

Aus dem  
Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Prävalenz von Helminthen und Risikofaktoren für ihre Befallsstärke  
bei Pferden in Brandenburg

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Barbara Hinney  
Tierärztin aus Göttingen

Berlin 2008

Journal-Nr.: 3287

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Leo Brunberg  
Erster Gutachter: PD Dr. Peter-Henning Clausen  
Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. Karl-Hans Zessin  
Dritter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. Arthur Grabner

*Deskriptoren (nach CAB-Thesaurus):*

horses; horse diseases; parasitosis; parasites; helminths; Strongylidae;  
Cyathostominae; Anoplocephalidae; Ascarididae; Oxyuris equi; Strongyloides;  
Germany; Brandenburg; epidemiology; disease prevalence; questionnaires

Tag der Promotion: 28.05.2009

Bibliografische Information der *Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-86664-630-8

**Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2009**

Dissertation, Freie Universität Berlin

**D 188**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder  
Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in  
irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,  
vervielfältigt oder verbreitet werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen, usw. in diesem Werk berechtigt auch  
ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der  
Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von  
jedermann benutzt werden dürfen.

This document is protected by copyright law.

No part of this document may be reproduced in any form by any means without prior written  
authorization of the publisher.

alle Rechte vorbehalten | all rights reserved

© **mensch und buch** verlag 2009

choriner str. 85 - 10119 berlin

[verlag@menschundbuch.de](mailto:verlag@menschundbuch.de) – [www.menschundbuch.de](http://www.menschundbuch.de)

Meinen Eltern



# INHALT

1	EINLEITUNG .....	1
2	LITERATURÜBERSICHT .....	4
2.1	Pferdebestand in Brandenburg .....	4
2.2	Helminthen des Pferdes.....	5
2.3	Epidemiologie der wichtigsten Helminthen des Pferdes.....	6
2.3.1	Prävalenzen der Helminthen des gastrointestinalen Traktes des Pferdes.....	6
2.3.1.1	Prävalenzen der Pferdestrongyliden .....	6
2.3.1.2	Prävalenzen von Bandwürmern.....	9
2.3.1.3	Prävalenzen weiterer Endoparasiten des Pferdes.....	11
2.3.2	Helminthen des Pferdes: Entwicklungszyklen, Infektionswege und Pathogenese.....	11
2.3.2.1	Kleine Strongyliden.....	11
2.3.2.2	Große Strongyliden .....	18
2.3.2.3	Bandwürmer .....	19
2.3.2.4	Spulwürmer .....	20
2.3.2.5	Pfriemenschwänze.....	20
2.3.2.6	Zwergfadenwürmer .....	21
2.4	Immunantwort auf Parasiten.....	21
2.4.1	Immunantwort auf Cyathostomen.....	22
2.4.2	Immunantwort auf weitere Helminthen .....	24
2.5	Strategien zur Kontrolle der Endoparasiten .....	24
2.5.1	Risikofaktoren für einen Endoparasitenbefall und Maßnahmen zu deren Reduktion .....	24
2.5.2	Anthelminthika .....	28
2.5.3	Anthelminthikaresistenzen.....	28
2.5.4	Übersicht über empfohlene Bekämpfungsstrategien.....	29
2.5.4.1	Selektive Behandlung.....	30
2.5.4.2	Biologische Bekämpfung .....	32
2.6	Fragebogenstudien.....	33
2.7	Methoden zum Nachweis von Endoparasiten .....	35
2.7.1	Untersuchungsmethoden zum Nachweis der Helminthen des Pferdes .....	35
2.7.1.1	Koproskopische Verfahren .....	35
2.7.1.2	Besonderheiten des Strongylidennachweises bei Verwendung koproskopischer Verfahren....	37
2.7.1.3	Besonderheiten des Bandwurmnachweises bei Verwendung koproskopischer Verfahren.....	38
2.7.1.4	Weitere Verfahren zum Nachweis der Strongyliden und Bandwürmer .....	39
3	EIGENE UNTERSUCHUNGEN .....	41
3.1	Material .....	41
3.1.1	Untersuchungsmaterialien.....	41
3.1.1.1	Labogeräte.....	41
3.1.1.2	Reagenzien und Verbrauchsmaterialien .....	41
3.1.1.3	Computerprogramme.....	42
3.2	Methoden .....	43
3.2.1	Vorversuch zur Ermittlung der Sensitivität der kombinierten Sedimentation/Flotation .....	43
3.2.1.1	Eigewinnung.....	43
3.2.1.2	Kotprobenherstellung .....	43
3.2.1.3	Definition und Berechnung der Sensitivität .....	44

3.2.2	Studiendesign der Prävalenzstudie.....	44
3.2.3	Untersuchungszeitraum.....	44
3.2.4	Ermittlung der Population.....	45
3.2.5	Fragebogen.....	46
3.2.6	Stichprobenplanung .....	46
3.2.6.1	Ermittlung des Stichprobenumfangs der zu untersuchenden Betriebe .....	47
3.2.6.2	Ermittlung des Stichprobenumfangs der zu untersuchenden Tiere pro Betrieb .....	48
3.2.7	Auswahl der Betriebe.....	49
3.2.8	Kotprobenentnahme .....	50
3.2.9	Kotuntersuchung .....	50
3.2.9.1	Kombinierte Sedimentation/Flotation .....	51
3.2.9.2	McMaster .....	52
3.2.9.3	Larvenkultur .....	52
3.2.9.4	Klebebandmethode .....	53
3.2.9.5	Sedimentation.....	53
3.2.9.6	Auswanderverfahren.....	53
3.2.10	Statistische Auswertung .....	53
3.2.10.1	Methodenvergleich .....	53
3.2.10.2	Korrelation zwischen den Ergebnissen der Kotuntersuchung und den Daten der Fragebogenerhebung .....	54
3.2.10.3	Analyse der Untersuchungsdaten auf Tierebene .....	60
<b>3.3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>62</b>
3.3.1	Durch den Vorversuch ermittelte Sensitivität der Standardmethode (kombinierte Sedimentation/Flotation).....	62
3.3.2	Verlauf der Prävalenzstudie .....	62
3.3.3	Darstellung der Fragebogenergebnisse .....	63
3.3.3.1	Angaben zu Betriebsgröße und Altersstruktur.....	64
3.3.3.2	Angaben zur Haltung.....	66
3.3.3.3	Angaben zur Weide- und Stallhygiene.....	67
3.3.3.4	Angaben zu Entwurmungsstrategien .....	69
3.3.4	Anzahl der untersuchten Betriebe .....	75
3.3.4.1	Anzahl der pro Betrieb genommenen Proben.....	75
3.3.5	Ergebnisse der Kotuntersuchung.....	76
3.3.5.1	Prävalenz von Helminthen .....	76
3.3.5.2	Larvendifferenzierung der Magen-Darm-Strongyliden.....	77
3.3.5.3	Andere Endoparasiten .....	77
3.3.6	Statistische Auswertung.....	78
3.3.6.1	Vergleich der Flotationsmethoden.....	78
3.3.6.2	Risikofaktoren auf Betriebsebene.....	79
3.3.6.3	Risikofaktoren auf Tierebene .....	82
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>87</b>
<b>4.1</b>	<b>Ermittlung der Population pferdehaltender Betriebe .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2</b>	<b>Anteil der ermittelten Pferdepopulation.....</b>	<b>88</b>
<b>4.3</b>	<b>Fragebogen.....</b>	<b>88</b>
<b>4.4</b>	<b>Stichprobenplanung .....</b>	<b>90</b>
<b>4.5</b>	<b>Kotprobenentnahme.....</b>	<b>91</b>
<b>4.6</b>	<b>Kotuntersuchung - Methoden.....</b>	<b>91</b>
<b>4.7</b>	<b>Prävalenzen .....</b>	<b>93</b>
<b>4.8</b>	<b>Risikofaktoren für die Ausscheidung von Helmintheneiern.....</b>	<b>95</b>

5	ZUSAMMENFASSUNG.....	99
6	SUMMARY .....	101
7	ZITIERTE LITERATUR .....	103
8	ANHANG.....	120
8.1	Fragebogen.....	120
8.2	Berechnung des Stichprobenumfanges.....	123
8.3	Angenommene Korrelationen zwischen den Variablen .....	123
8.4	Clusteranalyse.....	126
8.5	Aus dem Modell durch Vorüberlegung ausgeschlossene Variablen.....	127
8.6	Abbildungen .....	128
8.7	Tabellen .....	129
8.8	Tafeln .....	130
8.9	Verwendete Abkürzungen .....	131



## 1 EINLEITUNG

In den vergangenen Jahren ist es in Deutschland zu einem deutlichen Anstieg der Pferdepopulation gekommen<sup>1</sup>. Dies unterstreicht die Bedeutung der Pferdehaltung für Deutschland, die sich besonders durch die wachsende Popularität der Freizeitbeschäftigung mit dem Pferd und dem Pferdesport begründet<sup>2</sup>. Dieser Trend ist auch in Brandenburg zu beobachten. Auch dort kam es, wie statistische Erhebungen seit dem Jahr 1992 zeigen, zu einem Wachstum der Pferdepopulation<sup>3</sup>. Es ist ein veterinärmedizinisches Anliegen, Pferdebetriebe so zu instruieren, dass die Tiergesundheit bestmöglich gewährleistet und erhalten werden kann. Da Helmintheninfektionen einen großen Einfluss auf Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden der Pferde haben können, ist die optimierte parasitologische Überwachung ein wichtiger Forschungsschwerpunkt.

Zu den im Pferd parasitierenden Helminthen gehören die großen und kleinen Strongylyden, Spulwürmer, Bandwürmer, Pfiemenschwänze und Zwergfadenwürmer, selten auch Lungenwürmer und Leberegel.

Bei der Gewichtung dieser Parasiten hat sich der Stellenwert der kleinen Strongylyden deutlich verschoben. Sie wurden früher wenig beachtet, da sie meist als Mischinfektion mit großen Strongylyden auftraten. Aufgrund ihrer ausgeprägten Schadwirkung standen dabei die großen Strongylyden im Vordergrund. In Regionen, in denen schon seit längerer Zeit regelmäßige Entwurmungsprogramme mit hochwirksamen Entwurmungsmitteln vollzogen wurden, sind die großen Strongylyden in letzter Zeit deutlich zurückgedrängt worden. Sie werden als Folge ihres derzeit geringen Vorkommens nun mehr als Pathogene mit geringer Relevanz eingestuft. Die Zahl der kleinen Strongylyden hat sich hingegen trotz eines häufigen Anthelminthikaeinsatzes nicht verringert. Kleine Strongylyden werden daher nun als die wichtigsten Parasiten der Pferde bezeichnet (Love et al., 1999). Dies wird vor allem durch ihr hohes Vorkommen begründet. Nach wie vor ungeklärt ist das Ausmaß ihrer Bedeutung als Krankheitserreger. Durch die ausgeprägte Pathogenität der großen Strongylyden wurde die Schadwirkung der kleinen Strongylyden früher vermutlich maskiert. Im Zusammenhang mit dem Befall kleiner Strongylyden wird neben recht unspezifischen parasiten-assoziierten Erscheinungen wie stumpfem Fell, Abgeschlagenheit und Leistungsabfall erst seit relativ kurzer Zeit eine Erkrankung beschrieben, die larvale Cyathostominose, die in schweren Fällen tödlich enden kann (Anders et al., 2008). Es gibt jedoch keine statistischen Angaben über die Häufigkeit der larvalen Cyathostominose in Deutschland. Da die Folgen einer Infektion der Pferde mit kleinen Strongylyden somit noch nicht genau eingeschätzt werden können, ist der Kontrolle dieser Infektion ein besonders hoher Stellenwert beizumessen. Als problematisch

---

<sup>1</sup>FN, „Zahlen, Daten, Fakten 2008“ [www-pferd-aktuell.de](http://www-pferd-aktuell.de)

<sup>2</sup>FN, „Zahlen, Daten, Fakten 2008“ [www-pferd-aktuell.de](http://www-pferd-aktuell.de)

<sup>3</sup> persönliche Mitteilung, Frau Antje Sadau, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung

anzusehen sind die geringe Effizienz herkömmlicher Bekämpfungsstrategien und die Resistenzentwicklung der kleinen Strongyliden gegen nahezu alle Anthelminthikaklassen (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005).

Zur Bekämpfung der Strongyliden galt lange Zeit die Behandlung aller Pferde bei Weideaustrieb im Hochsommer und bei Weideabtrieb als ideale Strategie. Des Weiteren galten zusätzliche Entwurmungen als empfehlenswert. Der Nutzen dieser Empfehlungen wird jedoch neuerdings bezweifelt, da die Prävalenz der Strongyliden trotz dieser schon über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgten Maßnahmen nicht reduziert werden konnte. Vielmehr kam es zur Entwicklung von Resistenzen. Außerdem zeigen Studien, die die Behandlungsstrategien gegen Pferdestrongyliden erfassen, dass das Entwurmen häufig ohne begleitende weidehygienische Maßnahmen erfolgt. Derartige Weidemaßnahmen könnten jedoch vermutlich sowohl die Zahl der Entwurmungskuren reduzieren als auch die Effizienz einer Entwurmung erhöhen (Herd & Coles, 1995; Nielsen et al., 2006a).

Bandwürmer scheinen in ihrer Bedeutung für die Gesundheit des Pferdes lange Zeit unterschätzt worden zu sein. So wurde häufig angenommen, dass eine Infektion mit Bandwürmern für das Wohlbefinden der Pferde irrelevant sei. Mehrere Studien stellten inzwischen aber eindeutig einen Zusammenhang zwischen Bandwurmbefall und Koliksymptomatik her (Proudman & Trees, 1999). Die Beurteilung von Bandwürmern als bedeutsame Krankheitserreger macht die Kenntnis über deren Vorkommen notwendig. Eventuell müsste dieser Parasit in Wurmbekämpfungsprogrammen mehr berücksichtigt werden. Bemerkenswerterweise ist Pferdebesitzern zum Teil nicht bekannt, dass Bandwürmer für Pferde relevante Parasiten sind. Weitgehend unbekannt sind auch die erforderlichen Bekämpfungsstrategien (Behrens, 2001).

Spulwurminfektionen führen vor allem bei Jungtieren zu teilweise sehr ernsten Erkrankungen (Atemwegssymptome, Durchfall, Koliken, Kümern). Da Pferde mit zunehmendem Alter eine Immunität gegen Spulwürmer ausbilden, kommt die Infektion mit Spulwürmern vor allem bei Jungtieren vor (Clayton, 1986).

Der Befall mit Zwergfadenwürmern ist ebenfalls eine Jungtierinfektion, deren klinisches Bild vor allem durch Durchfallerkrankungen gekennzeichnet ist (Eckert et al., 2008).

Das Vorkommen von Peitschenwürmern wird immer wieder beschrieben, sie scheinen aber keinen pathogen Effekt zu haben, gleichwohl können sie das Wohlbefinden des Pferdes durch einen lästigen Juckreiz massiv stören (Eckert et al., 2008).

Leberegel und Lungenwürmer können das Pferd befallen, ihr Vorkommen wird jedoch sehr selten verzeichnet.

Da für das Bundesland Brandenburg keine Daten zur Prävalenz der Pferdehelminthen vorliegen, bestand die Aufgabe dieser Studie darin, unter Anwendung einer repräsentativen Untersuchung aktuelle Prävalenzdaten zum Helminthenbefall zu bestimmen. Dabei sollte überprüft werden, ob der Stellenwert, der den einzelnen Parasiten in der Literatur, vor allem

in Studien aus den alten Bundesländern zukommt, für Brandenburg übernommen werden kann.

Angesichts der gegenüber diesen Bundesländern unterschiedlichen Vorgeschichte Brandenburgs, d. h. der Zugehörigkeit zur DDR bis 1989, sind dort gegenüber den alten Bundesländern Besonderheiten des Helminthenbefalls zu vermuten. Bis zur Wende wurden andere Anthelminthika verwendet, außerdem wurden sie weniger intensiv eingesetzt. Zudem ist durch das nachfolgende Wachstum des Pferdebestandes mit resultierendem Anstieg der Populationsdichte eine Erhöhung des Infektionsrisikos zu erwarten. Es ist daher nicht auszuschließen, dass sich die Prävalenz der Helminthen von den in den alten Bundesländern erhobenen Befunden unterscheidet. Eventuell haben in Brandenburg auch die großen Strongyliden noch eine größere Bedeutung.

In Anbetracht der Bedeutung, die den kleinen Strongyliden aufgrund der oben genannten Problematik in neuerer Zeit zukommt, soll ein besonderes Augenmerk auf die kleinen Strongyliden gelegt werden.

In einer repräsentativen Studie sollen aktuelle Prävalenzdaten zum Helminthenbefall erfasst werden. Des Weiteren sollen durch Auswertung einer Fragebogenstudie Auswirkungen des Betriebsmanagements auf den Helminthenbefall und Kenntnisse der Pferdehalter über Behandlungsstrategien untersucht werden.

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1 Pferdebestand in Brandenburg

Gegenüber dem Vorkriegsbestand von ca. 177.000 Pferden gab es am 1.8.1945 in Brandenburg noch 76.723 Pferde (Gellermann, 1994). Im Zuge der Reparationen mussten alle Zuchthengste des Landgestüts Neustadt (Dosse) an die Sowjetunion abgegeben werden. Schon 1945 wurde in Brandenburg aber mit dem Wiederaufbau der Hengstbestände begonnen und auch die Pferdezuchtverbände wurden wieder aktiv. Die Zahl der Pferde nahm daraufhin zunächst stark zu. Im Jahre 1949 wurde das Landgestüt Neustadt (Dosse) der Vereinigung volkseigener Güter der sowjetischen Besatzungszone unterstellt. Der Gründung der DDR im Oktober 1949 folgte die Auflösung aller privaten Pferdezuchtverbände und im Jahre 1951 aller Landgestüte. Größtenteils wurden die Hengste auf volkseigene Güter verteilt. Dies wirkte sich nachteilig auf die Pferdezucht aus, und der Pferdebestand ging kontinuierlich zurück. Nach einem Tiefststand im Jahre 1978 stieg die Pferdepopulation wieder an. Dieser Anstieg wurde weniger durch die Wiedereinrichtung des Landgestüts Neustadt (Dosse) 1956 mit dem Zuchtziel eines Warmblutpferdes, sondern vielmehr durch eine vermehrte Haltung von Ponys und Kleinpferden erreicht (Gellermann, 1994).

