aus den Betriebs-Jahresberichten 2022 des LKV BW verglichen mit den Durchschnittswerten aus Baden-Württemberg (LKV-BW, 2023)

	Betrieb 1	Betrieb 2	Durchschnitt BW 2022
Milchleistung (kg/Tier/Tag)	17,5	18,4	22,5
Milchfett (%)	4,27	4,01	4,09
Milcheiweiß (%)	3,42	3,22	3,46

Im Vergleich mit der durchschnittlichen Milchleistung pro Kuh pro Tag in Baden-Württemberg im Jahr 2022 liegen beide Betriebe unter dem Durchschnitt (Tab. 13). Ein Grund dafür ist die Haltung der Zweinutzungsrasen Fleckvieh (Betrieb 1) und Braunvieh (Betrieb 2), die in Baden-Württemberg für sich allein genommen mit 21,1 l (Fleckvieh) und 20,9 l (Braunvieh) auch unter dem Jahresdurchschnitt liegen

(LKV-BW, 2023). Die Beurteilung von Einflüssen des Pansenegelbefalls auf die Milchleistung in dieser Studie kann demnach nicht auf hochleistende Milchkühe (z. B. Holstein-Schwarzbunt) bezogen werden.

Die Milch Inhaltsstoffe Fett und Eiweiß unterscheiden sich in den Herden beider Betriebe ebenfalls vom Durchschnitt. Der Milchfettgehalt liegt in beiden Betrieben bei der gegebenen Milchleistung im empfohlenen Normalbereich von 3,7 %–5,1 % (GLATZ-HOPPE et al., 2022). Der Milcheiweißgehalt liegt in Betrieb 1 im empfohlenen Normalbereich von 3,3 %–4,0 %, in Betrieb 2 leicht darunter. Für die in diesem Betrieb gehaltene Rasse Braunvieh ist eigentlich ein höherer Eiweißgehalt in der Milch (3,5–4,5 %) rassetypisch charakteristisch. Über die Gründe für den etwas geringeren Gehalt kann aufgrund fehlender Kenntnis der Futterzusammensetzung nichts gesagt werden. Offensichtliche Mängel in der Energieversorgung, die einen niedrigen Eiweißgehalt begründen, sind während der Untersuchung nicht bekannt geworden. Da dieser Wert die Gesamtherde mit positiven und negativen Kühen betrachtet, scheint ein Einfluss durch die Pansenegel- und Leberegelinfektion unwahrscheinlich.

3.2.2. Milchleistung

In den Untersuchungen zeigte sich bezüglich der Milchleistung statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den nicht infizierten und den infizierten Tieren in Betrieb 1 bzw. zwischen nicht infizierten Tieren und Pansenegel-infizierten Tieren in Betrieb 2. In der Auswertung über den gesamten Untersuchungszeitraum zeigte sich in Betrieb 2 bei den mischinfizierten Tieren eine signifikant höhere Milchleistung als bei nicht infizierten Tieren. In der separaten Auswertung der Sommer- und Wintermonate war dagegen kein signifikanter Unterschied nachweisbar. Der Anteil der Tiere mit einer im Betriebsdurchschnitt hohen Leistung von durchschnittlich über 21 Litern/Tag lag bei den mischinfizierten Tieren bei 15 von 28 Tieren (54 %) und bei den nicht infizierten Tieren bei 8 von 29 Tieren (28 %). Ein Unterschied in der Milchleistung lässt sich daher vermutlich mit der größeren Anzahl an höher leistenden Tieren unter den mischinfizierten Tieren erklären.

Die Ergebnisse bezüglich der Milchleistung decken sich mit den Untersuchungen von SPENCE et al. (1996). Dort verbesserte eine Behandlung mit 16,6 mg/kg KGW Oxytetracyclin, die zu einer Eizahlreduktion von 56 % führte, die Milchleistung nicht. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass die Pansenegellast (8,1 – 266,5 epg) nicht

pathogen war. Eine Verbesserung der Milchleistung um 0,6 l Milch/Tier/Tag über einen Zeitraum von 11 Monaten konnte dagegen bei Kühen mit einer Mischinfektion mit Pansenegeln, *F. hepatica* und gastrointestinalen Nematoden durch die Behandlung mit Fenbendazol, Levamisol und Oxyclozanid erzielt werden (SPENCE et al., 1992). Naturgemäß konnten die Autoren die Leistungssteigerung nicht auf den Behandlungserfolg gegen einen bestimmten Parasiten zurückführen. Sollten ab einem Befall >200 epg klinische Erscheinungen auftreten (MALRAIT et al., 2015), ist auch mit Einbußen in der Milchleistung zu rechnen.

In einer aktuellen Studie mit Deutschem Schwarzbuntem Niederungs- und Hochleistungsrind (DSN) wurde dagegen eine signifikant geringere Milchleistung bei Pansenegel-infizierten Tieren im Vergleich zu nicht infizierten Tieren festgestellt. Außerdem war ein Anstieg der epg-Werte für Pansenegel mit einem signifikant linearen Abfall der Milchleistung assoziiert (MAY et al., 2023).

Die Eindeutigkeit, mit der Veränderungen in der Milchleistung mit Fasciolose (HOWELL et al., 2015; KÖSTENBERGER et al., 2017; MAY et al., 2020; TAKEUCHI-STORM et al., 2021) und mit Magen-Darm-Wurmbefall (SPENCE et al., 1996; ALMERIA et al., 2009; BLANCO-PENEDO et al., 2012; DANK et al., 2015; SPRINGER et al., 2021) assoziiert sind, ist bei der Paramphistomidose nicht gegeben. Daher würden weitere Untersuchungen mit Hochleistungsrassen mehr Klarheit bringen.

3.2.3. Milchfett

Eine Infektion mit *C. daubneyi* kann in-vitro das Profil der kurzkettigen Fettsäuren im Pansen ändern und damit die Pansenverdauung beeinflussen. So wurde ein signifikanter Anstieg von Propionat beobachtet (HUSON et al., 2018). Daraus könnte ein Einfluss auf die Synthese des Milchfetts resultieren. In dieser Studie konnte kein statistisch signifikanter Einfluss auf die Entwicklung des Milchfettgehalts durch den Pansenegelbefall beobachtet werden. Auch bei MAY et al. (2023) zeigte sich trotz Leistungsminderung kein Einfluss auf die Inhaltsstoffe. Veränderungen im Milchfettgehalt im Sommerhalbjahr in allen untersuchten Gruppen sind durch den hohen Anteil von ungesättigten Fettsäuren im frischen Grünfutter bedingt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen im Gegensatz zu den Beobachtungen bei Befall mit anderen Parasitenspezies. Bei Infektionen mit *F. hepatica* wurde ein Rückgang des Milchfettgehalts mehrfach beschrieben (KÖSTENBERGER et al., 2017; MAY et al., 2020). Die Behandlung infizierter

Tiere bewirkte dagegen unterschiedliche Ergebnisse. Eine Steigerung des Milchfettgehalts wurde von THAPA SHRESTHA et al. (2020) beobachtet. CHARLIER et al. (2012) konnten dagegen keine Veränderung des Milchfettgehalts nach Behandlung beobachten. Auch bei Infektionen mit gastrointestinalen Nematoden ist ein Rückgang des Milchfettgehalts um 0,1 % bekannt (DANK et al., 2015) und ein Anstieg des Milchfettgehalts nach Behandlung des Parasitenbefalls konnte in 60 % der Fälle erzielt werden (GROSS et al., 1999).

3.2.4. Milcheiweiß

Auch der Milcheiweißgehalt kann von parasitären Infektionen beeinflusst werden, wobei die Ergebnisse ähnlich widersprüchlich sind wie beim Milchfettgehalt. Bei Infektionen mit *F. hepatica* wurde einerseits ein Rückgang des Milcheiweißgehalts beobachtet (KÖSTENBERGER et al., 2017; MAY et al., 2020), andererseits konnte auch keine Veränderung festgestellt werden (CHARLIER et al., 2007). Bei einer Infektion mit gastrointestinalen Nematoden wurde keine Veränderung des Milcheiweißgehalts festgestellt (DANK et al., 2015). Wenn Leberegelbefall mit Oxytoclozanid (THAPA SHRESTHA et al., 2020) oder Closantel (KÖSTENBERGER et al., 2017) behandelt wurde, ist eine Steigerung des Milcheiweißgehaltes beobachtet worden. CHARLIER et al. (2007) konnten dagegen keinen Effekt der Therapie mit Closantel ausmachen.

In dieser Studie gab es in beiden Betrieben keinen statistisch signifikanten Unterschied im Milcheiweißgehalt zwischen infizierten und nicht infizierten Tieren. Dies stimmt mit der Untersuchung von MAY et al. (2023) überein. Ob bei Wiederkäuern die Verdauung von stark eiweißhaltigen Pansenegeln für den Anstieg des Eiweißgehaltes in der Milch bedeutend sein könnte, ist bislang nicht geklärt worden. Der Eiweißgehalt liegt in Betrieb 1 bei den Pansenegel-infizierten Tieren zwar mit 3,65 % über dem Landesdurchschnitt und über dem rassetypischen Durchschnitt für Fleckvieh, unterscheidet sich aber nicht von den nicht infizierten Rindern. In Betrieb 2 ist der Eiweißgehalt der Milch bei den Pansenegel-infizierten Tieren (3,26 %) und bei den mischinfizierten Tieren (3,32 %) unterdurchschnittlich, obwohl es sich um Braunvieh-Kühe handelt, die sich rassebedingt durch einen höheren Eiweißgehalt in der Milch auszeichnen. Auch diese Gruppen unterscheiden sich nicht von den nicht infizierten Tieren. Insofern war die Eiweißzufuhr durch abgestorbene Pansenegel in beiden Betrieben offensichtlich unbedeutend.

3.2.5. Zellzahl

Während es bezüglich der Zellzahl in Betrieb 1 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gab, war in Betrieb 2 ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den nicht infizierten Tieren und den mischinfizierten Tieren nachweisbar. Ein Zusammenhang mit dem Pansenegelfall kann daher nicht ausgeschlossen werden, obwohl in Betrieb 1 kein signifikanter Unterschied in der Zellzahl beobachtet wurde. Ein Anstieg der Zellzahl könnte durch den immunsupprimierenden Effekt bei einer parasitären Infektion hervorgerufen werden (ALHUSSIEN und DANG, 2018). Aus Feldstudien ist bekannt, dass bei gleicher Exposition ältere Rinder immun gegenüber Reinfektionen mit *C. daubneyi* sind, während jüngere erkranken (O'SHAUGHNESSY et al., 2018). Es sind weitere Arbeiten auf diesem Gebiet notwendig, um diesen Effekt genauer zu untersuchen. Bei Fasciolose ist eine Veränderung der somatischen Zellzahl bisher nicht nachweisbar gewesen (HOWELL et al., 2015; MAY et al., 2019; MAY et al., 2020). Da der Altersunterschied zwischen den Gruppen signifikant ist, muss auch in Betracht gezogen werden, dass mit höherem Alter durchschnittlich höhere Zellzahlen verbunden sind (ALHUSSIEN und DANG, 2018; GONÇALVES et al., 2018), was der Grund für den signifikanten Unterschied in der somatischen Zellzahl in Betrieb 2 sein kann.

3.3. Fruchtbarkeit

In der Bestandsbetreuung werden die Parameter Rastzeit (RZ), Zwischenkalbezeit (ZKZ), Erstbesamungserfolg (EBE) und 56-Non-Return-Rate (56-NRR) zur Beurteilung der Fruchtbarkeit herangezogen. Sie werden vor allem aufgrund der guten Datenverfügbarkeit verwendet (HANZEN et al., 1994; GALON et al., 2010; BARANSKI et al., 2021). Die ZKZ ist allerdings nur für pluripare Tiere zu erheben. Alle Faktoren werden durch das Betriebsmanagement beeinflusst (LEBLANC, 2010). Über den Einfluss von Pansenegelinfektionen auf die Fruchtbarkeit von Milchkühen ist im Gegensatz zu Leberegelinfektionen bisher nichts bekannt.

In dieser Studie wurden in allen Fruchtbarkeitsparametern zwar keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen infizierten Kühen und nicht infizierten Kühen beobachtet, aber eine Tendenz konnte dennoch beobachtet werden. Bei Pansenegelinfizierten Kühen in beiden Betrieben war die RZ sowie die ZKZ im Vergleich zu nicht infizierten Tieren verlängert (RZ um 15 Tage in Betrieb 1 und um 6 Tage in Betrieb 2; ZKZ um 21 Tage in Betrieb 1 und um 14 Tage in Betrieb 2). Bei

mischinfizierten Tieren in Betrieb 2 war der Unterschied noch größer (RZ um 18 Tage, ZKZ um 42 Tage länger als nicht infizierte Tiere). Der EBE und die 56-NRR waren in beiden Betrieben bei Pansenegel-infizierten Tieren niedriger als bei nicht infizierten Tieren. Es scheint daher nicht ausgeschlossen, dass die Pansenegelinfektion die Fruchtbarkeit von Milchkühen beeinflussen kann. Diese Beobachtung ist bereits bei Infektionen mit *F. hepatica* bestätigt worden. Dort war die RZ bei infizierten Kühen statistisch signifikant um 4,6 Tage verlängert (MAY et al., 2019). Ebenso wurde ein statistisch signifikanter Anstieg der ZKZ um 4,7 Tage bei *F. hepatica*-infizierten Tieren im Vergleich zu nicht infizierten Tieren festgestellt (HOWELL et al., 2015).

Eine Beeinflussung der Besamungsanzahl pro Trächtigkeit und der 56-Non-Return-Rate lag bei Infektionen mit *F. hepatica* nicht vor (HOWELL et al., 2015; MAY et al., 2019).

Auch bei Infektionen mit Nematoden wurden Effekte auf die Fruchtbarkeitsleistung von Fleisch- und Milchkühen beobachtet, die aber auch auf anthelmintische Behandlungen zurückzuführen waren (SANCHEZ et al., 2002; MAY et al., 2017).

3.4. β -Hydroxybutyrat (BHB)

KetoMIR wurde entwickelt, um auf Herdenniveau das Stoffwechselrisiko von Milchkühen zu überwachen (DRÖSSLER et al., 2018). Obwohl die Vorhersage einer Ketose mittels Spektralanalyse der Milch zwar nur von mäßiger Genauigkeit ist ($R^2 = 0.56$) (BONFATTI et al., 2019), kann das Auftreten einer Ketose besser vorhergesagt werden als mit dem Fett-Eiweiß-Quotienten (VAN KNEGSEL et al., 2010). Daher wird die Analyse als Managementinstrument empfohlen und mittlerweile international verwendet (BONFATTI et al., 2019; GRELET et al., 2019). Da es möglich ist, anhand der Spektralanalyse der Milch einen Blut-BHB in mmol/l vorherzusagen (BONFATTI et al., 2019), konnte in Anbetracht von 292 BHB-Werten aus der Spektralanalyse in dieser Studie aus Tierschutzgründen auf die individuellen Blutprobenahmen für Ketose-Serumschnelltests verzichtet werden.

In dieser Studie liegen die geschätzten Randmittelwerte für BHB in den ersten 120 Laktationstagen in allen Gruppen unter einem Wert von 0,6 mmol/l. Ausgehend von einem BHB-Wert $> 1,2$ mmol/l als Kennzeichen einer Ketose wurden in dieser Studie keine Unterschiede zwischen infizierten und nicht infizierten Tieren über den gesamten Untersuchungszeitraum festgestellt. Die Ergebnisse dieser Studie

decken sich mit den Beobachtungen bei chronisch mit *F. hepatica*-infizierten Kühen, bei denen sich die BHB-Werte nicht von nicht infizierten Kühen unterscheiden (KOWALCZYK et al., 2018). Dagegen besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *F. hepatica*-Infektionsstatus einer Milchviehherde und dem Milch-BHB-Wert. In Herden mit einem hohen *F. hepatica*-Infektionsstatus wurden signifikant höhere Durchschnittswerte für Milch-BHB im Vergleich zu Herden mit mittlerer und mit geringer Infektionsfrequenz und Tankmilch-ELISA-negativen Herden identifiziert. Dieser Studie lagen 13.565 BHB-Messungen aus 1.433 Herden vor, was sicherlich zu einem aussagekräftigen Ergebnis beigetragen hat (MAY et al., 2020). Bei experimentell induzierter, akuter Fasciolose beim Schaf ist ebenfalls aufgrund der gestörten Leberfunktion ein Anstieg der BHB-Werte und gleichzeitiger Abfall der Blutzuckerwerte beobachtet worden. Die Effekte in dieser Studie waren zwar abhängig von der Stärke der Infektion, aber selbst bei Tieren mit geringer Infektionsintensität gravierend (PHIRI et al., 2007). Die Entwicklung einer Ketose aufgrund ruminalen Pansenegelbefalls ist unter der Bedingung, dass die Zusammensetzung der Pansenmikroben oder das Pansenmilieu gestört werden, denkbar. Beide Einflüsse konnten in-vitro nicht nachgewiesen werden. Dagegen konnte ein reduziertes Acetat-Propionat-Verhältnis nachgewiesen werden, was darauf hindeutet, dass es zunächst zu azidotischen Zuständen kommen kann (HUSON et al., 2018). Trotz geringer Probenzahlen, die z. B. eine saisonale Auswertung nicht ermöglicht haben, kann vorsichtig vermutet werden, dass Ketosen bei Pansenegelbefall seltener auftreten als bei Leberegelbefall. Darauf deuten auch die zehn höheren Werte (1,21–1,7 mmol/l) aus dieser Studie hin, da über die Hälfte der Werte von nur 3 Tieren mit schwachem Pansenegelbefall (< 2,4 epg) aus Betrieb 1 stammte, die in 2 Fällen über 2 bzw. 3 Monate mit höheren Ketosewerten auffielen, was eher auf betriebsbedingte Ursachen hindeutet. Wohingegen die anderen erhöhten Werte von 4 Tieren ohne Pansenegelbefall stammten.