Vom Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LVLF) wurde für das Jahr 1992 ein Pferdebestand von 16.067 gezählt; der geschätzte Bestand lag bei ca. 25.000 Pferden<sup>4</sup>. Im Jahr 1996 wurde im Tierzuchtreport ein Pferdebestand von 21.541 Tieren geschätzt (Runnwerth et al., 2002). Danach kam es bis zum Jahr 1998 zu einem Anstieg auf 28.000 Pferde. Bis zum Jahr 2006 nahm der Pferdebestand dann langsam, aber stetig wachsend bis auf 30.000 Tiere zu (Hertwig et al., 2006).

Schätzwerte der Deutschen Reiterlichen Vereinigung (FN) liegen allerdings deutlich unter denen des Landesamtes: Von der FN beauftragt, führte das Marktforschungsinstitut IPSOS in den Jahren 2001 bis 2002 eine Marktanalyse durch. Hochrechnungen des Instituts ergaben, dass es in Deutschland mehr als eine Million Pferde und Ponys gibt. Aus diesen Daten der IPSOS Studie hat die FN die Größe der Pferdepopulation für die einzelnen Bundesländer hochgerechnet und gab für Berlin/Brandenburg einen geschätzten Bestand von 19.341 Pferden an<sup>5</sup>. Bei der Tierseuchenkasse waren im Jahr 2006 (Stichtag: 03.01.2006) 4.913 Pferdehalter mit 21.645 Pferden registriert<sup>6</sup>.

Statistische Erhebungen zur Anzahl pferdehaltender Betriebe (sowohl kleiner Privat-, als auch größerer Reitställe) gibt es in Brandenburg nicht. Angaben zu pferdehaltenden Betrieben enthält am ausführlichsten das Jahrbuch des Landesverbandes Pferdesport Berlin-

---

<sup>4</sup> persönliche Mitteilung, Frau Antje Sadau, Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung

<sup>5</sup> persönliche Mitteilung, Frau Petra Schaffer, FN-Service

<sup>6</sup> persönliche Mitteilung, DVM E. Bertram, Leiter der Tierseuchenkasse Brandenburg

Brandenburg e.V. Hier sind für Brandenburg 396 Mitgliedsvereine, 164 Mitgliedsbetriebe, 87 Ausbildungsbetriebe und 38 FN-gekennzeichnete Betriebe gelistet<sup>7</sup>. Dabei blieben kleine Privathaltungen unberücksichtigt.

## 2.2 Helminthen des Pferdes

Beim Pferd parasitieren Nematoden, Zestoden und selten Trematoden. Viele der für das Pferd relevanten Helminthen gehören zum Stamm der Nematoden (Faden- oder Rundwürmer), sie sind im Folgenden aufgeführt:

Die Überfamilie Strongyloidea der Ordnung Strongylida mit der Familie Strongylidae (Strongyliden oder Palisadenwürmer) ist bei Equiden sehr häufig vertreten. Eine gebräuchliche Einteilung ist die in große und kleine Strongyliden. Zu den großen Strongyliden zählt die Gattung *Strongylus*, unter anderem mit den Spezies *Strongylus vulgaris*, *Strongylus edentatus* und *Strongylus equinus*. Die großen Strongyliden vollziehen eine ausgeprägte Körperwanderung im Wirt. Sie unterscheiden sich u.a. hierdurch von den kleinen Strongyliden, zu denen alle übrigen Gattungen gezählt werden. Für sie wird auch der Überbegriff Cyathostominae verwendet (Eckert et al., 2008), obwohl damit im engen Sinne nur die Arten der Unterfamilie Cyathostominae beschrieben werden (Eckert et al., 2008). Die Unterfamilie der Cyathostominae umfasst 50 anerkannte Arten, von denen weltweit aber nur 4 bis 14 Spezies eine hohe Prävalenz haben (Lichtenfels, 2008).

Auch die Trichostrongyloidea mit der Spezies *Trichostrongylus axei* und dem Lungenwurm *Dictyocaulus arnfieldi* können - wenn auch nur in seltenen Fällen - beim Pferd vorkommen (Lichtenfels, 1975; Beelitz et al., 1996a; Eckert et al., 2008).

Regelmäßig beim Pferd vorkommende Nematoden anderer Ordnungen sind die Spezies *Parascaris equorum* (Spulwürmer), *Oxyuris equi* (Pfriemenschwänze) und *Strongyloides westeri* (Zwergfadenwürmer) (Lichtenfels, 1975; Beelitz et al., 1996b; Cirak et al., 1996; Eckert et al., 2008).

Beim Pferd parasitierende Plattwürmer sind überwiegend Bandwürmer der Gattungen *Anoplocephala*, seltener auch *Paranoplocephala* (Lichtenfels, 1975; Eckert et al., 2008). Dabei ist *Anoplocephala perfoliata* die häufigste Spezies, doch auch *Anoplocephala magna* und *Paranoplocephala mamillana* kommen in Deutschland vor (Cirak et al., 1996).

Mit der Saugwurm-Spezies *Fasciola hepatica* sind Pferde selten befallen (Lichtenfels, 1975).

---

<sup>7</sup> Jahrbuch Zucht und Sport.../Pferdezuchtverband Berlin-Brandenburg e.V. & Landesverband Pferdesport Berlin-Brandenburg e.V. – Berlin 2005: S. 151- 284

## 2.3 Epidemiologie der wichtigsten Helminthen des Pferdes

Im folgenden Abschnitt sollen zunächst Berichte über die Prävalenz der Pferdehelminthen dargestellt werden. Anschließend werden die Entwicklungszyklen der Helminthen und die Infektionswege und Pathogenesen der Helminthosen beschrieben.

### 2.3.1 Prävalenzen der Helminthen des gastrointestinalen Traktes des Pferdes

Unter Prävalenz versteht man die Anzahl Infizierter zu einem definierten Zeitpunkt in einer bekannten Population (Thrusfield, 1995). In der Literatur gibt es zahlreiche Angaben über Studien zur Häufigkeit von Helmintheninfektionen (Kiedrowski, 1959; Fries, 1982; Reinemeyer et al., 1984; Torbert et al., 1986; Tolliver et al., 1987; Krecek et al., 1989; Mfitalodze & Hutchinson, 1990; Bucknell et al., 1995; Gawor, 1995; Craven et al., 1998; Silva et al., 1999; Collobert-Laugier et al., 2002b; Dopfer et al., 2004; Lind et al., 2007a). Für die Beurteilung der Studienergebnisse ist jedoch das jeweilige Studiendesign von Bedeutung. Häufig bezieht sich die ermittelte Prävalenz lediglich auf Einzeltiere (Fries, 1982; Beelitz et al., 1996a; Beelitz et al., 1996b; Cirak et al., 1996), selten auf die Betriebsebene (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005). Auch sind Prävalenzschätzungen, die sich auf größere Regionen beziehen, selten.

Hinsichtlich der Prävalenzschätzungen für das Vorkommen von Parasiten muss grundsätzlich zwischen der Betrachtung von Einzeltieren und der Betrachtung von Betrieben unterschieden werden. Bei der Betrachtung von Einzeltieren besteht das Risiko des „Clusterings“, d. h. dass die Studientiere in Abhängigkeit von der Infektionsrate im jeweiligen Betrieb ein unterschiedliches Befallsrisiko haben (Cameron, 2003). Pferde innerhalb eines Betriebes haben also eventuell ein höheres bzw. geringeres Risiko sich zu infizieren als Pferde eines anderen Betriebes. Da die Infektionswahrscheinlichkeit von Pferden verschiedener Betriebe mithin vom jeweiligen Betrieb abhängig ist, sind Ergebnisse von Einzeltieren zwischen Betrieben nicht direkt miteinander vergleichbar. Eine Schätzung der Prävalenz auf Betriebsebene umgeht dieses Problem. Weiterhin besteht in Studien ein großer Unterschied zwischen den angewandten Untersuchungsmethoden. So liefern Untersuchungsbefunde, die durch Sektionen gewonnen werden, genauere Ergebnisse als Kotuntersuchungen. Dies hängt u.a. damit zusammen, dass die Parasitenausscheidung im Kot unregelmäßig und nur durch adulte Stadien erfolgt. Durch die Sektion können hingegen fast alle Entwicklungsstadien von Helminthen, unabhängig von ihrer Eiproduktion, nachgewiesen werden.

#### 2.3.1.1 Prävalenzen der Pferdestrongyliden

Zum Vorkommen der Strongyliden bei Pferden in Deutschland gibt es nur zwei aktuelle Studien, welche beide die Prävalenz auf Betriebsebene erhoben haben: Wirtherle (2003) ermittelte in Niedersachsen eine Prävalenz von 91,6%, Fritzen (2005) in Nordrhein-Westfalen eine Prävalenz von 98,7%. Bei beiden Studien wurde die Methode nach McMaster

angewandt. In einer älteren Studie zur Ermittlung der Parasitenfauna von 37 Fohlen und ihren Mutterstuten waren 90,5% der Tiere mit Strongyliden infiziert (Beelitz et al., 1996b). Sowohl in dieser, als auch in einer anderen Studie von Beelitz (1996a), in der 86,6% der untersuchten Pferde mit Strongyliden befallen waren, wurden bei der Larvendifferenzierung nur kleine Strongyliden nachgewiesen (die Kotuntersuchung erfolgte auch hier mit einer Flotationsmethode).

Von Jahr zu Jahr sind deutliche Schwankungen der Befallszahlen zu beobachten. Im Jahr 2000 waren in der Studie von Wirtherle 61,5% der Pferde, im Jahr 2001 nur 31,8% befallen (Wirtherle, 2003). Bei Fritzen waren es im Jahr 2003 54,9% der Pferde und im Jahr 2004 43,7% (Fritzen, 2005).

Auch hinsichtlich der verwendeten Methoden zur Datenerhebung unterscheiden sich die Ergebnisse. So ist die Sektion die Methode, die mit größter Sicherheit eine Infektion feststellen kann. Mit der Sektion werden auch die Parasitenstadien erfasst, die keine Eier abgeben, folglich liefern Sektionsstudien die höchsten Prävalenzen. Sie belaufen sich nicht selten auf 100% (Cirak et al., 1996), (vgl. dazu Tabelle 2.1.). Sektionsstudien sind besonders wertvoll, um das Vorkommen von inhibierten, eingekapselten und luminalen Stadien zu ermitteln.

Tabelle 2.1 zeigt eine Übersicht über das Vorkommen von Strongyliden weltweit. Tabelle 2.2 enthält Angaben zum Vorkommen der großen Strongyliden.

**Tabelle 2-1:** Prävalenzen von Strongyloiden in verschiedenen Ländern

Land (Region)	Jahr	Autor	Betriebe n	Prävalenz auf Betriebs- ebene in %	Tiere n	Prävalenz auf Tier- ebene in %	Methode
D (Niedersachsen)	2000	Wirtherle, 2003	64	91,60	369	61,50	Mc Master
	2001	Wirtherle, 2003			1.014	31,80	
D (Nordrhein-Westfalen; RB Münster, Düsseldorf)	2003	Fritzen, 2005	42	98,70	958	54,9	Mc Master
	2004	Fritzen, 2005	34	k.A.	1.042	43,7	
D (Oberbayern)	1993/94	Beelitz et al., 1996b	9	k.A.	74	90,54	Flotation
D (3 Höfe aus Norddeutschland)	1995	Cirak et al., 1996	3	k.A.	16	100	Sektion
D (Oberbayern)	1994/95	Beelitz et al., 1996a	k.A.	k.A.	23	86,60	Flotation
D (Berlin)	k.A.	Kiedrowski, 1959	k.A.	k.A.	109	92,7	Sektion
D (Berlin)	1954- 1978	Fries, 1982	k.A.	k.A.	10.871	76,4	Flotation
DK	k.A.	Craven et al., 1998	56	100	k.A.	k.A.	McMaster
NL	k.A.	Dopfer et al., 2004	12	94	k.A.	k.A.	McMaster
PL	1986- 1988	Gawor, 1995	k.A.	k.A.	50	96	Sektion
F (Normandie)	1998- 2000	Collobert-Laugier et al., 2002b	k.A.	k.A.	42	93	Sektion
USA (Kentucky)	1956- 1983	Tolliver et al., 1987	k.A.	k.A.	210	100	Sektion
USA (Louisiana)	vor 1986	Torbert et al., 1986	k.A.	k.A.	37	100	Sektion
USA (Ohio)	1981- 1982	Reinemeyer et al., 1984	k.A.	k.A.	55	100	Sektion
BR	k.A.	Silva et al., 1999	k.A.	k.A.	36	100	Sektion
AUST (Victoria)	1993	Bucknell et al., 1995	k.A.	k.A.	150	95	Sektion
AUST (Queensland)	1979- 1981	Mfitlodze und Hutchinson, 1990	k.A.	k.A.	57	81	Sektion

D = Deutschland; DK = Dänemark; NL = Niederlande; P = Polen; F = Frankreich; BR = Brasilien; AUST = Australien; k.A. = keine Angabe

**Tabelle 2-2:** Prävalenzen von großen Strongyliden

Autor			<i>Strongylus vulgaris</i>	<i>Strongylus edentatus</i>	<i>Strongylus equinus</i>
			Prävalenz in %		
Kiedrowski, 1959	TE	Deutschland	79,8	0,99	10,9
Fritzen, 2005	BE		1,3	k.A.	k.A.
Beelitz et al., 1996a; Beelitz et al., 1996b	TE		0	0	0
Cirak et al., 1996	TE		100	44	k.A.
Gawor, 1995	TE	Polen	74	40	14
Tolliver et al., 1987	TE	Kentucky	84	79	6
Reinemeyer et al., 1984	TE	Ohio	27	10,9	1,8
Torbert et al., 1986	TE	Louisiana	83,3	83,8	18,9
Krecek et al., 1989	TE	Transvaal/ Süd-Afrika	94	24	30
Bucknell et al., 1995	TE	Australien	23	23	3
Dopfer et al., 2004	BE	Niederlande	11	k.A.	k.A.
Craven et al., 1998	BE	Dänemark	20	k.A.	k.A.
Lind et al., 2007a	BE	Schweden	31	k.A.	k.A.

k.A. = keine Angabe; TE = Tierebene; BE = Betriebsebene

### 2.3.1.2 Prävalenzen von Bandwürmern

Die Ermittlung des tatsächlichen Befalls von Bandwürmern gestaltet sich aufgrund der geringen Sensitivität der auf herkömmlichen Methoden basierenden Kotuntersuchung sehr schwierig. (Siehe Kapitel 2.7.1.3). Hier ist häufig ein deutlicher Unterschied zwischen den Ergebnissen einer Sektion und einer Kotuntersuchung festzustellen. In Studien aus Kentucky (Lyons et al., 1983; Lyons et al., 1984), Schweden (Nilsson et al., 1995) und Norwegen (Ihler et al., 1995) wurden Kotuntersuchungen mit Untersuchungen *post mortem* verglichen: Beide Methoden wurden an denselben Tieren durchgeführt; die Kotuntersuchung erwies sich dabei als weniger zuverlässig und ergab häufig eine mehr als 50% geringere Prävalenz als die durch die Sektion bestimmte tatsächliche Prävalenz.

Wirtherle diagnostizierte in ihrer auf der Methode nach McMaster basierenden Studie bei 0,22% und Fritzen bei 0,3% der untersuchten Pferde einen Bandwurmbefall (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005). Die Studienausrichtungen waren dabei jedoch nicht speziell auf die Diagnose eines Bandwurmbefalls ausgerichtet.

1995 hatten Cirak und Mitarbeiter (Cirak et al., 1996) in Norddeutschland bei der *post mortem* Untersuchung von 16 Versuchstieren bei 75% der Pferde *Anoplocephala perfoliata* und bei 13% *Anoplocephala magna* gefunden. Diese Studie erlaubt zwar nicht, auf die Gesamtheit der Pferdepopulation Deutschlands zu schließen. Die Ergebnisse legen aber die Vermutung nahe, dass eine höhere Prävalenz auf Pferdeebene anzunehmen ist, als durch Kotprobenuntersuchungen ermittelt werden kann

**Tabelle 2-3:** Prävalenzen weiterer Parasiten des Pferdes

Autor		<i>Anoplocephala perfoliata</i>	<i>Anoplocephala magna</i>	<i>Parascaris equorum</i>	<i>Strongyloides westeri</i>	<i>Oxyuris equi</i>	<i>Trichostrongylus axei</i>
		Prävalenz in %					
Wirtherle, 2003	TE	0,2	0	0,36	k.A.	k.A.	k.A.
Fritzen, 2005	TE	3,9	0	21,1	1,3	k.A.	k.A.
	BE	0,3	0	2	0,1	k.A.	k.A.
Beelitz et al., 1996b	TE	14,9	0	33,8	27	k.A.	k.A.
Cirak et al., 1996	TE	75	13	56	k.A.	100	k.A.
Beelitz et al., 1996a;	TE	0	0	8,7	0	0	k.A.
Fries, 1982	TE	k.A.	k.A.	10	k.A.	k.A.	k.A.
Kiedrowski, 1959	TE	11	k.A.	25,7	0,92	0	4,6
Gawor, 1995	TE	4	4	26	4	36	k.A.
Craven et al., 1998	BE	k.A.	k.A.	27	k.A.	4	k.A.
Tolliver et al., 1987	TE	17	14	50	k.A.	40	46
Reinemeyer et al., 1984	TE	18	k.A.	18	k.A.	10,9	k.A.
Torbert et al., 1986	TE	46,7	13,3	46,7	k.A.	56,8	k.A.
Krecek et al., 1989	TE	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	24	6
Bucknell et al., 1995	TE	29	k.A.	5	k.A.	7	51

TE = Tierebene; BE = Betriebsebene; k.A. = keine Angabe

Eine Untersuchung von Kotproben auf Tierebene ist auf Grund der nötigen Stichprobenmenge sehr aufwändig. Anders ist es bei der Ermittlung der Betriebsprävalenz: In Kenntnis der Sensitivität und Spezifität der Methode lässt sich durch eine ausreichend große Stichprobe auf den Höfen recht zuverlässig die Betriebsprävalenz mittels koproskopischer Untersuchungen feststellen (Behrens, 2001). In Ihrer Arbeit zur Ermittlung der Prävalenz von Bandwürmern in Norddeutschland ermittelte Behrens (Behrens, 2001) eine Betriebsprävalenz von 35,2%. Dabei waren 3% der von ihr untersuchten Einzeltiere positiv.