4. Fazit und Ausblick

Ein Einfluss des Pansenegelbefalls auf die Milchleistung von Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Braunvieh ist bei einer geringen Befallsintensität laut der Ergebnisse aus dieser Studie nicht gegeben. Ebenfalls liegen bei einem geringen Befall keine negativen Auswirkungen auf die Stoffwechsellage der Kühe vor. Obwohl ein Unterschied zwischen infizierten und nicht infizierten Kühen statistisch

nicht nachweisbar war, liegen in den Ergebnissen dieser Arbeit Hinweise auf eine mögliche Beeinflussung der Fruchtbarkeit von Milchkühen vor.

Die Ergebnisse dieser Dissertation können nur für einen geringgradigen Befall mit Pansenegelein mit einer medianen Pansenegeleinlast von < 6 epg herangezogen werden. Ob eine Beeinflussung der Milchleistung und Fruchtbarkeit bei einer deutlich höheren Pansenegeleinlast, vor allem ab einem Befall > 200 epg (MALRAIT et al., 2015), gegeben ist, muss in weiteren Untersuchungen ermittelt werden. Für die Überprüfung der Befallsintensität in einzelnen Milchkuhbetrieben ist die Kotuntersuchung derzeit die einzige diagnostische Möglichkeit (DEPLAZES et al., 2020a). Die Weiterentwicklung eines auf Koproantigen basierten ELISAs wäre für die einfache und schnelle Diagnostik eines Pansenegeleinbefalls wünschenswert (HUSON et al., 2021a).

Ein Einfluss des Pansenegeleinbefalls auf die Kotkonsistenz liegt bei einer geringen Befallsintensität nicht vor. Eine veränderte Kotkonsistenz kann demnach keine Schlüsse über das Vorliegen einer Pansenegeleininfektion geben. Die Verdrängung des pathogeneren Leberegels *F. hepatica* im Zwischenwirt durch *C. daubneyi* wird von manchen Autor*innen als möglich angesehen und aufgrund der häufig geringen klinischen Symptomatik von ruminalen Pansenegeleininfektionen (ZINTL et al., 2014; FUERTES et al., 2015a; BAUER, 2021) sogar als positiv erachtet (O'SHAUGHNESSY et al., 2018). In dieser Studie konnte die höhere Befallsstärke in mischinfizierten Kühen gegenüber nur mit *C. daubneyi* infizierten Kühen bestätigt werden (NARANJO-LUCENA et al., 2018; MAY et al., 2022). Eine Verdrängung von *F. hepatica* als Bekämpfungsstrategie in den beiden Studienherden erscheint daher fraglich.

Die Befallsintensität steigt mit dem Alter an. Dieses Ergebnis spricht für eine lange Patenz der Pansenegelein und eine Kumulierung im Pansen. Die Pathogenität von Pansenegelein darf dennoch nicht unterschätzt werden. Da besonders die akute Paramphistomidose zu schweren, zum Teil tödlichen Erkrankungen führen kann (MILLAR et al., 2012; O'SHAUGHNESSY et al., 2018), sollte der Paramphistomidose in den Betrieben die gleiche Aufmerksamkeit gewidmet werden wie anderen Parasitosen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Die Infektion von Rindern mit dem Pansenegel *Calicophoron daubneyi* ist in den letzten Jahrzehnten in Europa immer häufiger festgestellt worden. Dabei ist die Frage nach der Bedeutung des patenten Befalls für die Milch- und Fleischproduktion in den Vordergrund gerückt. Während der Einfluss auf Mastrinder bereits in wenigen Studien mit widersprüchlichen Ergebnissen untersucht wurde, besteht über einen Einfluss auf Milchleistung und Fruchtbarkeit keine Kenntnis.

Ziel dieser Arbeit war es daher, über den Zeitraum von einem Jahr monatlich die Ausscheidung von *C. daubneyi*-Eiern über den Kot in zwei Milchviehbetrieben zu bestimmen und die Milchleistungs- und Fruchtbarkeitsparameter innerhalb der Herden zwischen befallenen und nicht befallenen Kühen zu vergleichen. Hierfür wurden die Tiere abhängig von der Ei-Ausscheidung in Gruppen eingeteilt (1 = negativ; 2 = Pansenegel-positiv; 3 = Pansenegel- und Leberegel-positiv). Um auch saisonale Einflüsse untersuchen zu können, wurden die Daten in drei Zeitintervallen ausgewertet (ganzer Untersuchungszeitraum, Sommerhalbjahr, Winterhalbjahr).

Insgesamt wurden 117 Kühe aus den beiden Betrieben in dieser Studie untersucht. Die innerbetriebliche Pansenegelprävalenz lag bei 59,5 % resp. 64 %, die mediane Ausscheidungsintensität war in beiden Betrieben geringgradig (< 6 epg). Die epg-Werte lagen in den Betrieben zwischen 0 und 51,4 epg bzw. 0 und 92,3 epg. Die höchste Pansenegel-Eiausscheidungsrate zeigten mit *F. hepatica* mischinfizierte Kühe.

Der *C. daubneyi*-Befall hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Milchleistungsparameter (Milchmenge, Milchfett, Milcheiweiß, Zellzahl). Der Stoffwechsellparameter β -Hydroxybutyrat lag in beiden Betrieben gleichermaßen im Normbereich und unterschied sich ebenfalls nicht zwischen infizierten und nicht infizierten Kühen. Die Fruchtbarkeitskennzahlen (Rastzeit, Zwischenkalbezeit, Erstbesamungserfolg, 56-Non-Return-Rate) waren bei *C. daubneyi*-infizierten Kühen zwar nicht signifikant, aber tendenziell schlechter als bei nicht infizierten Kühen.

Infizierte Tiere waren signifikant älter als nicht infizierte Tiere. Kühe mit einer

Mischinfektion mit *C. daubneyi* und *F. hepatica* waren wiederum signifikant älter als Tiere mit einer reinen Pansenegelinfektion. Die Befallsintensität war dabei sowohl bei Pansenegelbefall als auch bei Leberegelbefall bei älteren Tieren signifikant höher als bei jüngeren Tieren. Ein Einfluss auf die Kotkonsistenz konnte bei Pansenegel-infizierten Kühen nicht beobachtet werden.

Abschließend ergibt sich aus dieser Studie, dass bei Milchkühen der Rassen Fleckvieh und Braunvieh mit schwachem *C. daubneyi* -Befall kein Einfluss auf die Milchleistung sowie auf die Stoffwechsellage besteht. Die Kennzahlen für die Fruchtbarkeit zeigten dagegen, dass mit *C. daubneyi* infizierte Kühe tendenziell schlechter abschnitten als nicht infizierte Kühe. Hierzu sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

VII. SUMMARY

The infection of cattle with the rumen fluke *Calicophoron daubneyi* has been detected with increasing frequency in Europe in recent decades. The question of the significance of the pathogenic infection for milk and meat production has come to the fore. While the influence on beef cattle has already been investigated in a few studies with contradictory results, there is no knowledge of an influence on milk yield and fertility.

The aim of this study was therefore to determine the monthly excretion of *C. daubneyi* eggs in the feces of two dairy farms over a period of one year and to compare the milk yield and fertility parameters within the herds between infected and non-infected cows. For this purpose, the animals were divided into groups depending on egg excretion (1 = negative; 2 = rumen fluke-positive; 3 = rumen fluke- and liver fluke-positive). To be able to investigate seasonal influences, the data was analyzed in three time-intervals (entire study period, summer half-year, winter half-year).

A total of 117 cows from the two farms were examined in this study. The in-herd-prevalence for rumen fluke was 59,5 % and 64 % respectively, the median excretion intensity was low on both farms (< 6 epg). The epg values on the farms were between 0 and 51.4 epg and 0 and 92.3 epg respectively. Cows with mixed infection with *F. hepatica* showed the highest rumen fluke excretion rate.

C. daubneyi infection had no significant effect on milk yield parameters (milk yield, milk fat, milk protein, cell count). The metabolic parameter β -hydroxybutyrate was equally within the normal range on both farms and did not differ between infected and uninfected cows. The fertility parameters (resting period, calving interval, first insemination success, 56 non-return rate) had no significant difference in *C. daubneyi*-infected cows but tended to be worse than in non-infected cows.

Infected animals were significantly older than non-infected animals. Cows with a mixed infection with *C. daubneyi* and *F. hepatica* were again significantly older than animals with a pure rumen fluke infection. The intensity of infection was significantly higher in older animals than in younger animals, both in the case of rumen fluke infection and liver fluke infection. No influence on the consistency of feces was observed in rumen fluke-infected cows.

In conclusion, this study shows that in dairy cows of the Fleckvieh and Braunvieh breeds low *C. daubneyi* infection have no influence on milk yield or metabolic status. The fertility parameters, on the other hand, showed that cows infected with *C. daubneyi* tended to perform worse than uninfected cows. Further studies should be carried out in this regard.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Abrous M, Rondelaud D, Dreyfuss G. *Paramphistomum daubneyi*: the development of redial generations in the snail *Lymnaea truncatula*. Parasitol Res 1997; 83: 64-9.

Abrous M, Rondelaud D, Dreyfuss G. *Paramphistomum daubneyi* and *Fasciola hepatica*: influence of temperature changes on the shedding of cercariae from dually infected *Lymnaea truncatula*. Parasitol Res 1999; 85: 765-9.

Alhussien MN, Dang AK. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. Vet World 2018; 11: 562-77.