*Post mortem* Untersuchungen aus allen Kontinenten belegen das weltweite Vorkommen von Bandwürmern des Pferdes (Gawor, 1995; Ihler et al., 1995; Nilsson et al., 1995). Vgl. dazu Tabelle 2.3 .

### 2.3.1.3 Prävalenzen weiterer Endoparasiten des Pferdes

Andere Helminthen des gastrointestinalen Traktes kommen in deutlich geringeren Häufigkeiten vor (Tabelle 2.3). Die Prävalenz von Spulwürmern wird auf Grund der Induktion einer Immunität (s. Kap. 2.4.2) stark durch das Alter der Tiere beeinflusst. Auf Höfen mit einer großen Jungtierpopulation sind weit höhere Prävalenzen zu erwarten als in Ställen mit einer ausschließlich adulten Population. Gleiches gilt für Zwergfadenwürmer.

Leberegel beim Pferd werden sehr selten beschrieben. Bucknell et al. (1995) konnten bei 0,7% der von ihnen untersuchten Pferde Leberegel nachweisen.

Protozoen beim Pferd wurden u.a. von Beelitz et al. (1996b) beschrieben. Sie wiesen in ihrer Studie bei 33,8% der Pferde *Eimeria leuckarti*, bei 2,7% *Giardia spp.* und bei 1,4% *Cryptosporidium parvum* nach.

## 2.3.2 Helminthen des Pferdes: Entwicklungszyklen, Infektionswege und Pathogenese

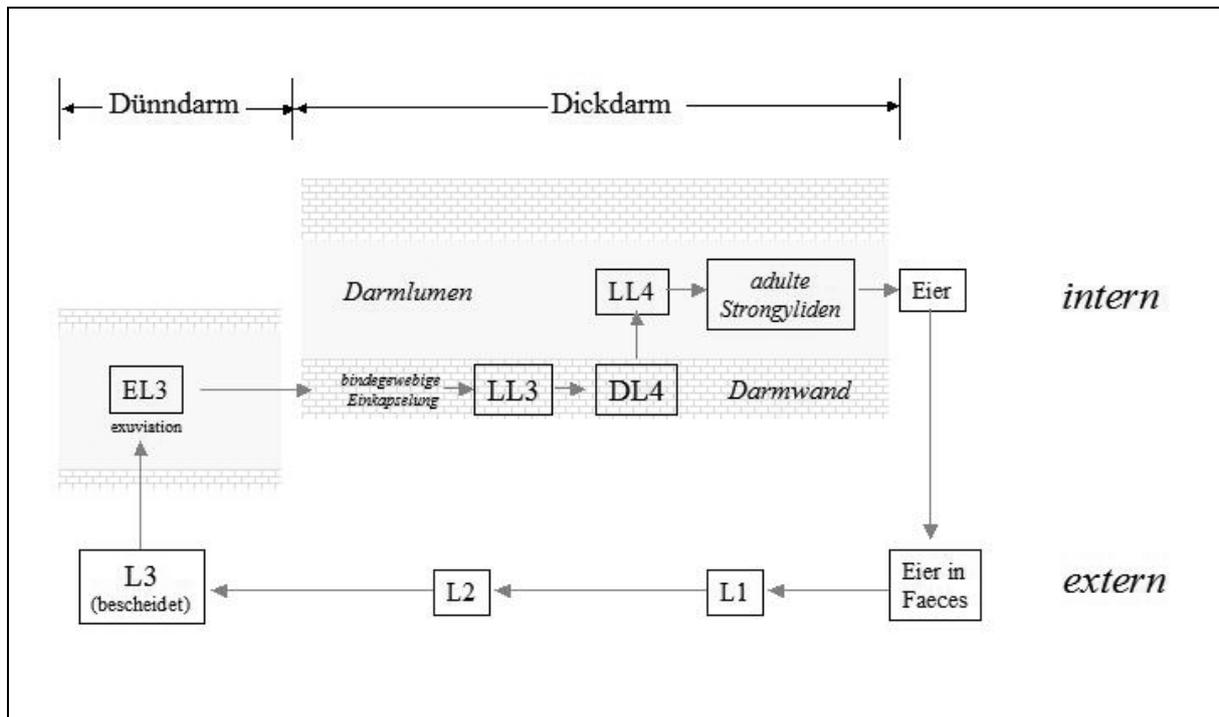
In der Reihenfolge der ihnen in der Literatur zugewiesenen Bedeutung werden nachstehend Entwicklungszyklen und Parasit-Wirt-Beziehungen für die wichtigsten Helminthen dargestellt.

### 2.3.2.1 Kleine Strongyliden

#### 2.3.2.1.1 Lebenszyklus der kleinen Strongyliden

Adulte Stadien der kleinen Strongyliden leben im Darm des Wirtes. Dort produzieren die Weibchen Eier, die mit der Faeces in die Außenwelt gelangen. Aus den Eiern schlüpft das erste Larvalstadium, Larve 1 (L1). Die L1 entwickelt sich weiter zur Larve 2 (L2) und zur infektiösen, bescheideten Larve 3 (L3). Die L3 wird vom Pferd per os aufgenommen und gelangt so in das Darmlumen. Nach Abwerfen der Scheide wird die L3 als „Larve im frühen dritten Larvalstadium“ (*early third stage larvae=EL3*) bezeichnet. Sie wandert in die Darmschleimhaut und wird dort bindegewebig eingekapselt (histotrope Phase). Dort entwickelt sich die EL3 über die „Larve im späten dritten Larvalstadium“ (*late third stage*

larvae= LL3) zur „sich im vierten Larvalstadium entwickelnden Larve“ (*developing larvae four* = DL4). Das darauf folgende Stadium, die „Larve im späten vierten Larvalstadium“ (*late larvae 4*= LL4) hat die bindegewebige Kapsel verlassen und entwickelt sich im Darmlumen zum adulten, geschlechtsreifen Stadium (Abb. 2.1). Die Präpatenz beträgt 1½ - 3 Monate (Reinemeyer, 1986; Uhlinger, 1991; Paul, 1998; Steinbach, 2003; Eckert et al., 2008).



**Abbildung 2-1:** Entwicklungszyklus der kleinen Strongyliden

#### 2.3.2.1.2 Das Phänomen der Hypobiose

Für das Verständnis der Kontamination von Pferdeweiden mit infektiösen Stadien der kleinen Strongyliden ist die Kenntnis über die Hypobiose von entscheidender Bedeutung. Die Hypobiose kommt bei mehreren Nematodenspezies vor (Michel, 1974) und wurde für Pferdestrongyliden erstmals von Gibson beschrieben (Gibson, 1953).

Gibson (Gibson, 1953) konnte bei sechs mehrfach mit Phenothiazin behandelten Ponys, die keine Möglichkeit der Reinfektion hatten, auch noch nach drei Jahren Eier von Magen-Darm-Strongyliden (MDS) im Kot nachweisen. Gibson erklärte dieses Phänomen mit der Annahme, dass Larven in der histotropen Phase (also den Entwicklungsstufen in der Darmschleimhaut) mindestens drei Jahre in der Hypobiose verharren können. Eine verminderte Wirksamkeit von Phenothiazin schloss er aus, da er in einem vorhergehenden kritischen Test eine 100%ige Wirksamkeit dieses Anthelminthikums festgestellt hatte. Die anthelminthischen Eigenschaften des Phenothiazins werden wegen der geringen therapeutischen Breite heute

nicht mehr genutzt (Ungemach 2002); auch haben sich gegen den Wirkstoff Resistenzen entwickelt (Craig, 1993).

Auch Eysker und Mitarbeiter (Eysker et al., 1989) vermuteten bei Versuchssponys, die nach Strongylideninfektion mit Albendazol behandelt wurden, überwinterte hypobiotische Larven: Sie konnten einen deutlichen Anstieg der Eiausscheidung im Sommer feststellen, obwohl die Weiden, auf denen die Pferde grasten, kaum mit Strongyliden kontaminiert waren. In einem weiteren Versuch von Eysker et al. wurden zwei Versuchsgruppen verglichen (Eysker et al., 1990). Beide Gruppen waren zu Beginn des Versuchs infiziert, während des Versuches hatte aber nur eine Gruppe die Möglichkeit, sich weiterhin in den Monaten Juli bis September zu infizieren. Durch eine anschließende Sektion wurde ein Unterschied der Verteilung der Strongylidenpopulation deutlich: In der Gruppe mit verstärkter Infektionsmöglichkeit dominierten die in der Darmschleimhaut eingekapselten L3-Stadien, in der anderen wurden hauptsächlich adulte Würmer gefunden. Daraus wurde geschlossen, dass die in der zweiten Weideperiode neu aufgenommenen Larven hauptsächlich in ein hypobiotisches Stadium übergehen (Eysker et al., 1990). Als Ursache für die Induktion dieses Ruhestadiums vermutete Eysker die Konditionierung der Larven im Sommer und Herbst: Es wird verhindert, dass sich geschlechtsreife Adulte in einer Jahreszeit entwickeln, in der die klimatischen Bedingungen für die Entwicklung freilebender Stadien ungünstig wären. Die Larven scheinen sich also über den Winter in einen Ruhezustand zu versetzen, um sich im Frühling - einer für die Reproduktion günstigen Jahreszeit - rasch zu adulten Würmern zu entwickeln, die dann mit ihren Eiern die Weide kontaminieren können (Ogbourne, 1975; Eysker et al., 1990). In späteren Versuchen konnte die Hypobiose gezielt durch Kälteeinwirkung induziert werden (Murphy & Love, 1997). Des Weiteren wird eine Hypobiose besonders dann erzielt, wenn infektiöse L3 in kleinen Dosen über einen längeren Zeitraum hinweg aufgenommen werden (Murphy & Love, 1997).

Da die hypobiotischen Larven mit üblichen Entwurmungsmaßnahmen gar nicht oder nicht komplett eliminiert werden - und auch mit der gängigen diagnostischen Maßnahme (der Kotuntersuchung, vgl. Kap. 2.7) - nicht nachgewiesen werden können, führt die Hypobiose dazu, dass viele Pferde ihre Umgebungskontamination mit sich herum tragen (Reinemeyer et al., 1986). Somit haben ehemals bei Rindern empfohlene „dose and move“-Strategien bei Pferden nicht den Effekt, die Kontamination von „sauberen“ Weiden durch vorhergehende Entwurmung der Tiere zu vermeiden (Herd & Coles, 1995).

Dass die Hypobiose ein zwingendes Geschehen in der Entwicklung der Cyathostomen darstellt, hält Eysker für unwahrscheinlich, da er in vorhergehenden Studien nicht durchgängig inhibierte Larven gefunden hatte (Eysker et al., 1990). Auch schien in einer von ihm unveröffentlichten Studie in Zimbabwe die Hypobiose von untergeordneter Bedeutung zu sein (Eysker et al., 1990).

Während in der Studie von Gibson bei ausgewachsenen Pferden, die keine Möglichkeit zur Reinfektion hatten, hypobiotische Larven auch noch nach drei Jahren nachgewiesen werden konnten (Gibson, 1953), wiesen die von Eysker im Herbst infizierten Jungtiere, denen keine weiteren Möglichkeiten einer weiteren Infektion gegeben war, im nächsten Sommer fast nur adulte Stadien auf. Eysker (1990) vermutete daher, dass das Alter der Pferde für die Dauer der Hypobiose eine Rolle spielt: Die hypobiotischen Larven in den von ihm untersuchten Jungtieren scheinen sich schneller komplett in adulte Stadien umzuwandeln wenn keine weitere Infektion erfolgt, als die von Gibson untersuchten hypobiotischen Larven in adulten Tieren (Eysker et al., 1990).

#### 2.3.2.1.3 Infektionsweg Strongyliden

Durch oral-alimentäre bzw. orale Schmutzinfektion nehmen Pferde die infektiösen Larven auf. Dies erfolgt in erster Linie auf Weiden, auf denen zum Teil große Mengen an infektiösen Larven gefunden werden können (Ogbourne, 1972). Die Weiden werden durch den MDS-eierhaltigen Kot infizierter Pferde rekontaminiert (Hiepe, 1985; Eckert et al., 2008). Im Stall können sich die Pferde durch mit Kot kontaminierte Tiefstreu, Weidegrasfutter o.ä. infizieren (Hiepe, 1985; Eckert et al., 2008). Diesem Infektionsweg wird aber nur eine untergeordnete Rolle zugeschrieben (Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.1.4 Ausscheidungs- und Populationsdynamik auf den Weiden

Bei der Ausscheidung von Strongylideneiern durch Pferde auf Weiden ist ein Frühjahrs- und ein Herbstgipfel zu beobachten (Duncan, 1974; Ogbourne, 1975; Herd, 1986b). Häufig erfolgt der Weideaustrieb der Pferde im Frühling. Zu diesem Zeitpunkt steigt die Strongylideneiausscheidung beim Strongyliden-infizierten Pferd aus zwei Gründen: Zum einen führt die Weiterentwicklung zuvor hypobiotischer Larven zum vermehrten Vorkommen fertiler Strongylidenweibchen (vgl.dazu Kap.2.3.2.1.2), zum anderen scheint auch die adulte, über den Winter im Darmlumen lebende Wurmpopulation im Frühling wieder verstärkt mit der Eiproduktion zu beginnen (Duncan, 1974; Ogbourne, 1975).

Entsprechend der Präpatenz der kleinen Strongyliden von 1 1/2 bis 3 Monaten setzt nach der nun Ende April erfolgenden Infektion/Reinfektion der Pferde ca. im Juni eine verstärkte Eiausscheidung ein, die bis zum Herbst kontinuierlich zunimmt. Danach nimmt die Eiausscheidung wieder deutlich ab (Duncan, 1974; Ogbourne, 1975).

Analog dieses Verlaufes erreicht die Larvendichte der Strongyliden auf den Weiden in den späten Sommermonaten ihr Maximum. Larven können auf den Weiden überwintern, die Infektion geht aber vorrangig von den im Frühling ausgeschiedenen Eiern aus, die sich dann den Außentemperaturen entsprechend in ein bis zwei Wochen zu infektiösen Stadien entwickeln. (vgl.folgendes Kapitel.)

### 2.3.2.1.5 Entwicklungszeiten der freilebenden Stadien

Wie Freilandversuche aus Deutschland und England zeigten, variieren die Entwicklungszeiten der Strongylideneier zur infektiösen L3 je nach Jahreszeit. In den Übergangs-Jahreszeiten kann die Entwicklung bis zu 15 Tage dauern. Sie verkürzt sich, je höher die Temperaturen liegen; die Entwicklung im Hochsommer (Juli/August) beträgt demzufolge meistens nur fünf Tage. In den Monaten mit Temperaturen unter 10°C (Oktober/November bis Mitte März) kommt es nicht mehr zu einer Entwicklung zur L3 (Ogbourne, 1972; von Grelck et al., 1977; Hasslinger, 1981). Laborversuche bestätigten, dass ab einer Temperatur um 7,5° bis 10°C keine Entwicklung mehr stattfindet (Ogbourne, 1972; Mfitalodze & Hutchinson, 1990).

Im Laborversuch zeigte sich auch, dass die Entwicklung bei Temperaturen von 25 - 33°C am schnellsten erfolgt und nur 3 - 4 Tage benötigt (Ogbourne, 1972; Mfitalodze & Hutchinson, 1990).

Ein weiterer wichtiger die Entwicklungsgeschwindigkeit beeinflussender Faktor ist die Feuchtigkeit. So beobachtete Ogbourne (1972), dass bei vergleichbaren Temperaturen die Entwicklung bei großer Trockenheit sistierte, bei anschließenden Regenfällen aber fortgesetzt wurde.

### 2.3.2.1.6 Überlebenszeit der freilebenden Stadien der Strongyliden

Ryazantsev [zitiert nach (Ogbourne, 1973)] beobachtete, dass die infektiösen L3 in den Boden einwandern und so zwei bis drei Jahre lang überleben können. Von Grelck et al. konnten eine Mindestüberlebenszeit von 11 Monaten feststellen (von Grelck et al., 1977). Faktoren, die die Überlebenszeiten beeinflussen, sind Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Nielsen und Mitarbeiter (2007) stellten diese Faktoren in einer Tabelle zusammen (Tab. 2.4).

**Tabelle 2-4:** Überlebensdauer freilebender equiner Strongylidenstadien unter verschiedenen Klimaeinflüssen (Nielsen et al., 2007)

frei lebende Stadien	Frost	Wechsel zwischen Frost und Tau	Aus-trocknen	Hitze (Temperaturen 30 bis 38 °C)
Unembryoniertes Ei	++	++	b	++
Embryoniertes Ei	+	-	b	++
Larve 1	-	-	-	++
Larve 2	-	-	-	++
Larve 3	+++	+	+++	-

Zeichenerklärung:

- - sehr empfindlich, + schwach widerstandsfähig, ++ moderat widerstandsfähig, +++ sehr widerstandsfähig
- b: keine Daten erhältlich

Durch die Kutikula ist die L3 einerseits gut gegen Umwelteinflüsse geschützt, andererseits verhindert diese Hülle aber, dass die Larve Nahrung aufnehmen kann, weshalb sie besonders empfindlich auf Einflüsse reagiert, die ihre Reserven schnell aufbraucht. Letzteres ist bei hohen Temperaturen der Fall, durch die der Metabolismus der Larve beschleunigt wird [Mirck 1980 zitiert nach (Hasslinger & Bittner, 1984)]. Intakte Kotballen stellen ein vor Trockenheit schützendes Reservoir dar (Ogbourne, 1972; von Grelck et al., 1977). L3 sind nach einer langen Trockenperiode immer noch vital, wenn sie im Kot verbleiben (Ogbourne, 1972; von Grelck et al., 1977).