Allen NR, Taylor-Mew AR, Wilkinson TJ, Huws S, Phillips H, Morpew RM, Brophy PM. Modulation of rumen microbes through extracellular vesicle released by the rumen fluke *Calicophoron daubneyi*. Front cell infect microbiol 2021; 11: 661830.

Almeria S, Adelantado C, Charlier J, Claerebout E, Bach A. *Ostertagia ostertagi* antibodies in milk samples: relationships with herd management and milk production parameters in two mediterranean production systems of Spain. Res Vet Sci 2009; 87: 416-20.

Arenal A, Garcia Y, Quesada L, Velazquez D, Sanchez D, Pena M, Suarez A, Diaz A, Sanchez Y, Casaert S, van Dijk J, Vercruyssen J, Charlier J. Risk factors for the presence of *Fasciola hepatica* antibodies in bulk-milk samples and their association with milk production decreases, in Cuban dairy cattle. BMC Vet Res 2018; 14: 336.

Arias M, Lomba C, Dacal V, Vazquez L, Pedreira J, Francisco I, Pineiro P, Cazapal-Monteiro C, Suarez JL, Diez-Banos P, Morrondo P, Sanchez-Andrade R, Paz-Silva A. Prevalence of mixed trematode infections in an abattoir receiving cattle from northern Portugal and north-west Spain. Vet Rec 2011; 168: 408.

Arias MS, Sanchis J, Francisco I, Francisco R, Pineiro P, Cazapal-Monteiro C, Cortinas FJ, Suarez JL, Sanchez-Andrade R, Paz-Silva A. The efficacy of four anthelmintics against *Calicophoron daubneyi* in naturally infected dairy cattle. *Vet Parasitol* 2013; 197: 126-9.

Atcheson E, Lagan B, McCormick R, Edgar H, Hanna REB, Rutherford NH, McEvoy A, Huson KM, Gordon A, Aubry A, Vickers M, Robinson MW, Barley JP. The effect of naturally acquired rumen fluke infection on animal health and production in dairy and beef cattle in the UK. *Front Vet Sci* 2022; 9: 968753.

Baranski W, Nowicki A, Zdunczyk S. Effect of an integrated veterinary herd health program on fertility performance and incidence of reproductive disorders in five dairy herds. *Pol J Vet Sci* 2021; 24: 433-7.

Bastyrova Brutovska A, Vogalova P, Rost M, Sak B, Kvac M. *Calicophoron daubneyi* (Dinnik, 1962) (Digenea) in beef and dairy cattle in the Czech Republic: prevalence and drug efficacy. *Folia Parasitol (Praha)* 2023; 70

Bauer C. Pansenegel ist nicht gleich Pansenegel – *Calicophoron daubneyi*. *Veterinärspiegel* 2021; 31: 166-70.

Bellet C, Green MJ, Vickers M, Forbes A, Berry E, Kaler J. *Ostertagia* spp., rumen fluke and liver fluke single- and poly-infections in cattle: An abattoir study of prevalence and production impacts in England and Wales. *Prev Vet Med* 2016; 132: 98-106.

Bennett R, Ijpelaar J. Updated estimates of the costs associated with thirty-four endemic livestock diseases in Great Britain: A note. *J Agric Econ* 2005; 56: 135-44.

Blanco-Penedo I, Hoglund J, Fall N, Emanuelson U. Exposure to pasture borne nematodes affects individual milk yield in Swedish dairy herds. *Vet Parasitol* 2012; 188: 93-8.

Bonfatti V, Turner SA, Kuhn-Sherlock B, Luke TDW, Ho PN, Phyn CVC, Pryce JE. Prediction of blood beta-hydroxybutyrate content and occurrence of hyperketonemia in early-lactation, pasture-grazed dairy cows using milk infrared spectra. *J Dairy Sci* 2019; 102: 6466-76.

Boray JC. Advances in the prevention of fascioliasis. *Schweiz Arch Tierheilkd* 1971; 113: 361-86.

Bosco A, Nocerino M, Santaniello M, Maurelli MP, Cringoli G, Rinaldi L. Mapping the spatial distribution of the rumen fluke *Calicophoron daubneyi* in a mediterranean area. *Pathogens* 2021; 10: 1122.

Bosco A, Ciuca L, Maurelli MP, Vitiello P, Cringoli G, Prada JM, Rinaldi L. Comparison of Mini-FLOTAC, Flukefinder and sedimentation techniques for detection and quantification of *Fasciola hepatica* and *Calicophoron daubneyi* eggs using spiked and naturally infected bovine faecal samples. *Parasit Vectors* 2023; 16: 260.

Busin V, Geddes E, Robertson G, Mitchell G, Skuce P, Waine K, Millins C, Forbes A. A Study into the identity, patterns of infection and potential pathological effects of rumen fluke and the frequency of co-infections with liver fluke in cattle and sheep. *Ruminants* 2023; 3: 27-38.

Cervena B, Anettova L, Noskova E, Pafco B, Psenkova I, Javorska K, Prihodova P, Jezkova J, Vaclavek P, Malat K, Modry D. The winner takes it all: dominance of *Calicophoron daubneyi* (Digenea: Paramphistomidae) among flukes in Central European beef cattle. *Parasitology* 2022: 1-10.

Chapuis E, Ferdy JB. Life history traits variation in heterogeneous environment: The case of a freshwater snail resistance to pond drying. *Ecol Evol* 2012; 2: 218-26.

Charlier J, Duchateau L, Claerebout E, Williams D, Vercruyse J. Associations between anti-*Fasciola hepatica* antibody levels in bulk-tank milk samples and

production parameters in dairy herds. *Prev Vet Med* 2007; 78: 57-66.

Charlier J, Hostens M, Jacobs J, Van Ranst B, Duchateau L, Vercruyse J. Integrating fasciolosis control in the dry cow management: the effect of closantel treatment on milk production. *PLoS One* 2012; 7: e43216.

Choudhary V, Garg S, Chourasia R, Hasnani JJ, Patel PV, Shah TM, Bhatt VD, Mohapatra A, Blake DP, Joshi CG. Transcriptome analysis of the adult rumen fluke *Paramphistomum cervi* following next generation sequencing. *Gene* 2015; 570: 64-70.

Dank M, Holzhauer M, Veldhuis A, Frankena K. Association between *Dictyocaulus viviparus* status and milk production parameters in Dutch dairy herds. *J Dairy Sci* 2015; 98: 7741-7.

De Waal T. *Paramphistomum* - a brief review. *Ir Vet J* 2010; 63: 313-5.

Delafosse A. Rumen fluke infections (*Paramphistomidae*) in diarrhoeal cattle in western France and association with production parameters. *Vet Parasitol Reg Stud Reports* 2022; 29: 100694.

Deplazes P, Joachim A, Mathis A, Strube C, Taubert A, von Samson-Himmelstjerna G, Zahner H. Labordiagnostische Methoden. In: *Parasitologie für die Tiermedizin*, 4. edn Stuttgart: Thieme Verlag 2020a: 546-59.

Deplazes P, Joachim A, Mathis A, Strube C, Taubert A, von Samson-Himmelstjerna G, Zahner H. Ordnung Amphistomida. In: *Parasitologie für die Tiermedizin*, 4. edn Stuttgart: Thieme Verlag 2020b: 185-7.

Devos J. Paramphistomosis in sheep; Natural infection of lambs by *Calicophoron daubneyi*. *Rev Med Vet* 2013; 11: 528-35.

Diaz P, Paz-Silva A, Sanchez-Andrade R, Suarez JL, Pedreira J, Arias M, Diez-

Banos P, Morrondo P. Assessment of climatic and orographic conditions on the infection by *Calicophoron daubneyi* and *Dicrocoelium dendriticum* in grazing beef cattle (NW Spain). *Vet Parasitol* 2007a; 149: 285-9.

Diaz P, Pedreira J, Sanchez-Andrade R, Suarez JL, Arias MS, Francisco I, Fernandez G, Diez-Banos P, Morrondo P, Paz-Silva A. Risk periods of infection by *Calicophoron daubneyi* (Digenea: Paramphistomidae) in cattle from oceanic climate areas. *Parasitol Res* 2007b; 101: 339-42.

Dinnik JA. *Paramphistomum daubneyi* sp.nov. from cattle and its snail host in the Kenya Highlands. *Parasitology* 1962; 52: 143-51.

Dirksen G, Gründer H, Stöber M. Parasitosen von Magen und Darm. In: *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*, 5. edn Stuttgart: Parey Verlag 2006: 598-612.

Dorny P, Stoliaroff V, Charlier J, Meas S, Sorn S, Chea B, Holl D, Van Aken D, Vercruyse J. Infections with gastrointestinal nematodes, *Fasciola* and *Paramphistomum* in cattle in Cambodia and their association with morbidity parameters. *Vet Parasitol* 2011; 175: 293-9.

Drössler K, Werner A, Dale L. KetoMIR – ein neues Werkzeug für LKV-Mitgliedsbetriebe. In: 45. Viehwirtschaftliche Fachtagung: Raumberg-Gumpenstein 2018: 57-63. <https://raumberg-gumpenstein.at/>. 13.11.2023.

Duignan G, Fagan J, Joyce C. Diagnosing acute larval paramphistomosis in ruminants. *Vet Rec* 2017; 180: 618.