Allerdings ist es wichtig, dass die Parasiten sich an Grashalme anheften, weil sie so die Weidetiere am besten infizieren können. Hilfreich sind dafür starke Regenfälle, mit denen die Larven effektiv auf den Weiden verteilt werden (Nielsen 2007). Sobald die Larven jedoch den Kot verlassen haben, sind sie recht empfindlich. Direkt der Trockenheit und dem Sonnenlicht ausgesetzt, überleben die am Grashalm empor gewanderten L3 im trockenen, heißen Sommer nur 6 Wochen (Taylor, 1938). Sehr hohe Temperaturen von 40°C führen zum raschen Absterben der Larven (Nielsen 2007).

Die Überlebensfähigkeit bei winterlichen Minusgraden wurde unter anderem von Ogbourne, (1973); von Grelck et al., (1977) und Hasslinger & Bittner (1984) untersucht. Überlebende Larven tragen aber nur wenig zur Infektiosität der Weiden im Frühjahr bei, da sie nach Überwinterung schon sehr kraftlos sind und bald absterben (Ogbourne 1972). Auch Hasslinger und Bittner (1984) sowie Duncan (1974) messen überwinterten Larven keine große Bedeutung bei.

Als ein für die Larven schädigender Faktor wird von mehreren Autoren ein wiederholtes Einfrieren und Auftauen gesehen (Lucker 1941; Ober-Blöbaum 1932). Dies konnte jedoch durch von Grelck (1977) nicht bestätigt werden. Ob Larven, die Temperaturen im Extrembereich überlebt haben, noch infektiös sind, wurde u. a. von Nielsen (2007) diskutiert.

Aus den hier besprochenen Untersuchungen resultieren Empfehlungen zur strategischen Behandlung, die im Kapitel 2.5.4 besprochen werden.

#### 2.3.2.1.7 Pathogenese: Cyathostominose

In früheren Jahren standen die großen Strongylyden aufgrund ihrer hohen Pathogenität im Vordergrund des Interesses der Parasitologen. Mit dem Rückgang der Prävalenz großer Strongylyden werden mittlerweile die Cyathostomen als die wichtigsten pathogenen Endoparasiten des Pferdes angesehen (Love et al., 1999). In der Mehrzahl der Fälle verläuft eine Infektion mit Cyathostomen klinisch inapparent, in Einzelfällen können jedoch unterschiedlich schwere Symptome ausgelöst werden (Love et al., 1999). Die adulten Stadien der Cyathostomen heften sich im Darmlumen an die Schleimhaut an und können dabei zu Schädigungen der Darmschleimhaut führen. In der Regel werden damit aber keine oder nur geringgradige Gesundheitsbeschwerden hervorgerufen (Love et al., 1999). Ihren

wirtsschädigenden Effekt haben Cyathostomen vor allem dann, wenn sie als DL4 aus der Darmschleimhaut hervortreten (Giles et al., 1985; Mair, 1993; Love et al., 1999). Nach Love et al. (1999) kommt es aber auch bereits beim Eindringen in die Darmschleimhaut als L3 zu Schädigungen (Love et al., 1999). Das massenhafte, synchrone Auswandern zuvor hypobiotischer Larven zum Winterende oder im Frühling kann einen sehr ausgeprägten pathogenen Effekt haben (Giles et al., 1985; Ribbeck et al., 1997). Die dadurch ausgelöste Erkrankung wird „Larvale Cyathostominose“ genannt. Die Symptome sind plötzlich auftretender Durchfall und Auszehrung (Giles et al., 1985; Kelly & Fogarty, 1993; Mair, 1994; Van Loon et al., 1995). Dies geht vielfach mit Fieber, Koliken und subkutanen Ödemen einher (Kelly & Fogarty, 1993; Mair, 1994; Mair & Pearson, 1995; Van Loon et al., 1995; Mair et al., 2000; Peregrine et al., 2006). In schweren Fällen kommt es zum Tod in zwei bis drei Wochen (Giles et al., 1985; Van Loon et al., 1995). Neben dieser recht charakteristischen Symptomatik der larvalen Cyathostominose gibt es andere Ausprägungen der Cyathostominose. Die mit ihr in Verbindung gebrachten unspezifischen Symptome sind u.a. rezidivierende Durchfälle, Gewichtsverlust und Leistungsabfall (Ribbeck et al., 1997). Dabei ist nach Murphy und Love das erste Anzeichen einer Cyathostominose nicht der Durchfall, sondern der schon mehrere Monate vor dem Einsetzen des Durchfalls beginnende Gewichtsverlust (Murphy & Love, 1997; Love et al., 1999). Das Gewichtsverlustsyndrom kann auch unabhängig vom Auftreten einer Diarrhö sein (Mair, 1994). 1993 beschrieb Mair besonders die chronisch rezidivierende Diarrhö als Zeichen einer larvalen Cyathostominose (Mair, 1993).

Hämatologie und Blutchemie sind nicht pathognomonisch (Love et al., 1999). Die Befunde zeigen sehr häufig eine Hypoalbuminaemie (Giles et al., 1985; Van Loon et al., 1995; Ribbeck et al., 1997; Love et al., 1999; Smets et al., 1999; Peregrine et al., 2006) und eine Neutrophilie (Giles et al., 1985; Kelly & Fogarty, 1993; Love et al., 1999). Nicht immer kommt es zu einer Anämie, einer Eosinophilie und einem Anstieg der alkalischen Phosphatase im Serum (Giles et al., 1985; Love et al., 1999). Seltener wird bei einer Cyathostominose auch eine Hyperbetaglobulinämie gefunden (Love et al., 1999).

Eine weitere Hilfe zur Diagnostik ist die rektale Untersuchung, bei der man das Vorkommen von L4 durch deren Anhaften am Untersuchungshandschuh erkennen kann (Giles et al., 1985). L4 finden sich manchmal aber auch schon im Kot (Mair, 1994; Smets et al., 1999). Die Kotuntersuchung auf Strongylideneier ist bei einer durch Entwicklungsstadien verursachten larvalen Cyathostominose hingegen häufig negativ (Giles et al., 1985; Van Loon et al., 1995; Murphy & Love, 1997). Auch die Jahreszeit ist zur Diagnosefindung hilfreich, da die larvale Cyathostominose, wie bereits beschrieben, vor allem im Winter und Frühling vorkommt (Giles et al., 1985; Ribbeck et al., 1997; Smets et al., 1999).

Die Mechanismen, die zur Reaktivierung der hypobiotischen Larven führen, sind bis jetzt noch ungeklärt. Neben der Beobachtung, dass es vor allem Klimateinflüsse gegen Winterende

und Frühling sind, die die Entwicklungshemmung beenden (Reid et al., 1995; Paul, 1998; Lyons et al., 2000) wird auch diskutiert, dass das Absterben der adulten Population einen Einfluss auf die Schleimhautstadien hat (Lyons et al., 2000). So konnten Reid et al. beobachten, dass nach Entwurmung ein erhöhtes Risiko einer larvalen Cyathostominose bestand (Reid et al., 1995). Steinbach konnte jedoch nicht bestätigen, dass eine larvale Cyathostominose nach anthelminthischer Behandlung ausgelöst wird (Steinbach, 2003). Jüngere Pferde haben ein höheres Risiko an der larvalen Cyathostominose zu erkranken (Reid et al., 1995; Van Loon et al., 1995; Love et al., 1999; Peregrine et al., 2006), jedoch erkranken Pferde aller Altersstufen (Giles et al., 1985).

### 2.3.2.2 Große Strongyliden

#### 2.3.2.2.1 Entwicklungszyklus der großen Strongyliden und Infektionswege

Die in Deutschland vorkommenden großen Strongyliden (Arten der Gattung *Strongylus*) sind *Strongylus vulgaris*, *Strongylus equinus* und *Strongylus edentatus*. In der präparasitischen Phase ist die Entwicklung der großen Strongyliden mit der der kleinen Strongyliden vergleichbar (vgl. Kap. 2.3.2.1). Auch hinsichtlich der Infektionswege, der Ausscheidungs- und Populationsdynamik und der Entwicklungs- und Überlebenszeiten der freilebenden Stadien gelten dieselben Beobachtungen, die in den Kapiteln 2.3.2.1.3 – 2.3.2.1.6 im Zusammenhang mit den kleinen Strongyliden beschrieben wurden.

In der parasitischen Phase hingegen unterscheidet sich die Entwicklung der Juvenilstadien deutlich von der der kleinen Strongyliden, sie ist durch eine ausgeprägte Körperwanderung der Juvenilstadien gekennzeichnet. So wandern die Larven in die großen Arterien (*Strongylus vulgaris*), in das Pankreas (*Strongylus equinus*), die Leber und das Peritoneum (*Strongylus equinus* und *Strongylus edentatus*). Teilweise können Larven aber auch in andere Organe und Körperregionen streuen. Nach dieser Körperwanderung kommen die meisten Larven in das Darmlumen zurück, wo sie sich zu Adultstadien entwickeln und mit der Eiproduktion beginnen (Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008). Dieser Entwicklungsweg erklärt die deutlich längere Präpatenz von 7 ½ - 11 Monaten der großen Strongyliden (Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.2.2 Pathogenese der großen Strongyliden

Wie bei den kleinen Strongyliden sind auch bei den großen Strongyliden die Adultstadien nur geringfügig pathogen. Die Larvalstadien sind jedoch häufig massiv wirtsschädigend:

Entwicklungsstadien von *Strongylus vulgaris* verursachen Endothelläsionen und weitere Entzündungsreaktionen an den Gefäßen. Die Entzündungen können auf weitere Organe, so z.B. auf die Bauchganglien übergreifen, mit der Folge einer Perineuritis, die zu Motilitätsstörungen im gastrointestinalen Trakt führt. Durch Thrombenbildung kann es zu Aneurysmen, zur Verlegung des Gefäßlumens und zu Embolien kommen. Das klinische Bild einer *Strongylus vulgaris* - Infektion ist häufig durch Abdominalbeschwerden, in schweren

Fällen durch Koliken gekennzeichnet, die durch Infarzierung des Darmes ohne das Vorliegen einer Strangulation verursacht werden. Für die Pathogenese dieser Darminfarzierung wird häufig ein thrombotisch-embolisches Geschehen beschrieben (Rommel et al., 2000; DeLay et al., 2001), eventuell ist sie aber häufig Folge von Mikrozirkulationsstörungen durch vom Parasiten abgesonderte Mediatoren (Drudge & Lyons, 1986; Love, 1992). Weitere klinische Zeichen sind Fieber, Inappetenz und Lethargie (Duncan & Pirie, 1975). Für das Ausmaß des klinischen Verlaufes ist die aufgenommene Menge an Larven und die Abwehrlage des Pferdes von Bedeutung (Duncan & Pirie, 1975; Rommel et al., 2000).

Larven von *Strongylus equinus* führen insbesondere zu Entzündungsreaktionen in Leber, Peritonealhöhle, Retroperitoneum und Pankreas (Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008).

Die Larven von *Strongylus edentatus* verursachen vorwiegend entzündliche Reaktionen in Leber und Peritonealhöhle (Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008).

Als klinische Erscheinungen nach Infektionen mit *Strongylus equinus* und *Strongylus edentatus* werden Koliken, Durchfall, Inappetenz und Abmagern beschrieben (Rommel et al., 2000).

### 2.3.2.3 Bandwürmer

#### 2.3.2.3.1 Entwicklungszyklus der Bandwürmer und Infektionswege

Bandwürmer, deren Adultstadien im Darm der Pferde parasitieren, sind innerhalb Deutschlands *Anoplocephala perfoliata*, *Anoplocephala magna* und *Paranoplocephala mamillana*. Die dabei am häufigsten vorkommende Art ist *A. perfoliata*. Im Folgenden beschriebene Merkmale beziehen sich vorwiegend auf diese Art.

Der Befall mit Anoplocephaliden ist eine typische Weideparasitose, da die Bandwürmer für ihre Entwicklung die auf Weiden lebende Moosmilbe als obligaten Zwischenwirt benötigen. Die im Pferdekot enthaltenen Bandwurmeier werden von den Milben aufgenommen (Hiepe, 1985; Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008). In den Milben entwickelt sich innerhalb von 2-4 Monaten das infektiöse Stadium, das *Zysticercoïd*. Pferde infizieren sich durch die Aufnahme zysticercoïdhaltiger Moosmilben mit dem Weidegras (oder seltener durch Grünfutter im Stall). Im Pferd entwickelt sich das *Zysticercoïd* zum adulten Bandwurm, der sich an der Darmschleimhaut festsaugt und nach 6 - 10 Wochen Proglottiden in den Kot abgibt. Die Präpatenz kann allerdings auch länger sein. *A. perfoliata* ist vorwiegend in der Ileocecalregion anzutreffen und kann im Pferd mindestens 6 Monate überleben (Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.3.1 Pathogenese: Anoplocephalidose

Eine Infektion mit Bandwürmern verläuft beim Pferd häufig klinisch inapparent. Es können aber auch deutliche Abdominalbeschwerden auftreten, die mit einem hohen Bandwurmbesatz zusammenhängen. Dabei sind neben Verdauungsstörungen, Durchfall und Abmagern schwerwiegende Koliksymptome beobachtet worden. Durch das Anhaften an der Schleimhaut

entstehen entzündliche Veränderungen. Je nach Verlauf dieser Entzündungsreaktionen und abhängig von der Höhe des Bandwurmbesatzes kann es zu einer Obturationsstenose des *Ostium ileale*, zu einer Ruptur des Zäkums oder zu Darminvaginationen kommen. Ein verursachender Faktor bei diesem Krankheitsgeschehen sind eventuell auch vom Parasiten abgesonderte Mediatoren (Barclay et al., 1982; Beroza et al., 1983; Owen et al., 1989; Pearson et al., 1993; Proudman et al., 1998; Proudman & Trees, 1999; Boswinkel & van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 2007; Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.4 Spulwürmer

##### 2.3.2.4.1 Entwicklungszyklus der Spulwürmer und Infektionswege

Die Aufnahme der Spulwurmeier erfolgt als orale Schmutzinfektion. Dabei werden die infektiösen Eier im Stall oder auf der Koppel durch kontaminiertes Futter, Belecken der Wände u.s.w. aufgenommen. Die Spulwurmlarven schlüpfen im Verdauungstrakt des Wirtstieres, wandern durch Leber und Lunge und siedeln sich als Adultstadien im Darm an. Pferde scheiden die Spulwurmeier 10 - 16 Wochen nach Infektion mit dem Kot aus. In den Eiern entwickelt sich das infektiöse dritte Larvalstadium. Liegt die Umgebungstemperatur im Optimum von 25°C bis 35°C, benötigt diese Entwicklung zwei Wochen. Bei niedrigeren Temperaturen dauert sie länger bzw. sie unterbleibt bei Temperaturen unter 10°C. Die Eier sind 12 Monate und länger überlebensfähig. Die Larven können in den Eiern überwintern. Da die Larven nicht in der Außenwelt schlüpfen, können sie sich nicht aktiv bewegen. Dadurch, dass Spulwurmweibchen eine große Zahl an Eiern produzieren und dadurch, dass die Eier adhäsive Eigenschaften haben, wodurch sie leicht an Gegenständen kleben bleiben, wird die Wahrscheinlichkeit einer passiven Verteilung erhöht (Hiepe, 1985; Clayton, 1986; Eckert et al., 2008).

##### 2.3.2.4.2 Pathogenese: Parascariose

Durch die Körperwanderung der Spulwurmlarven können Schäden an Leber und Lunge auftreten. In erster Linie kommt es zu respiratorischen Symptomen wie Husten und Nasenausfluss, manchmal ist auch Fieber zu beobachten. Spätere Symptome der Parascariose sind Abmagern, Durchfall und Koliken. Bei starker Infektion können die adulten Stadien zu einer Darmperforation führen (Clayton, 1986; Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.5 Pfiemenschwänze

##### 2.3.2.5.1 Entwicklungszyklus der Pfiemenschwänze und Infektionswege

Die Ansteckung mit Pfiemenschwänzen erfolgt oral-alimentär bzw. über orale Schmutzinfektion mit larvenhaltigen Eiern. Die Larven der Pfiemenschwänze entwickeln sich im Darmtrakt der Pferde zu den Adultstadien, die im Dickdarm leben und sich dort an der Darmschleimhaut festsaugen. Zur Eiablage wandert das Weibchen aus dem Anus aus und legt bis zu 60 000 Eier in Form von Eischnäuren ab. Diese verursachen einen Juckreiz, der die

Pferde dazu veranlasst, sich zu scheuern und so die Eier in der Umgebung abzustreifen. Innerhalb von 3-5 Tagen entwickeln sich in den Eiern die infektiösen L3. Die Aufnahme der infektiösen Stadien findet im Stall oder auf den Weiden statt, für die Entwicklung der Oxyuren bestehen in Ställen günstigere Bedingungen. Daher ist die Oxyuriose primär eine Stallinfektion (Hiepe, 1985; Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.5.2 Pathogenese: Oxyuriose

Pfriemenschwänze stören das Wohlbefinden der Tiere durch das Hervorrufen eines starken Juckreizes in der Aftergegend, der durch weibliche Würmer während der Eiablage verursacht wird. Dadurch kommt es zur Unruhe der Tiere und zum Schweifscheuern (Hiepe, 1985; Eckert et al., 2008).

#### 2.3.2.6 Zwergfadenwürmer

##### 2.3.2.6.1 Entwicklungszyklus der Zwergfadenwürmer und Infektionswege

Die infektiösen Stadien der Zwergfadenwürmer sind die L3. Sie können percutan in den Wirt eindringen oder per os aufgenommen werden. Die Infektion der Fohlen erfolgt hauptsächlich transmammär. Im Wirt vollziehen die Larven entweder einen trachealen oder einen somatischen Wanderweg. Die Präpatenz beträgt meist 10 - 14 Tage. Werden die infektiösen Larven laktogen aufgenommen, ist die Präpatenz allerdings kürzer. Dies liegt vermutlich daran, dass sich die Larven hierbei ohne Körperwanderung im Darm ansiedeln. Als Folge eines somatischen Wanderwegs gelangen die Larven in das Eutergewebe laktierender Stuten, so dass die infektiösen Larven vom Fohlen über die Milch aufgenommen werden (Lyons et al., 1973; Hiepe, 1985; Rommel et al., 2000; Eckert et al., 2008).

##### 2.3.2.6.2 Pathogenese: Strongyloidose

Eine Infektion mit Zwergfadenwürmern führt bei Fohlen zu Durchfall. Nur sehr selten und bei hoher Infektionsrate werden schwerwiegendere Symptome mit teilweise tödlichem Verlauf beobachtet (Lyons et al., 1973; Hiepe, 1985; Eckert et al., 2008).

## 2.4 Immunantwort auf Parasiten

Eine Immunität gegen gastrointestinale Nematoden wird mit einer Hochregulation der von Th-2 T-Zellen gebildeten Zytokine assoziiert. Zu diesen Zytokinen gehören IL-4, IL-5, IL-6, IL-9, IL-10 und IL-13 (Finkelman et al., 1997). Die Th2-Zytokine sind zumindest teilweise für den Anstieg der Eosinophilen, Mastzellen und des IgE verantwortlich. Diese Effektoren werden mit einer Hypersensitivität vom Soforttyp und einer Immunität gegen gastrointestinale Nematoden in Verbindung gebracht. Definitive experimentelle Beweise für diese Hypothese sind jedoch schwierig zu erlangen (Bell, 1996). Im Mäusemodell konnte eine zentrale Rolle von IL-4 und IL-13 für einen immunvermittelten protektiven Mechanismus ermittelt werden

(Urban et al., 1998). Ein Anstieg von IL-4 ist allerdings nicht mit einer Resistenz gegen alle gastrointestinalen Nematoden verbunden.

Davidson und Mitarbeiter untersuchten verschiedene Zytokine im Darm von an Colitis erkrankten Pferden. Während sie das Th-1-Zytokin TNF $\alpha$  bei fast allen an Colitis erkrankten Pferden nachweisen konnten, gelang der Nachweis bei drei Tieren, die gleichzeitig eine Cyathostominose hatten, nicht (Davidson et al., 2002).

Antikörper gegen Cyathostomen werden mit dem Kolostrum von Stuten auf ihre Fohlen übertragen. Nach 5 – 6 Wochen sind die Antikörper allerdings nicht mehr nachweisbar. Ob diese Tatsache einen Einfluss auf die nachfolgende Entwicklung der Immunreaktion gegenüber Infektionen hat, ist unbekannt.

In einer Studie wurden zwei Fohlengruppen, die mit den Stuten aufwuchsen, miteinander verglichen. In der einen Gruppe erhielten die Fohlen ein Anthelminthikum, in der anderen nicht. Wurden Fohlen mit Cyathostomen infiziert, entwickelten sie in der Gruppe, die kein Anthelminthikum erhalten hatten, Antikörper, in der anderen dagegen nicht. Wenn Ponys in einer parasitenfreien Umgebung gehalten und Cyathostomen in Darmlumen und –schleimhaut durch Behandlung beseitigt wurden, fielen die Antikörpertiter innerhalb von 6 Wochen auf den normalen Referenzbereich. Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass die kontinuierliche Präsenz der Parasiten oder die dauerhafte Infektion durch L3 für die Aufrechterhaltung des Antikörpertiters erforderlich ist (Klei & Chapman, 1999).

Die gebräuchlichste Bestimmung der zellulären Reaktion auf Nematodeninfekte ist der Nachweis einer Eosinophilie. In einer Studie an Ponys, die mit durch Bestrahlung inaktivierten L3-Stadien gegen *Strongylus vulgaris* immunisiert worden waren, fand sich nach Infektion gegenüber nicht-immunisierten Tieren ein signifikanter Anstieg der intestinalen Eosinophilen (Monahan et al., 1994). Collobert-Laugier et al. (2000a) fanden bei natürlich mit Cyathostomen infizierten Pferden altersabhängig signifikante Unterschiede in der Zellzahl. In der jüngsten Gruppe (6 – 24 Monate) war der Dickdarm vorwiegend durch Eosinophile infiltriert. Bei den älteren Tieren (2 – 10 Jahre) nahm die eosinophile Infiltration zu, d. h. die Zahl von in der Schleimhaut nachweisbaren Eosinophilen im Colon war gegenüber jüngeren Tieren größer. In der Gruppe der über 10 Jahre alten Tiere dominierte eine generalisierte Infiltration der Dickdarmschleimhaut durch Mastzellen. Welcher Zusammenhang mit Cyathostomeninfektionen besteht, ist unklar. Vermutlich haben die genannten Zelltypen keine protektive Wirkung gegen Cyathostomeninfektionen (Collobert-Laugier et al., 2002a).

#### 2.4.1 Immunantwort auf Cyathostomen

Gegen Cyathostomen entwickelt sich keine vollständige Immunität. Dies lässt sich aus der Beobachtung schließen, dass unabhängig vom Alter und der schon bestehenden Häufigkeit von Infektionen bei Pferden Cyathostomen vorkommen. Es wird jedoch vermutet, dass sich eine inkomplette Immunität bildet. Diese Immunität entwickelt sich langsam und wird gegen

verschiedene Stadien der Cyathostomen ausgebildet. Dabei scheint sie sich, je mehr sie ausreift, um zusätzliche Angriffspunkte zu erweitern (Klei & Chapman, 1999).

Nachfolgend sind Effekte aufgeführt, die die ausgereifte Immunität gegen Cyathostomen kennzeichnen sollen:

- Es wird eine Entwicklungshemmung (Hypobiose) induziert. Dadurch kommt es zu verhältnismäßig hohen Zahlen von EL3 (Love & Duncan, 1992; Chapman et al., 2002) und damit zur Verlängerung der Präpatenz (Smith, 1978; Love & Duncan, 1992)
- Die Eiausscheidung durch adulte Würmer nimmt ab (Smith, 1978; Love & Duncan, 1992) [Immunfaktoren haben vermutlich einen Effekt auf die Fruchtbarkeit der adulten Weibchen (Lloyd & Soulsby, 1987) ]
- Eine (inkomplette) Immunität gegen Reinfektion wird durch folgende Mechanismen erreicht (Monahan et al., 1998; Klei & Chapman, 1999):
  - eindringende L3 werden schnell wieder ausgetrieben
  - larvale Schleimhautstadien werden abgetötet und ausgetrieben
  - L4 und Adultstadien werden aktiv ausgestoßen

Es wird angenommen, dass das früheste Merkmal der Immunitätsentwicklung die Induktion der Hypobiose ist (Love & Duncan, 1992; Chapman et al., 2002). Sie kann schon bei Jungtieren, die zuvor nur geringen Strongylidenkontakt hatten, beobachtet werden: Nach Infektion haben diese Pferde im Vergleich zu Parasiten-naiven Tieren einen prozentual höheren Anteil an EL3, aber keine geringere Gesamtzahl der Wurmbürde (Chapman et al., 2002). Diese Beobachtungen unterscheiden sich von den Ergebnissen Monahans (1998), der keinen höheren Anteil an EL3 bei Fohlen mit vorhergehendem Parasitenkontakt im Vergleich zu Parasiten-naiven Fohlen fand (Monahan et al., 1998).

Herd und Gabel (1990) beobachteten eine signifikante Reduktion der Effektivität aller drei Anthelminthikaklassen (Ivermectin, Oxibendazol und Pyranthel) und eine verkürzte *egg reappearance period* bei Jährlingen im Vergleich zu adulten Tieren. Die Autoren vermuten aufgrund der bei Jungtieren mangelhaft ausgebildeten Immunität eine höhere Anzahl von in der Darmschleimhaut eingekapselten Larven, die von dem Anthelminthikum nicht erreicht werden (Herd & Gabel, 1990).

Es wird diskutiert, dass der Ausstoß von luminalen Stadien eine schon früh geschehende, unspezifische Immunantwort ist, die bereits bei Parasiten-naiven Tieren vorkommt (Monahan et al., 1997). Des Weiteren scheint bei Tieren, die schon eine vorausgegangene Infektion hatten, eine weitere Infektion den Ausstoß von Schleimhautstadien zu induzieren (Monahan et al., 1997; Klei & Chapman, 1999). Dieser als „self-cure“ bezeichnete Effekt wurde vorab schon bei Rindern beschrieben (Lloyd & Soulsby, 1987).

Eine geringere Eiausscheidung und eine direkte Elimination aller Parasitenstadien tritt erst nach wiederholtem, über einen längeren Zeitraum erfolgreichem Parasitenkontakt ein und ist

ein Kennzeichen der vollständig ausgereiften Immunität gegen kleine Strongyliden (Love & Duncan, 1992; Klei & Chapman, 1999).

Pferde, die bereits mit der Ausbildung einer Immunität gegen Strongyliden begonnen haben, scheinen bei Infektion weniger Symptome (wie Fieber, Fressunlust und Apathie) zu zeigen (Monahan et al., 1997). Durch eine sehr häufige anthelminthische Behandlung (z.B. einer täglichen Gabe von Pyrantel) wird die Entwicklung der Immunantwort unterdrückt (Monahan et al., 1997; Chapman et al., 2002).

Eine Vererbbarkeit von Resistenzen der Pferde gegen Helminthen wurde nicht beschrieben. Bis jetzt konnten nur bei Schafen Anhaltspunkte dafür gefunden werden, dass die Nematodenresistenz vererbbar ist (Gruner et al., 2002).

#### 2.4.2 Immunantwort auf weitere Helminthen

Mit zunehmendem Alter nimmt die Zahl an Spulwurminfektionen bei Pferden deutlich ab (Clayton & Duncan, 1979). Dabei ist es interessant, dass sich nach Clayton und Duncan (1979) die Immunität durch die Alterung des Tieres *per se* zu entwickeln scheint, was bedeuten würde, dass sie sich unabhängig von vorhergehendem Parasitenkontakt entwickelt. Auch gegen *Strongyloides westeri* entwickelt sich mit zunehmenden Alter eine Resistenz (Lyons et al., 1973).

Der Befall mit Bandwürmern löst eine Immunantwort aus, die scheinbar zu einem altersabhängigen triphasischen Verlauf der Befallsstärke führt: Jungtiere (bis zu einem Alter von 2 Jahren) sind am stärksten befallen. Pferde im Alter von 3 bis 15 haben niedrigere Befallsstärken. Dann steigt mit zunehmenden Alter die Bandwurmbürde wieder an (Proudman et al., 1997). Hingegen konnte Behrens (2001) in ihrer Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen den von ihr untersuchten Altersklassen bezüglich des Bandwurmbefalls feststellen (Behrens, 2001).

## 2.5 Strategien zur Kontrolle der Endoparasiten

### 2.5.1 Risikofaktoren für einen Endoparasitenbefall und Maßnahmen zu deren Reduktion

Ab wann von einem starken Befall mit Strongyliden gesprochen werden kann, ist nicht eindeutig definiert. Mit der Untersuchung des Kots sind keine Rückschlüsse auf die tatsächlich im Tier vorhandene Wurmbürde möglich. So merkt auch Uhlinger an, dass alle EpG-Werte (Eier pro Gramm Kot) arbiträre Zahlen sind, die mit der tatsächlichen Zahl des Wurmbefalls kaum in Zusammenhang stehen (Uhlinger, 1993; Uhlinger, 2007). Außerdem ist nicht bekannt, ab welcher Wurmbürde von einem pathogenen Effekt auf den Wirt geschlossen werden kann. Deshalb sind die Grenzwerte, mit denen zwischen einem starken und einem geringen Befall unterschieden wird, je nach Studie unterschiedlich. Der EpG sollte so hoch liegen, dass bei diesem Wert die Infektion noch zur Ausbildung einer Immunität führt, aber so

gering, dass das Risiko einer Erkrankung und die Umgebungskontamination gering gehalten werden (Uhlinger, 1993). Der Grenzwert wurde nach diesen Kriterien von Larsen et al. (2002) für das Einzeltier bei einem EpG von 200 und bei Dopfer et al. bei einem EpG von 100 (Dopfer et al., 2004) gewählt. Reinemeyer empfiehlt beim Einzeltier einen EpG-Grenzwert von 400, Uhlinger von 500. Jedoch sollte dabei der mittlere EpG-Wert der Herde zwischen 200 und 300 liegen (Uhlinger, 1993).

Bei den Nematodeninfektionen ist das Alter der Tiere ein häufig genannter Risikofaktor: Jungtiere haben die höchsten Befallsraten mit MDS und Spulwürmern, da die Immunität noch nicht ausgereift ist (Clayton & Duncan, 1979; Klei & Chapman, 1999). Auch Larsen et al. beobachteten bei Jungtieren den stärksten Befall mit MDS; dabei hatten Jährlinge ein noch höheres Risiko als Fohlen, stark befallen zu sein. Sie hatten dafür zwei Erklärungsansätze: Entweder hatten die Fohlen bis zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht genügend Gelegenheit sich zu infizieren, oder bei den Fohlen befanden sich die meisten Strongyliden im Zustand der Hypobiose (Larsen et al., 2002). Nach einer Studie von Dopfer haben Pferde im Alter zwischen 6 und 23 Jahren das niedrigste Risiko einer Infektion, bei Pferden >23 Jahren kommt es wieder zu einem Anstieg der Infektionsanfälligkeit (Dopfer et al., 2004).

Bei den „phänotypischen“ Eigenschaften des Einzeltiers deutet die Studie von Dopfer (Dopfer et al., 2004) darauf hin, dass Stuten ein höheres Risiko einer hohen Strongylideneiausscheidung haben als Hengste. Sie erklärten dies mit einer höheren Infektionswahrscheinlichkeit von Stuten. Diese verbringen deutlich mehr Zeit auf den Weiden als Hengste und werden vermehrt mit Jungtieren zusammen gehalten die, wie oben angeführt, häufig eine hohe Eiausscheidung haben. Behrens beobachtete bei Stuten ebenfalls signifikant häufiger Bandwürmer als bei Hengsten; auch sie erklärte dies mit vermehrtem Weidegang der Stuten (Behrens, 2001).

Auf Ställen, die einen stark fluktuierenden Bestand mit vielen Neuzugängen und Gastpferden haben, besteht eine erhöhte Infektionsgefahr durch die Einstallung eventuell stark verwurmter Pferde. Auch können dadurch Parasitenspezies in den Bestand gebracht werden, die dort vorher noch nicht vorhanden waren. Deshalb sollte jedes neu eingestellte Pferd (unabhängig von der Dauer des Aufenthaltes im Stall) entwurmt und erst nach einer Quarantäne von drei Tagen auf die Weiden verbracht werden, da kurz nach der Entwurmung noch infektiöse Stadien ausgeschieden werden. Larsen et al. konnten mit der Regressionsanalyse feststellen, dass Höfe, die ihre Gastpferde entwurmen, weniger Parasiten haben als Höfe, die dies nicht regelmäßig tun (Larsen et al., 2002).

Die Nutzungsart der Pferde scheint ein weiteres Risiko zu sein: Larsen et al. konnten für Pferde, die in Reitschulen gehalten werden, ein höheres Risiko berechnen und erklärten dies mit einer geringeren Sorgfalt der Parasitenbekämpfung bei aus kommerziellem Interesse gehaltenen Tieren (Larsen et al., 2002).

Bedingt durch die meist auf den Weiden stattfindenden Lebenszyklen der Parasiten sind Pferde, die viel Weidegang haben, stark gefährdet, sich mit Endoparasiten zu infizieren (Dopfer et al., 2004). Dabei ist der Infektionsdruck auf Weiden mit hoher Besatzdichte besonders stark.

Im Folgenden sind Maßnahmen benannt, mit denen der Infektionsdruck auf den Weiden reduziert werden kann:

### **Weidewechsel**

Durch Phasen, in denen die Weiden ruhen, also nicht begrast werden (wie es zum Beispiel bei Umtriebsweiden oder durch die Portionierung einer Weide erreicht wird), wird der Lebenszyklus der infektiösen Larven mangels Wirt unterbrochen (Herd, 1986a; Bjorn et al., 1991). Durch Studien, die die lange Überlebenszeit von infektiösen Larven nachweisen, wird allerdings deutlich, dass eine Weide in den gemäßigten Klimazonen auch bei längeren Ruhephasen nicht völlig frei von Larven wird. Bei frühem Abtrieb im August/September und spätem Austrieb erst Ende Mai wird die Infektiosität der Weide aber effektiv reduziert (Duncan, 1974; Hasslinger & Bittner, 1984). Umtriebsweiden wurden in der statistischen Auswertung von Larsen et al. als Faktor mit hohem Risiko identifiziert. Es wurde vermutet, dass dabei auf noch zu stark kontaminierte Weiden umgetrieben wurde (Larsen et al., 2002).

### **Absammeln von Kot**

Eine sehr häufig empfohlene Maßnahme ist das Absammeln von Kot von den Weiden (Herd, 1986c). Es wird dabei als ausreichend angesehen, den Kot nur zwei mal in der Woche abzusammeln, da in dieser Zeit weder Askariden- noch Strongylyden die Zeit haben, sich zu infektiösen Stadien zu entwickeln bzw. sich auf den Weiden zu verteilen (Herd, 1986c; Duncan & Love, 1991). In einem Versuch teilte Herd 72 Pferde mit Weidegang in 6 Gruppen ein, von denen 4 mit Anthelminthika behandelt wurden und zwei unbehandelt blieben. Bei einer der unbehandelten Gruppen wurde zweimal wöchentlich der Kot von der Weide entfernt. Auf der Weide der letztgenannten Gruppe war die Larvendichte nach dem Versuch am niedrigsten (Herd, 1986a). Das manuelle Absammeln von Kot ist arbeitstechnisch häufig nur auf kleinen Betrieben möglich. Für größere Betriebe wurde ein Vakuumsauger entwickelt (Herd, 1986c).

### **Schleppen der Weiden**

Aus den im Kapitel 2.3.2.1.6 genannten Beobachtungen, dass Strongylydenstadien in intakten Kotballen gut überleben können, begründet sich auch die Empfehlung, den Kot durch weidetechnische Maßnahmen zu zerteilen und zu verstreuen [Parnell, 1936 zitiert nach (Nielsen et al., 2007)]. Dadurch wird ein Vertrocknen der Larven gefördert (Larsen et al., 2002). Bei feuchtem Wetter wird deshalb von dieser Praxis abgeraten: In diesem Fall werden die infektiösen Larven sogar in ihrem bei Feuchtigkeit bestehendem Bestreben unterstützt,

sich auf der gesamten Weidefläche zu verteilen, um dann an den Grashalmen empor zu wandern.