Eduardo SL. The taxonomy of the family Paramphistomidae Fiscoeder, 1901 with special reference to the morphology of species occurring in ruminants. III. Revision of the genus *Calicophoron* Näsmark, 1937. *Syst Parasitol* 1983; 5: 25.

Fenemore C, Floyd T, Mitchell S. Rumen fluke in Great Britain. *J Comp Pathol* 2021; 184: 31-6.

Ferreras MC, Gonzalez-Lanza C, Perez V, Fuertes M, Benavides J, Mezo M, Gonzalez-Warleta M, Giraldez J, Martinez-Ibeas AM, Delgado L, Fernandez M, Manga-Gonzalez MY. *Calicophoron daubneyi* (Paramphistomidae) in slaughtered cattle in Castilla y Leon (Spain). *Vet Parasitol* 2014; 199: 268-71.

Forbes A. Rumen fluke: past, present and future. *Livestock* 2018; 23: 227-31.

Forstmaier T, Knubben-Schweizer G, Strube C, Zablotski Y, Wenzel C. Rumen (*Calicophoron/Paramphistomum* spp.) and liver flukes (*Fasciola hepatica*) in cattle – prevalence, distribution, and impact of management factors in Germany. *Animals (Basel)* 2021; 11: 2727.

Forstmaier T. Ermittlung der Prävalenz der Paramphistomidose auf Herdenebene mit Bestimmung vorkommender Pansenegelspezies bei Rindern in Deutschland. *Diss. med. vet.* 2021; Ludwig-Maximilians-Universität München.

Foster AP, Otter A, O'Sullivan T, Cranwell MP, Twomey DF, Millar MF, Taylor MA. Rumen fluke (paramphistomosis) in British cattle. *Vet Rec* 2008; 162: 528.

Fuertes M, Perez V, Benavides J, Gonzalez-Lanza MC, Mezo M, Gonzalez-Warleta M, Giraldez FJ, Fernandez M, Manga-Gonzalez MY, Ferreras MC. Pathological changes in cattle naturally infected by *Calicophoron daubneyi* adult flukes. *Vet Parasitol* 2015a; 209: 188-96.

Fuertes M, Manga-Gonzalez Y, Benavides J, Gonzalez-Lanza MC, Giraldez FJ, Mezo M, Gonzalez-Warleta M, Fernandez M, Regidor-Cerrillo J, Castano P, Royo M, Ortega-Mora LM, Perez V, Ferreras MC. Immunohistochemical study and mRNA cytokine profile of the local immune response in cattle naturally infected with *Calicophoron daubneyi*. *Vet Parasitol* 2015b; 214: 178-83.

Galon N, Zeron Y, Ezra E. Factors affecting fertility of dairy cows in Israel. *J Reprod Develop* 2010; 56: 8-14.

García-Dios D, Díaz P, Viña M, Remesar S, Prieto A, López-Lorenzo G, Cao JMD, Panadero R, Díez-Baños P, López CM. Efficacy of oxiclozanide and closantel against rumen flukes (Paramphistomidae) in naturally infected sheep. *Animals (Basel)* 2020; 10: 1943-52.

Glatz-Hoppe J, Losand B, Kampf D, Onken F, Spiekers H. Nutzung von Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. In: DLG-Merkblatt 451 Frankfurt/Main: DLG e.V. Fachzentrum Landwirtschaft 2022; <https://www.dlg.org/de/>. 09.07.2023.

Gonçalves JL, Cue RI, Botaro BG, Horst JA, Valloto AA, Santos MV. Milk losses associated with somatic cell counts by parity and stage of lactation. *J Dairy Sci* 2018; 101: 4357-66.

Gordon DK, Roberts LC, Lean N, Zadoks RN, Sargison ND, Skuce PJ. Identification of the rumen fluke, *Calicophoron daubneyi*, in GB livestock: possible implications for liver fluke diagnosis. *Vet Parasitol* 2013; 195: 65-71.

Graham-Brown J, Williams DJL, Skuce P, Zadoks RN, Dawes S, Swales H, Van Dijk J. Composite *Fasciola hepatica* faecal egg sedimentation test for cattle. *Vet Rec* 2019; 184: 589.

Grelet C, Vanlierde A, Hostens M, Foldager L, Salavati M, Ingvarsen KL, Crowe M, Sorensen MT, Froidmont E, Ferris CP, Marchitelli C, Becker F, Larsen T, Carter F, Gplus EC, Dehareng F. Potential of milk mid-IR spectra to predict metabolic status of cows through blood components and an innovative clustering approach. *Animal* 2019; 13: 649-58.

Gross SJ, Ryan WG, Ploeger HW. Anthelmintic treatment of dairy cows and its effect on milk production. *Vet Rec* 1999; 144: 581-7.

Hanzen C, Laurent Y, Ward WR. Comparison of reproductive performance in Belgian dairy and beef cattle. *Theriogenology* 1994; 41: 1099-114.

Hoedemaker M, Mansfeld R, de Kruif A, Feldmann M, Fetrow J. Milchleistung und Fütterung. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind, 3. edn Stuttgart: Enke Verlag 2013: 126-63.

Horak IG. Paramphistomiasis of domestic ruminants. *Adv Parasitol* 1971; 9: 33-72.

Howell A, Baylis M, Smith R, Pinchbeck G, Williams D. Epidemiology and impact of *Fasciola hepatica* exposure in high-yielding dairy herds. *Prev Vet Med* 2015; 121: 41-8.

Huson KM, Oliver NAM, Robinson MW. Paramphistomosis of ruminants: An emerging parasitic disease in Europe. *Trends Parasitol* 2017; 33: 836-44.

Huson KM, Morpew RM, Allen NR, Hegarty MJ, Worgan HJ, Girdwood SE, Jones EL, Phillips HC, Vickers M, Swain M, Smith D, Kingston-Smith AH, Brophy PM. Polyomic tools for an emerging livestock parasite, the rumen fluke *Calicophoron daubneyi*; identifying shifts in rumen functionality. *Parasite Vector* 2018; 11: 617.

Huson KM, Atcheson E, Oliver NAM, Best P, Barley JP, Hanna REB, McNeilly TN, Fang Y, Haldenby S, Paterson S, Robinson MW. Transcriptome and secretome analysis of intra-mammalian life-stages of *Calicophoron daubneyi* reveals adaptation to a unique host environment. *Mol Cell Proteomics* 2021a; 20: 100055.

Huson KM, Morpew RM, Winters A, Cookson A, Hauck B, Brophy PM. In vitro screening as an anthelmintic discovery pipeline for *Calicophoron daubneyi*: Nutritive media and rumen environment-based approaches. *Parasitol Res* 2021b; 120: 1351-62.

Iglesias-Pineiro J, Gonzalez-Warleta M, Castro-Hermida JA, Cordoba M, Gonzalez-Lanza C, Manga-Gonzalez Y, Mezo M. Transmission of *Calicophoron daubneyi* and *Fasciola hepatica* in Galicia (Spain): Temporal follow-up in the intermediate and definitive hosts. *Parasite Vector* 2016; 9: 610.

Jones RA, Williams HW, Dalesman S, Brophy PM. Confirmation of *Galba truncatula* as an intermediate host snail for *Calicophoron daubneyi* in Great Britain, with evidence of alternative snail species hosting *Fasciola hepatica*. *Parasite Vector* 2015; 8: 656.

Jones RA, Williams HW, Dalesman S, Ayodeji S, Thomas RK, Brophy PM. The prevalence and development of digenean parasites within their intermediate snail host, *Galba truncatula*, in a geographic area where the presence of *Calicophoron daubneyi* has recently been confirmed. *Vet Parasitol* 2017a; 240: 68-74.

Jones RA, Brophy PM, Mitchell ES, Williams HW. Rumen fluke (*Calicophoron daubneyi*) on Welsh farms: prevalence, risk factors and observations on co-infection with *Fasciola hepatica*. *Parasitology* 2017b; 144: 237-47.

Jones RA, Williams HW, Mitchell S, Robertson S, Macrelli M. Exploration of factors associated with spatial-temporal veterinary surveillance diagnoses of rumen fluke (*Calicophoron daubneyi*) infections in ruminants using zero-inflated mixed modelling. *Parasitology* 2021: 1-8.

Kendall SB. Bionomics of *Limnaea truncatula* and the parthenitae of *Fasciola hepatica* under drought conditions. *J Helminthol* 1949; 23: 57-68.

Knubben-Schweizer G, Scheuerle M, Pfister K. Die Bekämpfung des großen Leberegels beim Rind. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 2011; 39: 179-85.

Knubben-Schweizer G, Torgerson PR. Bovine fasciolosis: control strategies based on the location of *Galba truncatula* habitats on farms. *Vet Parasitol* 2015; 208: 77-83.

Köstenberger K, Tichy A, Bauer K, Pless P, Wittek T. Associations between fasciolosis and milk production, and the impact of anthelmintic treatment in dairy herds. *Parasitol Res* 2017; 116: 1981-7.

Kowalczyk SJ, Czopowicz M, Weber CN, Muller E, Kaba J. Accuracy of a diagnostic model based on serum biochemical parameters in detecting cows at an increased risk of chronic fascioliasis. *Vet Parasitol* 2018; 254: 15-20.