### **Verhindern der Aufnahme von taunassem Gras**

Infektiöse L3 finden sich in den Morgenstunden vermehrt am Weidegras (Hasslinger & Bittner, 1984). Werden die Pferde erst nach dem Morgentau auf die Weiden getrieben, nehmen sie beim Grasens eine geringere Menge infektiöser Larven auf.

### **Entfernen von Geilstellen**

Vor allem an Geilstellen, den von Pferdekot kontaminierten Grasnarben, findet sich eine besonders hohe Larvendichte, weshalb das Entfernen dieser Areale auch erfolgreich die Weideinfektiosität verringern kann (Herd, 1986a).

### **Wechselbeweidung**

Da beobachtet wurde, dass Wiederkäuer die Geilstellen der Equiden abgrasen, wird auch häufig eine Wechselbeweidung mit Schafen und Rindern empfohlen (Eysker et al., 1983; Eysker et al., 1986; Herd, 1986b). Eysker konnte in seinen Versuchen bei Wechselbeweidung eine niedrigere Strongylidenlarvendichte auf den Weiden feststellen, die Gruppengrößen waren mit meist drei Pferden pro Gruppe jedoch sehr gering. Die meisten Parasiten der Wiederkäuer sind für Pferde nicht infektiös, eine Ausnahme bildet *Trichostrongylus axei*, der beim Pferd zu einer Gastritis führen kann. *Trichostrongylus axei* wurde nach Wechselbeweidung vermehrt bei Pferden festgestellt (Eysker et al., 1983). Im Widerspruch dazu stellte sich bei Larsen et al. die Wechselbeweidung als Risikofaktor für einen hohen Befall mit Strongyliden dar, sie vermuten dabei als Ursache eine fehlerhafte Durchführung dieser Maßnahme (Larsen et al., 2002).

### **Risiken durch Düngung vermeiden**

Es sollte unterbleiben, nicht hygienisierten Pferdekot als Dünger zu benutzen. Nach einer Rottezeit von 3 Wochen bis zu 2 Monaten kann der Mist allerdings auf Weiden ausgebracht werden, da Dauerstadien der Parasiten durch die hohen Temperaturen die bei der Rotte von Festmist entstehen, abgetötet werden (Eckert, 2000).

### **Risikominderung durch Stallhygiene**

Eine Infektion mit Strongyliden, Spulwürmern und insbesondere Oxyuren erfolgt auch in den Ställen (Hiepe, 1985). Gute Stallhygiene (regelmäßiges Misten und das Reinigen des Stalles) vermindert somit auch das Infektionsrisiko, welches von diesen Parasiten ausgeht.

### **Strategisches Entwurmen**

Höfe, auf denen die Pferde regelmäßig in Abständen von drei oder sechs Monaten entwurmt wurden, hatten häufig einen gleichbleibend niedrigen EpG (Dopfer et al., 2004).

Die Effizienz einer Entwurmung wird durch begleitende weide- und stallhygienische Maßnahmen verbessert. So konnte Monahan feststellen, dass Pferde durch eine tägliche Gabe

von Pyranthel vor einer Infektion mit Strongyliden an sich gut geschützt wurden, sich auf einer stark kontaminierten Weide jedoch trotzdem infizierten (Monahan et al., 1997).

Das Entwurmen zu strategisch günstigen Zeitpunkten wird schon seit längerer Zeit empfohlen (Herd & Coles, 1995). Dabei sollen alle Pferde vor Weideaustrieb im Frühjahr entwurmt werden, um die Kontamination der Weiden so gering wie möglich zu halten. Eine weitere Entwurmung sollte im Hochsommer erfolgen, um den Anstieg der Eiausscheidung und die dadurch vermehrte Weidekontamination zu unterbrechen. Mit einer Behandlung nach Weideabtrieb soll die in den Pferden verbleibende Wurmpopulation eliminiert werden. Larsen konnte auf Höfen mit strategischer Behandlung allerdings kein vermindertes Risiko für Strongylideninfektionen feststellen (Larsen et al., 2002). Unter der Annahme, dass durch Befolgen der Ratschläge durch den Tierarzt die Wurmbekämpfung besonders effektiv ist, wurde dieser Einfluss im Regressionsmodell berechnet. Dabei stellte sich allerdings heraus, dass Höfe, die den Tierarzt hinsichtlich Entwurmungsmaßnahmen zu Rate ziehen, einen stärkeren Befall aufweisen. Die Autoren erklären dies mit einem Selektionsbias: Die an der Untersuchung teilnehmenden Betriebe wurden durch Tierärzte ausgesucht und deren Kriterium zur Auswahl eines Betriebes war häufig die Vermutung, dass dort ein Problem mit Helminthen vorliegt (Larsen et al., 2002).

### 2.5.2 Anthelminthika

Benzimidazole (Fenbendazol, Febantel, Tiabendazol, Mebendazol), Tetrahydropyrimidine (Pyrantelembonat) und makrozyklischen Laktone (Ivermectin, Moxidectin) werden gegen die Nematodeninfektionen des Pferdes eingesetzt. Ihr Wirkungsspektrum umfasst fast alle wichtigen Nematoden des Pferdes. Pyrantelembonat, Febantel und Mebendazol wirken jedoch nicht gegen *Strongyloides westeri*. Zur Bekämpfung von Zestoden ist Praziquantel das wirksamste Präparat. Pyrantelembonat hat bei erhöhter Dosis auch eine variable Wirkung gegen Bandwürmer (Ungemach, 2002).

### 2.5.3 Anthelminthikaresistenzen

Anthelminthikaresistenzen entstehen, wenn Helminthen eine Anthelmintikabehandlung überlebt haben und ihre Gene an die Folgegeneration weiter geben. Das Ausmaß der Resistenzentwicklung richtet sich nach dem Umfang der Weitergabe dieser Gene.

Der Umfang wird beeinflusst durch die Behandlungsfrequenz, die Effizienz des Medikaments, die Lebenserwartung und Fruchtbarkeit des adulten Parasiten-Weibchens, die Rate der Larvenaufnahme, die Eiabgabe, das Weidemanagement und das Wetter. Auch der Wirt spielt dabei durch die Ausbildung einer erworbenen Immunität eine Rolle (Barnes et al., 1995).

Da das System „Parasit-Wirt-Umwelt“ sehr komplex ist und durch viele Störfaktoren beeinflusst wird, haben Barnes et al. (1995) mit einem mathematischen Modell versucht,

Strategien zur Verlangsamung einer Resistenzentwicklung zu simulieren. Nach Barnes und Mitarbeitern führen minimaler Anthelminthikaeinsatz, Weidemanagement und die Anwendung mehrerer Anthelminthika gleichzeitig zu einer Verlangsamung der Resistenzentwicklung (Barnes et al., 1995).

Auch von anderen Autoren wird empfohlen, so wenig wie möglich zu behandeln, um die Resistenzentwicklung zu verlangsamen (Waller, 1987). Van Wyk betont die Bedeutung von Refugien für die Verhinderung von Anthelminthikaresistenzen. Refugien sind Bereiche, in denen die Parasiten nicht von Anthelminthika erfasst werden können. Dadurch überleben in diesen Rückzugsgebieten auch die Strongyliden, die noch sensibel für ein bestimmtes Entwurmungsmittel sind. Wird die Parasitenpopulation innerhalb dieser Refugien gefördert, kann verhindert werden, dass sich nur noch anthelminthikaresistente Parasiten vermehren (van Wyk, 2001).

Resistenzen der kleinen Strongyliden gegen Benzimidazole sind weltweit verbreitet (Bauer, 1983; Wirtherle et al., 2004). Auch gegen Pyranthel wurden Resistenzen gebildet (Chapman et al., 1996; Little et al., 2003; Traversa et al., 2007b). Bei den makrozyklischen Laktonen wurden noch keine Resistenzen gesichert, es wurden jedoch Wirksamkeitsverluste vermutet (Fritzen, 2005). Es gibt außerdem Berichte über Resistenzen der Spulwürmer gegen Ivermectin (Boersema et al., 2002; Hearn & Peregrine, 2003; Slocombe et al., 2007).

#### 2.5.4 Übersicht über empfohlene Bekämpfungsstrategien

Zur Kontrolle der kleinen Strongyliden können noch keine abschließenden Empfehlungen gegeben werden. Dazu fehlen ausreichende Kenntnisse über Populationsdynamik, Hypobiose und Wirtsresistenzen (Reinemeyer, 1999) sowie über die Bedeutung, die die Cyathostomen bei Erkrankungen des Pferdes haben und über Möglichkeiten der Vorbeugung (Uhlinger, 2007). Auch die geringe Aussagekraft des Eizahlreduktionstests macht die Einschätzung des Erfolges einer Behandlung mit Anthelminthika schwer (Uhlinger, 2007).

Entsprechend gibt es sehr verschiedene empfohlene Entwurmungsschemata. Dabei tendieren neuere Empfehlungen meist zu einem möglichst geringen Anthelminthikaeinsatz. Dies zum einen, um die Entwicklung von Anthelminthikaresistenzen zu verlangsamen, zum anderen, weil eine absolute Wurmfreiheit nicht erreicht werden kann und auch nicht angestrebt werden sollte, da sich sonst keine Immunität bei den Pferden ausbildet (Herd, 1990, 1993; Uhlinger, 1993).

Um die Umgebungskontamination bestmöglich zu vermeiden und dadurch die kleinen Strongyliden zurückzudrängen, wurde eine sehr häufige Behandlung in Intervallen, die der Präpatenz der kleinen Strongyliden entsprechen oder sogar noch kürzer waren, empfohlen (Drudge & Lyons, 1966). Dies hatte keinen Erfolg im Sinne der Reduktion der Prävalenz der kleinen Strongyliden, vielmehr kam es zur Entwicklung von Anthelminthikaresistenzen (Herd, 1990). Allerdings wurde damit bei den großen Strongyliden ein deutlicher Rückgang

der Prävalenz erzielt, was dadurch erklärt wurde, dass die häufigen Behandlungsintervalle deutlich kürzer als die Präpatenz der großen Strongyliden waren (Reinemeyer et al., 1984; Herd, 1990).

Ein anderes, weit verbreitetes Behandlungsschema ist das strategische Behandeln. Mit diesem Schema wird versucht, die Populationsdynamik der Strongyliden zu berücksichtigen. Dabei werden die Tiere bei Weideaustrieb, bei Aufstallung und eventuell noch zusätzlich im Sommer behandelt. Außerdem gehört zu einer strategischen Behandlung das Entwurmen von Neuzugängen mit anschließender Quarantäne (Bauer & Hertzberg, 2002; Eckert et al., 2008). Besonders betont wird auch die Notwendigkeit eines Monitorings durch regelmäßige Kotuntersuchungen und Eizahlreduktionstests, mit dem frühzeitig Wirksamkeitsverluste erkannt werden können (Herd, 1993). Regelmäßige Kotuntersuchungen sind ein Bestandteil des im Folgenden genauer beschriebenen selektiven Behandelns.

#### 2.5.4.1 Selektive Behandlung

Die Beobachtung, dass ein kleiner Teil einer Pferdepopulation den großen Teil einer Wurmbürde trägt, führte zu mehreren Studien mit dem Ansatz einer ausgewählten bzw. gezielten Behandlung: „*Selective Treatment*“. Unter dieser selektiven Behandlung versteht man zwei Therapiemöglichkeiten: In einem Fall werden nur wurmpositive Tiere behandelt, im anderen Fall nur Tiere, die wurmpositiv sind und zusätzlich eine hohe Eiausscheidung haben (Duncan & Love, 1991; Krecek et al., 1994; Little et al., 2003; Dopfer et al., 2004; Matthee & McGeoch, 2004; Eysker et al., 2006).

Bei gezielter Behandlung eines als behandlungswürdig betrachteten Teils einer Pferdeherde bleibt die mittlere Eizahl der Herde auf einem akzeptablen EPG-Wert konstant. So beobachteten Duncan und Love in einem Versuch mit 25 Pferden, dass die mittlere Eizahl einer Pferdeherde konstant blieb, wenn nur die positiven Tiere der Herde behandelt wurden (Duncan & Love, 1991). Voraussetzung für die selektive Behandlung ist eine regelmäßige koproskopische Untersuchung der Tiere. Als sinnvolle Zeitabstände werden 3 bis 4 Wochen, aber auch 6 Monate angegeben (Nielsen et al., 2006a). Es besteht aber auch die Möglichkeit, lediglich eine repräsentative Stichprobe der Herde zu untersuchen (Dopfer et al., 2004; Matthee & McGeoch, 2004; Nielsen et al., 2006a; Eysker et al., 2008). Die Auswahl der Tiere mit Zufallszahlen beim Strongylidenbefall der Pferde wird hierbei als nicht geeignet angesehen, da der Befall ungleichmäßig verteilt ist, und ein kleiner Teil der Herde den Großteil der Wurmbürde trägt (Nielsen et al., 2006b).

Gomez und Georgi sowie Dopfer und Mitarbeiter beobachteten in einem Zeitraum von 1 Jahr bzw. 6 Wochen an 484 Tieren konstante EpG-Werte bei einem Großteil der Pferde (Gomez & Georgi, 1991; Dopfer et al., 2004). Dopfer schlug daher vor, die Zahl der Kotuntersuchungen zu reduzieren (Dopfer et al., 2004). Nach Nielsen ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass Pferde mit niedrigen EpG-Wert auch nach einjährigem Intervall einen unter dem Grenzwert liegenden EpG-Wert aufweisen (Nielsen et al., 2006a). Die

Wahrscheinlichkeit wurde mit 84 – 91 % berechnet. Andererseits liegt die Wahrscheinlichkeit für die Überschreitung des Grenzwerts nach einem Jahr für Pferde, die bereits bei der ersten Untersuchung über dem Grenzwert lagen, bei 59 %. Unabhängig davon, ob ein Pferd behandelt wird oder nicht, scheint es immer Tiere mit einer Veranlagung für eine hohe Eiausscheidung zu geben (Nielsen et al., 2006a). Nach Nielsen kann man aufgrund der unzureichenden Datenlage jedoch nicht empfehlen, nur Tiere mit einer Tendenz zur hohen Eiausscheidung zu untersuchen und selektiv zu behandeln. Bei einem solchen Vorgehen würde man eventuell starke Infektionen übersehen und unzureichend behandeln (Nielsen et al., 2006a). Als Kotuntersuchungsmethode wird bei allen Studien die Methode nach McMaster angewendet.

Für ein selektives Behandeln sprechen zwei Argumente. Einerseits wird damit der Resistenzentwicklung entgegen gewirkt, andererseits wirkt sich die geringere Zahl an anthelminthischen Behandlungen finanziell vorteilhaft aus (Krecek et al., 1994; Matthee & McGeoch, 2004).

So konnte die Anzahl der Behandlungen in der Studie von Krecek (1994) und Matthee und McGeoch (2004) um ca. 50%, von Little (2003) bei den adulten Tieren um 78% und den Fohlengruppen um 53% reduziert werden, wenn nicht die konventionelle Entwurmung aller Tiere, sondern nur die ausgewählter „Hochausscheider“ erfolgte.

Nach Duncan und Little müssen Jungtiere häufiger behandelt werden (Duncan & Love, 1991; Little et al., 2003). Jungtiere scheinen durch Strongylideninfektionen auch stärkere klinische Erscheinungen zu haben (Uhlinger, 1991; Mair, 1994). Matthee und McGeoch raten daher bei Jungtieren von einem selektiven Behandeln ab, da bei Jungtieren meist nahezu alle Individuen eine hohe Eiausscheidung haben und sich Jungtiere auch schneller reinfizieren (Matthee & McGeoch, 2004).

Die Eizählung im Kot gibt nur Aussagen über die Eiproduktion der adulten Wurmweibchen und somit keine Auskunft über die Wurmbürde (siehe Kap.2.7.1.2). Trotzdem wird von Matthee und McGeoch (2004) folgende Einstufung als generell akzeptiert angesehen: FEC unter 200 sind niedrig, von 500-800 moderat und über 1000 hoch. Der Grenzwert für das Behandeln eines Pferdes unterscheidet sich hierbei in den verschiedenen Studien: Duncan and Love behandelten Pferde bei positiver Eizählung, Matthee und McGeoch bei einem EpG über 100, Nielsen und auch Döpfer bei einem EpG über 200, Little bei einem EpG über 200 (wobei Little Pferde unter 2 Jahren bei einem EpG über 100 behandelte) und Krecek ab einem EpG von über 300 (Duncan & Love, 1991; Little et al., 2003; Döpfer et al., 2004; Matthee & McGeoch, 2004; Nielsen et al., 2006a).

Die Zahlen der in den Studien zum selektiven Behandeln einbezogenen Tiere waren bei Duncan 25, bei Krecek 63, Matthee 52 und bei Nielsen 424 Tiere (Duncan & Love, 1991; Krecek et al., 1994; Matthee & McGeoch, 2004; Nielsen et al., 2006a). Die Studien wurden meist ein Jahr lang durchgeführt, bei Nielsen lief sie über drei Jahre (Nielsen et al., 2006a). In

Pferdeherden mit selektiver Behandlung konnten keine den Parasiten zugeschriebenen Erkrankungen beobachtet werden.

Krecek untersuchte den Effekt einer selektiven Behandlung, indem er 21 Ponys mit Weidegang und 42 Ponys ohne Weidegang per Zufall in zwei Gruppen aufteilte, von denen eine konventionell (vier mal im Jahr) und die andere selektiv behandelt wurde. Für die selektive Behandlung war das Kriterium für das Entwurmen eines Pferdes ein EpG von über 300. Über die Versuchslaufzeit unterschied sich die mittlere Eizahl der beiden Gruppen mit Weidegang dabei nicht deutlich voneinander. Krecek empfahl daher das selektive Behandeln: zum einen weil es für den Pferdehalter einen finanziellen Nutzen bringt, zum anderen, weil es eine Maßnahme ist, die die Resistenzentwicklung gegen Anthelminthika verzögert (Krecek et al., 1994).

Mathee und McGeoch führten eine 12-monatige Studie auf 8 Höfen mit insgesamt 12 Pferdeherden in Südafrika durch. Die Herden unterschieden sich in der Altersstruktur. Neben Herden mit erwachsenen Stuten wurden auch Jährlings- und Fohlenherden untersucht. Die Kotuntersuchung aller Tiere oder einer repräsentativen Stichprobe bei den meisten der adulten Stutenherden erfolgte monatlich oder häufiger. Auf einem der Höfe wurde bei einer Herde mit adulten Zuchtstuten der Ansatz des selektiven Behandelns überprüft. Der Kot aller Tiere der Herde wurde alle 4-5 Wochen mit der Methode nach McMaster untersucht. Nur Tiere mit einem EpG über 100 wurden mit einem Ivermectin-Praziquantel-Kombinationspräparat behandelt. Der mittlere EpG der Stutenherde blieb unter 300 und die Zahl der Behandlungen konnte im Vergleich zu der sonst konventionell betriebenen Behandlung (5x im Jahr) um 50% reduziert werden. Es wurden keine Erkrankungen, die Endoparasiten zugeschrieben werden, beobachtet. Aufbauend auf diese Ergebnisse wurden von Mathee und McGeoch Richtlinien zur Durchführung des selektiven Behandelns entworfen (Mathee & McGeoch, 2004).

Auf Grund der Erfahrungen mit dem selektiven Behandeln bei Rindern schlägt van Wyk die Entwicklung eines Computerprogramms vor, welches einfach zu bedienen ist und mit dem individuelle Bekämpfungsmaßnahmen zu erstellen sind (van Wyk et al., 2006).

#### 2.5.4.2 Biologische Bekämpfung

Es gibt Versuche, die Strongylidenlarven auf den Weiden durch Insekten oder Pilze zu reduzieren.

Da mehrere Käfer der Skarabäus-Arten Pferdekot als Nahrungsmittel verwenden, wurde in Queensland, Australien, der Effekt von Dungkäfern (Coleoptera-Scarabaeinae) auf freilebende Strongylidenspezies untersucht. Der Afro-Asiatische Käfer *Ontophagus gazella* kann einen Kothaufen in einer Nacht abbauen, er ist allerdings nur bei hohen Temperaturen aktiv. In der Studie konnte durch *Ontophagus gazella* die Strongylidenlarvenzahl um 60% verringert werden. Diese Reduktion wurde aber nur über einen kurzen Zeitraum hinweg erreicht: jenseits der Spitzenaktivität des Käfers an sehr heißen Tagen war die Reduktion deutlich geringer; von Mai bis Oktober erfolgte nahezu kein Kotabbau. Auch verringerte sich

die Aktivität des Käfers bei starken Regenfällen. Aus diesen Beobachtungen schlossen die Autoren, dass Dungkäfer nur einen geringen Nutzen für die Reduktion der Pferdestrongyliden in Zonen mit subtropischem Klima haben (English, 1979).

Versuche mit dem Nematoden-zerstörenden Pilz *Duddingtonia flagrans* ergaben, dass bei täglicher Fütterung von Pferden mit Chlamydosporen dieses Pilzes die Anzahl von infektiösen Strongylidenlarven signifikant reduziert werden kann. *Duddingtonia flagrans* übersteht die Darmpassage im Pferd und wird im Kot ausgeschieden. Dort entwickeln sich die Myzelien des Pilzes zu dreidimensionalen, klebrigen Netzwerken mit einer großen Menge interkalierter Chlamydosporen. In diesen Strukturen verfangen sich die Nematoden und werden so in ihrer Entwicklung gestört und abgetötet (Larsen et al., 1996; Larsen, 2000).

## 2.6 Fragebogenstudien

Mit dem längerfristigen Ziel, Bekämpfungsmaßnahmen zu optimieren, um damit insbesondere die Entwicklung von Anthelminthikaresistenzen zu verlangsamen, wurden in Europa mehrere Studien durchgeführt. In diesen Studien wurden unter Verwendung eines an Pferdebetriebe gerichteten Fragebogens Bestandsstrukturen und das Verhalten der Pferdebesitzer bezüglich Entwurmungshäufigkeiten, Entwurmungsstrategien, Weidehygiene und sonstiger Daten im Bereich der Prophylaxe und Bekämpfung von Helmintheninfektionen bei Pferden erfasst (Lendal et al., 1998; Lloyd et al., 2000; O'Meara & Mulcahy, 2002; Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005; Nielsen et al., 2006b; Lind et al., 2007b).

Die Studien unterschieden sich dabei deutlich in ihrem Design. So wurden in Schweden aus allen zugänglichen Adressen von Pferdeställen 627 Betriebe mit Zufallszahlen ausgewählt. An die ausgewählten Betriebe wurde ein Fragebogen gesandt. Für das Ausfüllen und Rücksenden des Bogens wurde ein Buch versprochen und an nicht antwortende Betriebe wurden Erinnerungsbriefe geschrieben. Der Rücklauf war mit 71% gut (Lind et al., 2007b). Auch in England wurden 450 Adressen mit Zufallszahlen ausgewählt. Es antworteten ungefähr 33% (Lloyd et al., 2000). In Irland wurden 100 Betriebe angeschrieben, der Rücklauf betrug 55% (O'Meara & Mulcahy, 2002). In Dänemark erfolgte die Auswahl der Betriebe durch 22 Tierärzte, die die Befragung in den von ihnen betreuten Betrieben anhand eines Telefoninterviews durchführten. Es wurden 68 Betriebe interviewt (Lendal et al., 1998). In Deutschland wurden in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen Daten anhand eines Fragebogens durch den Interviewer direkt auf den Höfen oder durch ein Telefonat erhoben (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005). Dabei nahmen an der niedersächsischen Studie 36% der 177 kontaktierten Pferdeställen teil (Wirtherle, 2003). In Nordrhein-Westfalen waren es 76 Betriebe, wobei nicht angegeben wird, wie viele Höfe initial kontaktiert wurden (Fritzen, 2005).

Neben dem unterschiedlichen Studiendesign machen auch die verschiedenen Zeitpunkte der Befragung eine aussagekräftige vergleichende Darstellung schwer. Die höchste

Entwurmungsfrequenz wurde in Irland und England erfasst. Die meisten Befragten gaben an, sechsmal im Jahr zu entwurmen. Teilweise wurde auf Betrieben bis zu 12 mal im Jahr entwurmt (Lloyd et al., 2000; O'Meara & Mulcahy, 2002). Auch in Deutschland wurden Fohlen bis zu 12 mal im Jahr entwurmt, im Durchschnitt jedoch nur 4,5 mal; adulte Pferde höchstens vier und im Durchschnitt 2,7 mal (Fritzen, 2005). Dänemark unterscheidet sich nur leicht von diesen Angaben. Fohlen wurden etwas seltener, adulte Pferde häufiger als in Deutschland entwurmt. Die für Dänemark angegebene Höchstzahl an Entwurmungen war 10 mal im Jahr (Lendal et al., 1998). Schwedische Pferdeställe hatten mit maximal acht und durchschnittlich 3,2 Entwurmungen im Jahr die geringsten Werte (Lind et al., 2007b).

Die Studien ähneln sich weitgehend hinsichtlich der Rotation der Anthelminthikaklassen. So werden meist zwei bis drei Anthelminthikaklassen im Jahr angewendet (Lendal et al., 1998; Lloyd et al., 2000; O'Meara & Mulcahy, 2002; Fritzen, 2005; Lind et al., 2007a; Lind et al., 2007b), am seltensten wird dabei die Gruppe der Benzimidazole genutzt (Lendal et al., 1998; Fritzen, 2005; Lind et al., 2007b).

Die Dosierung der Anthelminthika erfolgte auf allen befragten Höfen durch Gewichtsschätzung, wobei in Irland auffällig ist, dass mit 40% eine große Anzahl der Befragten das Gewicht durch ein Gewichtsmaßband oder eine Waage (und damit recht genau) ermittelten (O'Meara & Mulcahy, 2002). Auch wenn die Pferdehalter in Niedersachsen angaben, individuell nach Gewicht zu dosieren, gaben sie einem Pferd nie mehr als eine Wurmpaste, was bei einem großrahmigen Warmblutpferd zur Unterdosierung führen kann (Wirtherle, 2003).

Für ein besseres Monitoring der Anthelmintikaresistenzentwicklung wird ein Eizahlreduktionstest empfohlen. Dieser Test wird jedoch auf den meisten Betrieben Europas selten durchgeführt. So gaben in Schweden nur 1% der Höfe an, regelmäßig einen Eizahlreduktionstest durchzuführen (Lind et al., 2007b). In Irland wurde auf 41% der Höfe sporadisch ein Eizahlreduktionstest durchgeführt, davon bei 28% der Höfe jährlich oder öfter (O'Meara & Mulcahy, 2002). Im übrigen waren sich 61% der irischen Betriebe der Gefahr von Anthelminthikaresistenzen bewusst und diesbezüglich besorgt.

In Dänemark sind Anthelminthika seit 1999 verschreibungspflichtig. Mit dieser Gesetzesänderung wurde zusätzlich verboten, Anthelminthika prophylaktisch zu verabreichen. Dies führte zu einer vermehrten Anwendung von Eizahlreduktionstests in Dänemark (Nielsen et al., 2006b). So gaben 1998 25% der Betriebe an, einen Eizahlreduktionstest durchgeführt zu haben (Lendal et al., 1998). Eine spätere Befragung von Pferdetierärzten im Jahr 2006 ergab, dass diese zu 97% einen Eizahlreduktionstest durchführen. Eine Kotuntersuchung erfolgt bei den meisten Höfen zweimal im Jahr (Nielsen et al., 2006b). Die Gesetzesänderung scheint das Monitoring somit verbessert zu haben (Nielsen et al., 2006b).

Das Absammeln von Kot von den Weiden wird als eine effektive Maßnahme gesehen, um die Weidekontamination und damit die Infektionsgefahr zu mindern, wodurch auch die Häufigkeit des Entwurmens reduziert werden könnte (siehe dazu Kapitel 2.5.1). In England gaben 50% der befragten Betriebe an, einmal pro Woche den Kot abzusammeln (Lloyd et al., 2000). In Nordrhein-Westfalen waren es 11,8% der Betriebe (Fritzen, 2005) und in Schweden 6% (Lind et al., 2007b). Auf den englischen Betrieben, die Weidehygiene betrieben, wurden die Pferde deshalb aber nicht weniger, sondern sogar häufiger entwurmt (Lloyd et al., 2000). Zusätzlich empfohlene Weidehygienemaßnahmen wie das Entfernen von Geilstellen und das Schleppen der Weiden erfolgten in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen auf der Mehrheit der Höfe (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005). Ein regelmäßiger Weidewechsel wurde auf 34,2% der untersuchten Höfe Nordrhein-Westfalens vollzogen (Fritzen, 2005).

Das Düngen mit unkompostiertem Pferdemist erhöht das Infektionsrisiko durch Kontamination der Weiden (siehe dazu Kapitel 2.5.1). Auf 14% der Betriebe Dänemarks, die 1998 befragt wurden, wurde mit Pferdemist gedüngt (Lendal et al., 1998), in Nordrhein-Westfalen waren es 15,5% (Fritzen, 2005). Ob dabei vorher eine Kompostierung erfolgte, wurde nicht erfasst.

In Nordrhein-Westfalen werden die Ställe auf 38,2% der Höfe täglich ausgemistet (Fritzen, 2005). Die Angaben der Studie aus Niedersachsen beziehen sich auf die beprobten Pferde, nicht auf die Betriebe. Hier werden 43,1% der Pferdeboxen täglich ausgemistet und 6,9% der untersuchten Pferde grasen auf Weiden, auf denen Pferdemist ausgebracht wurde (Wirtherle, 2003).

## **2.7 Methoden zum Nachweis von Endoparasiten**

### **2.7.1 Untersuchungsmethoden zum Nachweis der Helminthen des Pferdes**

#### **2.7.1.1 Koproscopische Verfahren**

Zur Diagnostik von Strongyliden, Ascariden und Anoplocephaliden des Pferdes werden vorwiegend koproscopische Verfahren angewandt. Es sind Anreicherungsverfahren, bei denen der Nachweis nicht direkt, sondern durch Mischung des Kotes mit einer Flüssigkeit erfolgt. Dabei wird der Auftrieb der Wurmeier in einem Medium mit höherem spezifischem Gewicht (Flotation) genutzt. Teilweise werden Schritte eingefügt, bei denen die Wurmeier aufgrund ihres gegenüber Wasser höheren spezifischen Gewichts schneller absinken als andere Kotpartikel (Sedimentation). Mit dieser Sedimentation wird eine vermehrte Anreicherung bewirkt. Sowohl Flotation als auch Sedimentation werden durch Zentrifugation beschleunigt. Die Methoden können in semiquantitative und quantitative Verfahren eingeteilt werden. Die semiquantitativen Verfahren dienen hauptsächlich dem qualitativen Nachweis. Hier ist die kombinierte Sedimentation/Flotation als Beispiel zu nennen. Zu den quantitativen Verfahren zählt die Methode nach McMaster. Je nach Labor werden für alle genannten

Verfahren unterschiedliche Arbeitsschritte angewendet; z. B. wird eine Vielzahl verschiedener Flotationsmedien genutzt. Die Durchführung der Methoden ist nicht standardisiert; es gibt deutliche Unterschiede bei den einzelnen Arbeitsschritten und den angewandten Flotationsmedien. Dabei sind Aussagen über die Sensitivität der einzelnen Methoden meist nicht einheitlich. In einer von Kraemer erstellten Zusammenfassung der verschiedenen Methoden wird deutlich, dass es kein abschließendes Urteil über die spezifischste und genaueste Methode gibt (Kraemer, 2005). Kraemer (2005) validierte verschiedene Untersuchungsmethoden. Dafür erzeugte sie experimentell Kotproben mit verschiedenen Konzentrationsstufen von Wurmeiern, von einem EpG von 1 bis 80 bei der kombinierten Sedimentation/Flotation und von 1 bis 1000 bei der Methode nach McMaster. Sie ermittelte für die kombinierte Sedimentation/Flotation mit Zentrifugationsschritten und der Verwendung von Zinksulfat (spezifisches Gewicht 1,3) ab einer Konzentrationsstufe von 80 EpG bei allen von ihr untersuchten Parasiten eine Sensitivität von 100% (bei den Cyathostominae schon ab einem EpG von 40). Zur qualitativen Diagnostik ist die kombinierte Sedimentation-Flotation nach Kraemer das Mittel der Wahl (Kraemer, 2005). Durch Modifikationen wie z.B. das Einbauen mehrerer Zentrifugationsschritte, wie es bei Egwang und Slocombe (1982) und Williamson (1998) erfolgte, könnte die Methode noch verbessert werden (Kraemer, 2005). Proudman und Edward ermittelten für eine kombinierte Zentrifugations- und Flotationsmethode, bei der eine Zuckerlösung das Flotationsmedium war, für den Nachweis von Bandwürmern eine Sensitivität von 61%. Diesen Wert erhielten sie, indem sie den Kot von 80 Pferden und Ponys mit der Methode untersuchten, und anschließend die tatsächliche Wurmbürde durch Sektion der Tiere zählten (Proudman & Edwards, 1992). Für den Fall, dass ein Nachweis erst ab einer Zahl von >20 Bandwürmern im Darm verlangt wird, liegt die Sensitivität dann bei 92% (Proudman & Edwards, 1992). Die Methode nach McMaster wurde von Kraemer mit einer Verdünnung der Kotprobe von 1:15 in einer gesättigten Kochsalzlösung (spezifisches Gewicht 1,24) und dem Auszählen von drei nach Wetzel modifizierten McMaster-Kammern durchgeführt. Es ließen sich erst ab einem EpG von 500 alle Parasiten nachweisen. Die McMaster-Methode eignet sich daher nach Kraemer nicht als Methode zur Diagnostik eines Befalls mit Helminthen. Auch die Effektivität (wiedergefundene Eier pro Kotprobe) lag im Mittel nur bei 49%. Für eine quantitative Methode ist dies ein geringer Wert (Kraemer, 2005). Die Effektivität stieg mit der Eizahl und scheint erst ab einem EpG von 1000 Rückschlüsse auf die tatsächliche Eimenge im Kot zuzulassen. So beschrieben Deplazes und Eckert, die die Methode nach McMaster in Bereichen mit höheren Eikonzentrationen anwendeten, eine weit bessere Effektivität (Deplazes & Eckert, 1988).

Cringoli untersuchte den Einfluss der Probenverdünnung, der Flotationslösung und der Anzahl ausgezählter McMaster-Kammern auf die Verlässlichkeit der Methode und berechnete einen Quotienten, der die Zuverlässigkeit beschrieb. Er erhielt die verlässlichsten Werte,

wenn die ganze Kammer (und nicht nur die Zählfelder) ausgezählt wurden, wenn eine Zuckerlösung mit einer Dichte zwischen 1.200 und 1.350 als Flotationsmedium genutzt und wenn die Verdünnung der Probe zwischen 1:10 und 1:15 lag (Cringoli et al., 2004). Durch das Auszählen einer ganzen Kammer wird verhindert, dass es zu falsch überhöhten Schätzungen des EpG's kommt, denn die Wurmeier scheinen sich beim Flotieren vermehrt im mittig gelegenen Bereich der Kammer unter den Zählfeldern zu sammeln (Cringoli et al., 2004).

Eine ebenfalls auf Verwendung einer Zählkammer beruhende quantitative Methode ist FECPAK<sup>®</sup>, die sich von der Methode nach McMaster dadurch unterscheidet, dass eine größere Menge an Kot untersucht wird und die Kammer ein größeres Volumen fasst. Auch wird die Probe mit Wasser verdünnt. Im Vergleich zu der Methode nach McMaster wurde von Presland mit FECPAK<sup>®</sup> eine höhere Sensitivität bei niedrigen Eizahlen erhalten. Bei einem EpG von 200 lag die Sensitivität der FECPAK<sup>®</sup>-Methode schon bei nahezu 100%. Auch die Streuung der Ergebnisse war geringer (Presland et al., 2005).