Kraneburg W. Beiträge zur Biologie und Pathogenität des einheimischen Pansenegels *Paramphistomum cervi* 1. Entwicklungsstadien in der Außenwelt und im Zwischenwirt. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1977; 90: 316-20.

Kraneburg W, Boch J. Beiträge zur Biologie und Pathogenität des einheimischen Pansenegels *Paramphistomum cervi* 3. Entwicklung in Rind, Schaf und Reh. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 1978; 91: 71-5.

LeBlanc S. Assessing the association of the level of milk production with reproductive performance in dairy cattle. *J Reprod Develop* 2010; 56: 1-7.

LKV-BW. Jahresbericht 2022. Landesverband Baden-Württemberg für Leistungs- und Qualitätsprüfungen in der Tierzucht e.V.: Stuttgart 2023; 45-6. https://lkvbw.de/services/files/jahresberichte/A%20Jahresbericht%202022_3.pdf. 13.11.2023.

Malrait K, Verschave S, Skuce P, Van Loo H, Vercruysse J, Charlier J. Novel insights into the pathogenic importance, diagnosis and treatment of the rumen fluke (*Calicophoron daubneyi*) in cattle. *Vet Parasitol* 2015; 207: 134-9.

Martinez-Ibeas AM, Munita MP, Lawlor K, Sekiya M, Mulcahy G, Sayers R. Rumen fluke in Irish sheep: prevalence, risk factors and molecular identification of two paramphistome species. *BMC Vet Res* 2016; 12: 143.

Mason C, Stevenson H, Cox A, Dick I, Rodger C. Disease associated with immature paramphistome infection in sheep. *Vet Rec* 2012; 170: 343-4.

Mavenyengwa M, Mukaratirwa S, Obwolo M, Monrad J. Bovine intestinal cellular responses following primary and challenge infections with *Calicophoron*

microbothrium metacercariae. Onderstepoort J Vet Res 2008; 75: 109-20.

Mavrot F. Livestock nematode infection in a changing world: investigating the European situation. Diss. med. vet. 2016; University of Zurich.

May K, Brügemann K, König S, Strube C. Patent gastrointestinal nematode infections in organically and conventionally pastured dairy cows and their impact on individual milk and fertility parameters. Vet Parasitol 2017; 245: 119-27.

May K, Brugemann K, König S, Strube C. Patent infections with *Fasciola hepatica* and paramphistomes (*Calicophoron daubneyi*) in dairy cows and association of fasciolosis with individual milk production and fertility parameters. Vet Parasitol 2019; 267: 32-41.

May K, Bohlsen E, König S, Strube C. *Fasciola hepatica* seroprevalence in Northern German dairy herds and associations with milk production parameters and milk ketone bodies. Vet Parasitol 2020; 277: 109016.

May K, Raue K, Blazejak K, Jordan D, Strube C. Pasture rewetting in the context of nature conservation shows no long-term impact on endoparasite infections in sheep and cattle. Parasite Vector 2022; 15: 33.

May K, Yin T, Hecker AS, Strube C, König S. Analysen zur Wirtsresistenz für Pansenegel- und Leberegel-Infektionen am Beispiel eines ökologisch geführten Milchviehbetriebes. In: Tagung der DVG-Fachgruppe Parasitologie und Parasitäre Krankheiten München: DVG 2023: 29-32.

Mehmood K, Zhang H, Sabir AJ, Abbas RZ, Ijaz M, Durrani AZ, Saleem MH, Ur Rehman M, Iqbal MK, Wang Y, Ahmad HI, Abbas T, Hussain R, Ghorri MT, Ali S, Khan AU, Li J. A review on epidemiology, global prevalence and economical losses of fasciolosis in ruminants. Microb Pathog 2017; 109: 253-62.

Millar M, Colloff A, Scholes S. Disease associated with immature paramphistome

infection. *Vet Rec* 2012; 171: 509-10.

Molento MB, Bennema S, Bertot J, Pritsch IC, Arenal A. Bovine fascioliasis in Brazil: Economic impact and forecasting. *Vet Parasitol Reg Stud Reports* 2018; 12: 1-3.

Molento MB, Dutra LH, Pritsch IC, Garbin VP, Pereira AM, Gavião A, Gabriel AL, de Sousa RS, Viana JGA. *Fasciola hepatica* infection in cattle and the use of simulation models for endemic areas. *J Helminthol* 2020; 94: e185.

Naranjo-Lucena A, Munita Corbalan MP, Martínez-Ibeas AM, McGrath G, Murray G, Casey M, Good B, Sayers R, Mulcahy G, Zintl A. Spatial patterns of *Fasciola hepatica* and *Calicophoron daubneyi* infections in ruminants in Ireland and modelling of *C. daubneyi* infection. *Parasite Vector* 2018; 11: 531.

Nikander S, Saari S. Notable seasonal variation observed in the morphology of the reindeer rumen fluke (*Paramphistomum leydeni*) in Finland. *Rangifer* 2009; 27

Novobilsky A, Rustas BO, Grandi G, Hogberg N, Hoglund J. Selective flukicide treatment of non-lactating cows and the corresponding production impact of *Fasciola hepatica* in dairy herds in Sweden. *Vet Parasitol* 2020; 283: 109180.

O'Shaughnessy J, Earley B, Mee JF, Doherty ML, Crosson P, Barrett D, de Waal T. Nematode control in suckler beef cattle over their first two grazing seasons using a targeted selective treatment approach. *Ir Vet J* 2015; 68: 13.

O'Shaughnessy J, Garcia-Campos A, McAloon CG, Fagan S, de Waal T, McElroy M, Casey M, Good B, Mulcahy G, Fagan J, Murphy D, Zintl A. Epidemiological investigation of a severe rumen fluke outbreak on an Irish dairy farm. *Parasitology* 2018; 145: 948-52.

Paraud C, Gaudin C, Pors I, Chartier C. Efficacy of oxclozanide against the rumen fluke *Calicophoron daubneyi* in experimentally infected goats. *Vet J* 2009; 180:

265-7.

Phiri IK, Phiri AM, Harrison LJ. The serum glucose and beta-hydroxybutyrate levels in sheep with experimental *Fasciola hepatica* and *Fasciola gigantica* infection. *Vet Parasitol* 2007; 143: 287-93.

Pietrzak SM, Saz HJ. Succinate decarboxylation to propionate and the associated phosphorylation in *Fasciola hepatica* and *Spirometra mansonioides*. *Mol Biochem Parasitol* 1981; 3: 61-70.

Ploeger HW, Ankum L, Moll L, van Doorn DCK, Mitchell G, Skuce PJ, Zadoks RN, Holzhauser M. Presence and species identity of rumen flukes in cattle and sheep in the Netherlands. *Vet Parasitol* 2017; 243: 42-6.

Ravinet N, Bareille N, Lehebel A, Ponnau A, Chartier C, Chauvin A. Change in milk production after treatment against gastrointestinal nematodes according to grazing history, parasitological and production-based indicators in adult dairy cows. *Vet Parasitol* 2014; 201: 95-109.

Reynolds LA, Smith KA, Filbey KJ, Harcus Y, Hewitson JP, Redpath SA, Valdez Y, Yebra MJ, Finlay BB, Maizels RM. Commensal-pathogen interactions in the intestinal tract: lactobacilli promote infection with, and are promoted by, helminth parasites. *Gut Microbes* 2014; 5: 522-32.

Rieu E, Recca A, Benet JJ, Saana M, Dorchies P, Guillot J. Reliability of coprological diagnosis of *Paramphistomum* sp. infection in cows. *Vet Parasitol* 2007; 146: 249-53.

Roessler AS, Oehm AW, Knubben-Schweizer G, Groll A. A machine learning approach for modelling the occurrence of *Galba truncatula* as the major intermediate host for *Fasciola hepatica* in Switzerland. *Prev Vet Med* 2022; 200: 105569.

Rolfe PF, Boray JC. Chemotherapy of paramphistomosis in cattle. *Australian Vet J* 1987; 64: 328-32.

Rolfe PF, Boray JC, Nichols P, Collins GH. Epidemiology of paramphistomosis in cattle. *Int J Parasitol* 1991; 21: 813-9.

Sanabria R, Romero J. Review and update of paramphistomosis. *Helminthologia* 2008; 45: 64-8.

Sanabria R, Titi A, Mekroud A, Vignoles P, Dreyfuss G, Rondelaud D, Romero J. *Paramphistomum daubneyi*: characteristics of infection in three lymnaeid species. *Parasite* 2012; 19: 445-9.

Sanabria R, Moreno L, Alvarez L, Lanusse C, Romero J. Efficacy of oxyclozanide against adult *Paramphistomum leydeni* in naturally infected sheep. *Vet Parasitol* 2014; 206: 277-81.

Sanchez J, Nødtvedt A, Dohoo I, DesCôteaux L. The effect of eprinomectin treatment at calving on reproduction parameters in adult dairy cows in Canada. *Prev Vet Med* 2002; 56: 165-77.

Sargison N, Francis E, Davison C, Bronsvort BM, Handel I, Mazeri S. Observations on the biology, epidemiology and economic relevance of rumen flukes (Paramphistomidae) in cattle kept in a temperate environment. *Vet Parasitol* 2016; 219: 7-16.

Sargison ND, Shahzad K, Mazeri S, Chaudhry U. A high throughput deep amplicon sequencing method to show the emergence and spread of *Calicophoron daubneyi* rumen fluke infection in United Kingdom cattle herds. *Vet Parasitol* 2019; 268: 9-15.

Sariozkan S, YalCin C. Estimating the total cost of bovine fasciolosis in Turkey. *Ann Trop Med Parasitol* 2011; 105: 439-44.

Schade-Weskott E. Überprüfung eines logistischen Regressionsmodells zur Berechnung des Vorkommens von *Galba truncatula* als Grundlage zur kartographischen Darstellung von Risikogebieten für das Auftreten von *Fasciola hepatica* in Bayern. Diss. med. vet. 2019; Ludwig-Maximilians-Universität München.

Schweizer G, Braun U, Deplazes P, Torgerson PR. Estimating the financial losses due to bovine fasciolosis in Switzerland. *Vet Rec* 2005; 157: 188-93.

Schweizer G, Meli ML, Torgerson PR, Lutz H, Deplazes P, Braun U. Prevalence of *Fasciola hepatica* in the intermediate host *Lymnaea truncatula* detected by real time TaqMan PCR in populations from 70 Swiss farms with cattle husbandry. *Vet Parasitol* 2007; 150: 164-9.

Sey O. Life-cycle and geographical distribution of *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, 1962 (Trematoda: Paramphistomata). *Acta Vet Acad Sci Hung* 1977; 27: 115-30.

Singh RP, Sahai BN, Jha GJ. Histopathology of the duodenum and rumen of goats during experimental infections with *Paramphistomum cervi*. *Vet Parasitol* 1984; 15: 39-46.

Skuce PJ, Morgan ER, van Dijk J, Mitchell M. Animal health aspects of adaptation to climate change: beating the heat and parasites in a warming Europe. *Animal* 2013; 7: 333-45.

Spence SA, Fraser GC, Dettmann EB, Battese DF. Production responses to internal parasite control in dairy cattle. *Aust Vet J* 1992; 69: 217-20.

Spence SA, Fraser GC, Chang S. Responses in milk production to control of gastrointestinal nematode and paramphistome parasites in dairy cattle. *Aust Vet J* 1996; 74: 456-9.

Springer A, Jordan D, Kirse A, Schneider B, Campe A, Knubben-Schweizer G, Muller KE, Hoedemaker M, Strube C. Seroprevalence of major pasture-borne parasitoses (gastrointestinal nematodes, liver flukes and lungworms) in German dairy cattle herds, association with management factors and impact on production parameters. *Animals (Basel)* 2021; 11

Takeuchi-Storm N, Thamsborg SM, Enemark HL, Boes J, Williams D, Denwood MJ. Association between milk yield and milk anti-*Fasciola hepatica* antibody levels, and the utility of bulk tank milk samples for assessing within-herd prevalence on organic dairy farms. *Vet Parasitol* 2021; 291: 109374.

Thapa Shrestha U, Adhikari N, Kafle S, Shrestha N, Banjara MR, Steneroden K, Bowen R, Rijal KR, Adhikari B, Ghimire P. Effect of deworming on milk production in dairy cattle and buffaloes infected with gastrointestinal parasites in the Kavrepalanchowk district of central Nepal. *Vet Rec Open* 2020; 7: e000380.

Toolan DP, Mitchell G, Searle K, Sheehan M, Skuce PJ, Zadoks RN. Bovine and ovine rumen fluke in Ireland—Prevalence, risk factors and species identity based on passive veterinary surveillance and abattoir findings. *Vet Parasitol* 2015; 212: 168-74.

Valero MA, Ubeira FM, Khoubbane M, Artigas P, Muino L, Mezo M, Perez-Crespo I, Periago MV, Mas-Coma S. MM3-ELISA evaluation of coproantigen release and serum antibody production in sheep experimentally infected with *Fasciola hepatica* and *F. gigantica*. *Vet Parasitol* 2009; 159: 77-81.

van Kneysel AT, van der Drift SG, Horneman M, de Roos AP, Kemp B, Graat EA. Short communication: ketone body concentration in milk determined by Fourier transform infrared spectroscopy: value for the detection of hyperketonemia in dairy cows. *J Dairy Sci* 2010; 93: 3065-9.

Vanderstichel R, Dohoo I, Sanchez J, Sithole F, Keefe G, Stryhn H. Predicting the effect of anthelmintic treatment on milk production of dairy cattle in Canada using an *Ostertagia ostertagi* ELISA from individual milk samples. *Prev Vet Med* 2013;

111: 63-75.

Voinot M, Cazapal-Monteiro C, Hernandez JA, Palomero AM, Arroyo FL, Sanchis J, Pedreira J, Sanchez-Andrade R, Paz-Silva A, Arias MS. Integrating the control of helminths in dairy cattle: Deworming, rotational grazing and nutritional pellets with parasiticide fungi. *Vet Parasitol* 2020; 278: 109038.

Zintl A, Garcia-Campos A, Trudgett A, Chryssafidis AL, Talavera-Arce S, Fu Y, Egan S, Lawlor A, Negredo C, Brennan G, Hanna RE, De Waal T, Mulcahy G. Bovine paramphistomes in Ireland. *Vet Parasitol* 2014; 204: 199-208.

IX. ANHANG

1. Statistische Daten

Tabelle 15: Geschätzte Randmittelwerte des Milchfetts (%) in Betrieb 1 und 2; vergleichend ganzer Untersuchungszeitraum, Sommerhalbjahr, Winterhalbjahr

	Ganzes Jahr			April–September			Oktober–März		
	Milch- fett (%)	95 % –KI	<i>p</i> - Wert	Milch- fett (%)	95 % –KI	<i>p</i> - Wert	Milch- fett (%)	95 % –KI	<i>p</i> - Wert
Betrieb 1									
Gruppe 1	4,81	4,55– 5,06		5,0	4,62– 5,39		4,73	4,47– 4,99	
Gruppe 2	5,14	4,91– 5,37	0,054	5,5	5,16– 5,85	0,058	4,97	4,73– 5,20	0,18
Betrieb 2									
Gruppe 1	4,03	3,87– 4,2		4,28	4,02– 4,55		3,96	3,76– 4,15	
Gruppe 2	4,16	3,99– 4,34	0,544	4,40	4,15– 4,65	0,804	4,10	3,89– 4,31	0,596
Gruppe 3	4,18	4,02– 4,34	0,44	4,24	4,04– 4,44	0,968	4,12	3,93– 4,32	0,468

Tabelle 16: Geschätzte Randmittelwerte des Milcheiweiß (%) in Betrieb 1 und 2; vergleichend ganzer Untersuchungszeitraum, Sommerhalbjahr, Winterhalbjahr

	Ganzes Jahr			April–September			Oktober–März		
	Milch- eiweiß (%)	95 % –KI	<i>p</i> - Wert	Milch- eiweiß (%)	95 % –KI	<i>p</i> - Wert	Milch- eiweiß (%)	95 % –KI	<i>p</i> - Wert
Betrieb 1									
Gruppe 1	3,53	3,40– 3,66		3,41	3,22– 3,59		3,65	3,49– 3,81	
Gruppe 2	3,65	3,53– 3,77	0,173	3,54	3,37– 3,70	0,285	3,76	3,61– 3,90	0,337
Betrieb 2									
Gruppe 1	3,27	3,2– 3,34		3,29	3,17– 3,41		3,26	3,17– 3,36	
Gruppe 2	3,26	3,19– 3,33	0,984	3,21	3,10– 3,32	0,546	3,30	3,19– 3,41	0,875
Gruppe 3	3,32	3,25– 3,38	0,567	3,31	3,22– 3,40	0,984	3,34	3,24– 3,44	0,513

2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftaufnahme von Betrieb 1 mit Weiden und Habitaten (© GeoBasis-DE/BKG 2023).....	24
Abbildung 2: Luftaufnahme von Betrieb 2 mit Weiden (© GeoBasis-DE/BKG 2023)	25
Abbildung 3: Beprobungsschema Betrieb 2; P = Probennahme erfolgt; grau markiert = fehlende Probennahme in den vorherigen 2 Monaten; Tier steht zur Probennahme an und wird im markierten Monat einzeln fixiert und beprobt	27
Abbildung 4: Eier von Pansenegeln (P) und Leberegeln (L), © Labor der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, LMU München	29
Abbildung 5: Darstellung der Ergebnisse einer Probemelkung im Programm RDV4M von Betrieb 1 (©LKV BW, 2023).....	31
Abbildung 6: Darstellung der Tierhistorie einer Kuh aus Betrieb 2 im Programm RDV4M (©LKV BW, 2023)	32
Abbildung 7: Anzahl der monatlich entnommenen Kotproben in Betrieb 1 aufgeteilt nach Versuchsgruppen (Monat August ohne Probenahme).....	38
Abbildung 8: Anzahl der monatlich entnommenen Kotproben in Betrieb 2 aufgeteilt nach Versuchsgruppen (Monat August ohne Probenahme).....	38
Abbildung 9: Medianes Alter in Monaten der Kühe in Betrieb 1 und 2 aufgeteilt nach Gruppen. Berechnung der statistischen Unterschiede zwischen den Gruppen innerhalb eines Betriebes mittels Mann-Whitney-Test (Betrieb 1) resp. Kruskal-Wallis-Test (Betrieb 2), signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zeigen Balken über den Violin-Plots	39
Abbildung 10: Geschätzte Randmittelwerte der Laktationszahl der Kühe in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen ($p = 0,166$)	40
Abbildung 11: Geschätzte Randmittelwerte der Laktationszahl der Kühe in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen	40
Abbildung 12: Monatliche Ausscheidungsintensität von Pansenegel- und Leberegeleiern (zur besseren Sichtbarkeit wird der Wert „LE-epg“ zusätzlich mit Zahlen angegeben)	42
Abbildung 13: Positivität (rote Felder) der untersuchten Kühe aus Gruppe 2 beider Betriebe dargestellt über ein Kalenderjahr.....	43
Abbildung 14: Positivität (rote und gelbe Felder) der untersuchten Kühe aus Gruppe 3 (Betrieb 2) dargestellt über ein Kalenderjahr.....	44

Abbildung 15: Pansenegeleiausscheidung (Median) der Kühe aus Gruppe 2 (beide Betriebe) aufgeteilt nach den Altersgruppen 2–4 Jahre, 5–6 Jahre, 7–8 Jahre und 9+ Jahre mit statistischer Analyse der Unterschiede zwischen den jeweiligen Altersgruppen (statistisch signifikante Unterschiede sind mit Balken über den Violin-Plots markiert).....	45
Abbildung 16: Leberegelausscheidung (Median) der Kühe aus Gruppe 3 (Betrieb 2) aufgeteilt nach den Altersgruppen 5–6 Jahre, 7–8 Jahre und 9+ Jahre mit statistischer Analyse der Unterschiede zwischen den jeweiligen Altersgruppen (statistisch signifikante Unterschiede sind mit Balken über den Violin-Plots markiert)	46
Abbildung 17: Kotkonsistenz der Proben von Kühen aus Gruppe 1 (PE-negativ) und von positiven Kühen aus Gruppe 2 (PE-positiv)	47
Abbildung 18: Milchleistung (kg/Tier/Tag) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr; innerbetrieblicher Vergleich	50
Abbildung 19: Milchfettgehalt (%) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr; innerbetrieblicher Vergleich	52
Abbildung 20: Milcheiweißgehalt (%) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr; innerbetrieblicher Vergleich	54
Abbildung 21: Rastzeit (in Tagen) in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen (Mann-Whitney-Test, $p = 0,42$).....	58
Abbildung 22: Rastzeit (in Tagen) in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p = 0,21$).	58
Abbildung 23: Zwischenkalbezeit (in Tagen) in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen (Mann-Whitney-Test, $p = 1,00$).....	59
Abbildung 24: Zwischenkalbezeit (in Tagen) in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p = 0,08$).....	60
Abbildung 26: 56-Non-Return-Rate (%) in Betrieb 2 aufgeteilt nach Gruppen (Pearson-Chi-Quadrat-Kontingenzanalyse, $p = 0,89$).	61
Abbildung 25: 56-Non-Return-Rate (%) in Betrieb 1 aufgeteilt nach Gruppen (Pearson-Chi-Quadrat-Kontingenzanalyse, $p = 0,45$).	61

3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Milchleistungsparameter mit jeweiligem Untersuchungsverfahren	30
Tabelle 2: Gruppeneinteilung in Betrieb 1 und 2 nach Trematodenbefall und Anzahl der zugeordneten Tiere und der genommenen Kotproben für alle Gruppen	37
Tabelle 3: Pansenegel-epg-Werte aus Gruppe 2 und 3 in unterschiedlichen Abschnitten des Untersuchungszeitraums (Median und IQR).....	41
Tabelle 4: Leberegel-epg-Werte in unterschiedlichen Abschnitten des Untersuchungszeitraums (Median und IQR)	41
Tabelle 5: Pansenegelausscheidung (epg) im Median der Kühe aus Gruppe 2 aufgeteilt nach dem Alter der Tiere (eingeteilt in 4 Altersgruppen) innerhalb von Betrieb 1 und Betrieb 2.	44
Tabelle 6: Mittelwerte der Herdenmilchleistung (kg/Tier/Tag) beider Betriebe mit saisonaler Auswertung der Milchleistung in Sommer- und Winterhalbjahr.....	48
Tabelle 7: Geschätzte Randmittelwerte der Milchleistungen (kg/Tier/Tag) in Betrieb 1 und 2 im Vergleich zwischen ganzem Untersuchungszeitraum, Sommer- und Winterhalbjahr (p-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)	49
Tabelle 8: Mittelwerte der Herdenmilchfettgehalte (%) beider Betriebe mit saisonaler Auswertung in Sommer- und Winterhalbjahr	51
Tabelle 9: Mittelwerte der Herdenmilcheiweißgehalte (%) beider Betriebe mit saisonaler Auswertung in Sommer- und Winterhalbjahr	53
Tabelle 10: Geschätzte Randmittelwerte der somatischen Zellzahlen (x1000 somatische Zellen/ml) in Betrieb 1 und 2 im ganzen Untersuchungszeitraum und im Sommer- und Winterhalbjahr (p-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)	55
Tabelle 11: BHB-Werte (Geschätzte Randmittelwerte und 95%-KI) der Gruppen in Betrieb 1 und 2 im ganzen Untersuchungszeitraum (p-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an).....	56
Tabelle 12: BHB-Werte über dem Ketosegrenzwert > 1,2 mmol/l aus der Gesamtuntersuchung nach Gruppenzugehörigkeit	57
Tabelle 13: Erstbesamungserfolg (%) der Gruppen in Betrieb 1 und 2 (p-Wert gibt jeweils Vergleich mit Gruppe 1 an)	60
Tabelle 14: Durchschnittsleistung beider Herden aus den Betriebs-Jahresberichten 2022 des LKV BW verglichen mit den Durchschnittswerten aus Baden-	

Württemberg (LKV-BW, 2023)	71
Tabelle 15: Geschätzte Randmittelwerte des Milchfetts (%) in Betrieb 1 und 2; vergleichend ganzer Untersuchungszeitraum, Sommerhalbjahr, Winterhalbjahr	101
Tabelle 16: Geschätzte Randmittelwerte des Milcheiweiß (%) in Betrieb 1 und 2; vergleichend ganzer Untersuchungszeitraum, Sommerhalbjahr, Winterhalbjahr	102

X. DANKSAGUNG

Ein großer Dank gilt Frau Prof. Dr. Gabriela Knubben für die Bereitstellung dieses Themas und für die Unterstützung bei der Konzipierung und Umsetzung des ganzen Projektes. Vielen Dank für Ihr Vertrauen und Ihre Bereitschaft, dieses Projekt in die Rinderpraxis zu geben und außerhalb der Universität durchzuführen.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer, Dr. Christoph Wenzel. Du, Christoph, hast das Projekt von Anfang an mitgetragen, standest mir immer mit Rat und Tat zur Seite und hast mich unterstützt, weiterzuarbeiten und die Doktorarbeit fertigzustellen.

Frau Prof. Dr. Christina Strube und ihren Mitarbeiter*innen gilt mein Dank für die gute Zusammenarbeit bei der Speziesbestimmung.

Ein herzlicher Dank gilt Dr. Yury Zablotski, der mir mit viel Geduld und Humor einen Weg durch die statistische Analyse gezeigt hat und immer ein offenes Ohr für neue Fragestellungen und Ansätze hatte.

Frau Dr. Laura Dale und Herrn Alexander Kirr vom LKV BW möchte ich für die unkomplizierte Zusammenarbeit bei der Bereitstellung der MLP-Daten danken.

Ein großes Dankeschön gilt den Familien Leuter und Wagner, die dieses Projekt mit viel Zeit und Aufwand unterstützt haben. Liebe Familie Leuter und liebe Familie Wagner, ich bin immer gerne zu Ihnen auf den Hof gekommen und habe mich immer willkommen gefühlt. Danke, dass Sie diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben!

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. Frank Bootz. Lieber Frank, du hast mir die große Begeisterung für den Beruf des Tierarztes und besonders für die Rinderpraxis gezeigt. Mit deiner Hilfe konnte ich den schönsten Beruf der Welt lernen, diese Arbeit schreiben und dabei trotzdem noch die Balance halten. Danke für Alles!

Außerdem möchte ich mich bei meinen Kolleg*innen im Tierzentrum Ostrach für die Unterstützung, die gemeinsame Freude an der Arbeit, schöne Auszeit-Abende und ganz viel Wohlfühlatmosphäre bedanken. Ihr seid die besten Kollegen und echte Freunde!

Zum Schluss möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Bei meiner Mama Esther: Du hast die Türen aufgemacht zu einer großen, aufregenden Welt und hast jede Entscheidung auf meinem Weg immer unterstützt. Bei meinen Geschwistern Judith und Gabriel: für gemeinsames Lachen, gemeinsames Weinen, sich ärgern und trotzdem immer zusammenhalten. Bei Simon: für deine Freundschaft – mein ganzes Leben lang. Und ganz besonders bei Felix, dass du mich unterstützt, an mich glaubst, mir Mut machst und immer an meiner Seite bist – bei der Doktorarbeit, im Beruf, im Alltag und bei allem, was kommt.