Zur Speziesdifferenzierung der Strongyliden können die gewonnenen Eier in einer Larvenkultur angezchtet werden. Mit der mikroskopischen Untersuchung der so gewonnenen Larven ist eine Unterteilung in große und kleine Strongyliden, insbesondere *Strongylus vulgaris*, möglich. Die folgenden Unterkapitel befassen sich mit Möglichkeiten und Grenzen der genannten Verfahren beim Nachweis von Strongyliden und Bandwürmern.

#### 2.7.1.2 Besonderheiten des Strongylidennachweises bei Verwendung koproskopischer Verfahren

Mit den in Kapitel 2.7.1.1 genannten Methoden werden zum Nachweis der Parasiteninfektion nicht die Parasiten an sich, sondern die Eier der fertilen Weibchen bestimmt und der EpG-Wert korreliert also nur mit der Anzahl eines Teils der Weibchen (Gibson, 1965). Deren Eiausscheidung unterliegt täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen (Roberts et al., 1951; Michel, 1968). Sie hängt von der Produktivität und Regelmäßigkeit des Eiabsatzes der weiblichen Helminthen ab. Diese Leistung wird durch die im Folgenden genannten Parameter beeinflusst:

- Alter und Anzahl der Helminthen, Immunitätslage und Allgemeinzustand des Wirtes (Roberts et al., 1951; Michel, 1968)
- Genetik (Gasbarre et al., 2001)
- Alter des Wirts (Herlich, 1960; Waruiru et al., 2000)
- Umweltfaktoren (Dimander et al., 2003)
- Gabe von Anthelminthika (Gibson, 1965).

Die Konsistenz des Kotes ist ein weiteres methodisches Problem, da die Zahl der nachgewiesenen Wurmeier in einer definierten Gewichtsmenge Kot durch die unterschiedliche Beschaffenheit der Faeces variiert (Peters & Leiper, 1940; Roberts et al., 1951; Kelly, 1955; Gibson, 1965).

Bei Strongylideneiern besteht keine gute Korrelation zwischen den Eiern pro Gramm Kot und der Wurmbürde. Warnick untersuchte von 35 Pferden über einen Zeitraum von vier Tagen täglich Kotproben. Die von ihm erhaltene Verteilung ließ sich nicht gut durch eine Poissonverteilung beschreiben (Warnick, 1992). Eine Poissonverteilung ist unter folgenden Bedingungen zu erwarten: Eine stabile Wurmpopulation scheidet eine konstante Menge an Eiern aus. Durch die peristaltischen Bewegungen des Darms werden die Eier gut im Darminhalt vermischt und die Eier weisen im Kot eine Zufallsverteilung auf (Warnick, 1992). Die von Warnick erhaltenen Ergebnisse variierten dagegen vier Tage lang täglich. Dessen ungeachtet wird besonders bei der Diagnostik einer Strongylideninfektion mit der Methode nach McMaster angenommen, dass die mit ihr erhaltenen Ergebnisse ausreichend sind um:

- Pferde zu identifizieren, die behandlungsbedürftig sind (Duncan & Love, 1991; Gomez & Georgi, 1991).
- Auskünfte über die vom Pferd ausgehende Weidekontamination zu machen, und somit wichtige Aussagen über die Notwendigkeit der Behandlung infolge des Risikos einer starken Weidekontamination zu erhalten (Herd 1987, Uhlinger 1990).
- einen Behandlungserfolg zu kontrollieren (Herd et al., 1985; Herd 1987; Reinemeyer & Henton, 1987; Uhlinger & Johnstone 1985).

Der tatsächliche Endoparasitenbefall kann durch Mehrfachuntersuchungen über mehrere Tage mit einer etwas höheren Verlässlichkeit abgeschätzt werden (Roberts et al., 1951).

#### 2.7.1.3 Besonderheiten des Bandwurmnachweises bei Verwendung koproskopischer Verfahren

Bei den Bandwürmern des Pferdes kommt es zu einem sporadischen Abgang der Proglottiden. Die Verteilung der Eier im Kot ist ungleichmäßig (Nilsson et al., 1995). Es besteht keine Korrelation zwischen der Anzahl der nachgewiesenen Eier und dem Besatz des Tieres mit Bandwürmern (Proudman & Edwards, 1992; Nilsson et al., 1995; Slocombe, 2004). Bei Pferden mit hoher Wurmbürde ist die Wahrscheinlichkeit größer, ein infiziertes Tier auch als ein solches zu erkennen als bei Pferden mit wenigen Bandwürmern (Proudman & Edwards, 1992; Nilsson et al., 1995; Williamson et al., 1998). Dies ist von Interesse, da die durch Bandwürmer verursachten Läsionen als besonders schwerwiegend beschrieben wurden, wenn ein hoher Besatz mit mehr als 100 Parasiten vorlag (Pearson et al., 1993). Auch Nilsson beobachtete eine positive Korrelation zwischen der Anzahl an Würmern und der Schwere der intestinalen Läsionen ( $R^2 = 0,293$ ) (Nilsson et al., 1995).

Da die mittlere Eizahl im Kot 18 bis 24 Stunden nach Behandlung am höchsten ist, wird zur Ermittlung der Prävalenz des Bandwurmbefalls in einer Population dieser Zeitpunkt zur Herdendiagnostik empfohlen (Hearn & Hearn, 1995; Slocombe, 2004).

## 2.7.1.4 Weitere Verfahren zum Nachweis der Strongyliden und Bandwürmer

### 2.7.1.4.1 Serologische Verfahren zum Nachweis der Strongyliden

Dowdall und Mitarbeiter gewannen aus Larven von Cyathostomen zwei Antigene (20 und 25 kDa). Diese scheinen eine spezifische IgG(T)-Antwort im Wirtstier zu induzieren und könnten deshalb zur intravitalen Diagnose von intramuralen Larvenstadien verwendet werden (Dowdall et al., 2003). Bei drei mit Cyathostomen infizierten Ponys stieg der Antigen-spezifische IgG(T)-Level 4 - 5 Wochen p.i. an, während er bei nicht infizierten Kontrolltieren gleich blieb. Auch in einem Folgeversuch mit 28 Tieren war die IgG(T)-Antwort bei infizierten Tieren signifikant gegenüber nicht-infizierten Tieren erhöht (Dowdall et al., 2004). Es stellte sich zusätzlich heraus, dass die anti-25 kDa IgG(T)-Level positiv mit mucosalen und luminalen Larvenstadien korrelierten, während die Antikörper gegen das 20kDa-Antigen nur bei luminalen Stadien signifikant anstiegen (Matthews et al., 2004).

### 2.7.1.4.2 Serologische Verfahren zum Nachweis der Bandwürmer

Höglund (1995) testete ein Scolex-Antigen zum Nachweis von Antikörpern gegen *Anoplocephala perfoliata* mittels ELISA. Dafür nutzte er Serumproben von 426 geschlachteten Pferden, deren Besatz mit Bandwürmern erfasst wurde. Mit der Methode konnten falsch-positive nicht von richtig-positiven Tieren getrennt werden (Höglund et al., 1995). Dies liegt nach Höglund wahrscheinlich daran, dass mit dem Test nicht zwischen aktuellen und vorausgegangenen Infektionen, für die noch Antikörper existierten, unterschieden werden konnte. Da ein starker Zusammenhang zwischen der Anzahl an Bandwürmern und dem Antikörpergehalt beobachtet wurde, sieht Höglund den Test als geeignet zum Monitoring von Bandwurminfektionen auf Herdenbasis an (Höglund et al., 1995).

Proudman stellte somatisches Antigen aus Ausscheidungsprodukten der Bandwürmer her. („Excretory/secretory-Antigen“= E/S-AG). Ein ELISA wurde bei Serumproben von 58 Pferden angewendet, deren Infektionsstatus bekannt war. Der ELISA hatte dabei eine diagnostische Sensitivität von 68% und eine Spezifität von 95% (Proudman & Trees, 1996b). Nachfolgend wurde durch Aufreinigung des E/S-Antigens ein 12/13 kDa Antigen erhalten und dessen Nutzen für eine Diagnostik der Infektionsintensität mit *Anoplocephala perfoliata* mittels ELISA getestet (Proudman & Trees, 1996a). Die IgG(T)- Antwort auf das 12/13 kDa Antigen korrelierte mit der Infektionsstärke. Der Spearman´s rank Korrelationskoeffizient lag bei 0,63. Mit diesem ELISA ist es möglich, Bandwurm-positiv getestete Pferde als niedrig, moderat oder hoch bandwurminfiziert zu klassifizieren (Proudman & Trees, 1996a; Matthews et al., 2004).

12/13 kDa Antigene wurden 2005 von Kania und Reinemeyer verwendet, um deren Eignung zum Nachweis von Koproantigenen gegen *Anoplocephala perfoliata* mittels ELISA zu prüfen. Der Test wurde auf Kotproben von 15 Pferden angewendet. Dabei konnten alle Bandwurm-

positiven Tiere als solche erkannt werden. Auch kam es zu keiner Überlappung mit Proben Bandwurm-negativer Tiere. Der Grenzwert um positive von negativen Tieren zu trennen, muss aber noch bestimmt werden. Kania und Reinemeyer sehen in der Methode Potential für einen Test, der zur schnellen und sicheren Diagnostik des Bandwurmbefalls genutzt werden kann (Kania & Reinemeyer, 2005).

#### 2.7.1.4.3 Molekularbiologische Verfahren

##### **Zur Diagnose einer Infektion**

Die von Löwe-Putzig entwickelten Bandwurm-spezifischen Primer konnten nicht zur Diagnostik im Kot Bandwurm-positiver Pferde herangezogen werden, da in der Faeces PCR-inhibitorisch wirkende Substanzen vorhanden sind (Löwe-Putzig, 2005).

##### **Zur Speziesdifferenzierung**

Von Nielsen wurde eine Real-time-PCR entwickelt, mit der *Strongylus vulgaris* identifiziert werden kann (Nielsen et al., 2008). Traversa beschrieb 2008 einen *reverse line blot* zur Differenzierung von 13 Arten der Cyathostominae (Traversa et al., 2007a).

Löwe-Putzig entwickelte Spezies-spezifische Primer für die Bandwurmart *Anoplocephala perfoliata* und *Paranoplocephala mamillana* (Löwe-Putzig, 2005).

### 3 EIGENE UNTERSUCHUNGEN

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Untersuchungsmaterialien

###### 3.1.1.1 Laborgeräte

- Zentrifuge, Labofuge 400<sup>®</sup>, Heraeus, Hanau, Deutschland
- Brutschrank, Heraeus, Hanau, Deutschland
- Präzisionswaage, Sartorius, Göttingen, Deutschland
- Kompaktwaage CS 2000, Ohaus, Pine Brook, USA
- Densitometer, Hersteller unbekannt
- Lichtmikroskop Axiostar, Zeiss, Jena, Deutschland

###### 3.1.1.2 Reagenzien und Verbrauchsmaterialien

- Bechergläser 500ml, Duran Schott, Mainz, Deutschland
- Zentrifugengläser, Duran Schott, Mainz, Deutschland
- Zentrifugenröhrchen, Greiner, Frickenhausen, Deutschland
- Spitzgläser, Hecht-Assistent, Sondheim, Deutschland
- Gaze, Lohmann+Rauscher, Neuwied am Rhein, Deutschland
- Holzspatel, Hecht-Assistent, Sondheim, Deutschland
- PET-Pipetten, VWR, Darmstadt, Deutschland
- McMaster Zählkammern, Chalex, Wallowa, USA
- Messzylinder 100ml, Duran Hirschmann, Deutschland
- Pipetten 10µl, 100µl, 1000µl, Eppendorf, Hamburg Deutschland
- Pipettenspitzen 10µl, 100µl, 200µl, 1000µl, Eppendorf, Hamburg, Deutschland
- Objektträger, Marienfeld GmbH, Lauda-Königshofen, Deutschland
- Deckgläser 18 x18 mm, Marienfeld GmbH, Lauda-Königshofen, Deutschland
- Klebeband 15mm Breite, Tesa AG, Harnburg, Deutschland
- Trichter, Nalgene, Rochester, USA
- Sieb 250µm; 500µm, neoLab, Heidelberg, Deutschland
- Küchensieb, Maschenweite ca. 1,9mm, Hersteller unbekannt
- Teesieb, Maschenweite ca. 0,8mm, Hersteller unbekannt
- Metallöse, Hammacher, Solingen, Deutschland
- armlange Untersuchungshandschuhe, Kruuse, Langeskov, Dänemark
- Untersuchungshandschuhe, Kimberley-Clark, Roswell, USA
- Gleitgel, VWR, Darmstadt, Deutschland
- Kühlbox, Hersteller unbekannt
- Kühlakkus, Hersteller unbekannt

- Einmachglas, Hersteller unbekannt
- Vermiculite, Rajapack, Birkenfeld, Deutschland
- Petrischalen Glas Ø10cm, Duran Schott, Mainz, Deutschland
- Petrischalen Plastik Ø9cm, VWR, Darmstadt, Deutschland
- Pasteurpipette, VWR, Darmstadt, Deutschland
- Reagenzgläser, Duran Schott, Mainz, Deutschland
- Schüttelflaschen, Hecht-Assistent, Sondheim, Deutschland
- NaCl, Honeywell Riedel-de Haen, Seelze, Deutschland
- ZnSO<sub>4</sub>, Honeywell Riedel-de Haen, Seelze, Deutschland
- Methylenblau, Honeywell, Riedel-de Haen, Seelze, Deutschland

#### 3.1.1.3 Computerprogramme

- Minitap 13.20
- SPSS 12.0 für Windows
- Microsoft Excel 2003

## 3.2 Methoden

### 3.2.1 Vorversuch zur Ermittlung der Sensitivität der kombinierten Sedimentation/Flotation

Die kombinierte Sedimentation/Flotation gilt als Standardmethode zum Nachweis der meisten Magen-Darm-Würmer (MDW) der Pferde (Kraemer, 2005). Die Sensitivität (siehe Abschnitt 3.2.1.3) der Testmethode muss für die in Kapitel 3.2.6 beschriebene Stichprobenplanung bekannt sein. Da die von Kraemer beschriebene Methode in dieser Studie leicht modifiziert wurde, wurde die Sensitivität in einem Vorversuch ermittelt. Die Sensitivitätsprüfung erfolgte nach der von Kraemer beschriebenen Methode: In eine MDS-negative Pferdekotprobe wurde eine bekannte Anzahl an MDS-Eiern einpipetiert und vermischt. Anschließend wurde sie mit der kombinierten Sedimentation/Flotation untersucht. Die frische Kotprobe eines MDS-positiven Pferdes wurde unter Vermeidung von Kontamination direkt nach dem Absetzen aufgesammelt. Die Kotprobe wurde zur Bestätigung des MDS-positiven Status mit der kombinierten Sedimentation/Flotation (Methode siehe Kapitel 3.2.9.1) untersucht. Die Probe galt als positiv, wenn ein MDS-Ei gefunden wurde.

#### 3.2.1.1 Eigewinnung

Die Strongylideneier wurden durch Aufbereitung gewonnen. Ein großes Küchensieb mit dem Kot wurde über einem 5 Liter Becherglas mit 5 Liter Leitungswasser im scharfen Strahl durchspritzt. Die Flüssigkeit wurde 4 Stunden im Becherglas stehen gelassen, anschließend wurde der Überstand dekantiert und das Sediment in zwei 500 ml Bechergläser überführt. Das Sediment wurde mit gesättigter Kochsalzlösung (Herstellung siehe Kapitel 3.2.9.2) aufgefüllt, anschließend flotierte es 30 Minuten. Mit einer Plastikpipette wurde die Oberfläche abgesaugt und in ein 600 ml Glas gefüllt. Dieses wurde mit Leitungswasser aufgefüllt und über Nacht stehen gelassen. Danach wurde der Überstand unter Vermeidung von Flüssigkeitsbewegungen im Glas abgesaugt, 200 ml der bodennahen Flüssigkeit wurden dabei im Becherglas belassen. Mit einem Magnetrührer wurde diese Flüssigkeit verrührt, auf zwei Objektträger wurden 6 mal je 10 µl getropft. Die auf beiden Objektträgern vorhandenen Eier wurden ausgezählt. Aus beiden Summen wurde der Mittelwert gebildet, der die durchschnittliche Anzahl an Eiern pro 10 µl darstellte.

#### 3.2.1.2 Kotprobenherstellung

Die Kotprobe eines vor einer Woche mit makrozyklischen Laktone (ML) behandelten Pferdes wurde zweimal mit der kombinierten Sedimentation/Flotation untersucht. Wenn nach der Behandlung mit ML keine MDS-Eier gefunden wurden, wurde der Kot als MDS-negativ angesehen.

Um eine gewünschte Eimenge pro Gramm Kot zu erhalten, wurde eine entsprechende Anzahl von MDS-Eiern mit einer definierten Menge MDS-negativen Kot kontaminiert. Der Kot

wurde gründlich gemischt. Die Kotprobe wurde in 15 Portionen aufgeteilt und jede Probe mit der zu testenden Methode (beschrieben in Kapitel 3.2.9) untersucht. Dieser Vorgang wurde für jede Konzentrationsstufe (1, 5, 10, 20, 40, 60 und 80 EpG) wiederholt. Insgesamt wurden demnach 105 Proben (= 15 Portionen x 7 Konzentrationsstufen) untersucht.

### 3.2.1.3 Definition und Berechnung der Sensitivität

Die Sensitivität eines diagnostischen Tests gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Merkmalsträger vom Test auch als ein solcher erkannt wird. Im Rahmen dieser Studie ist ein Merkmalsträger ein MDS-positives Pferd.

Die Sensitivität wird mit folgender Formel geschätzt:

$$S_e = \frac{a}{m}$$

$S_e$  = Sensitivität

a = Anzahl richtig Positiver (MDS-positive Kotproben, die auch als solche erkannt wurden)

m = Anzahl richtig Positiver (MDS-positive Kotproben, die auch als solche erkannt wurden) +  
Anzahl falsch Negativer (MDS-positive Kotproben, die nicht als positiv erkannt wurden)

### 3.2.2 Studiendesign der Prävalenzstudie

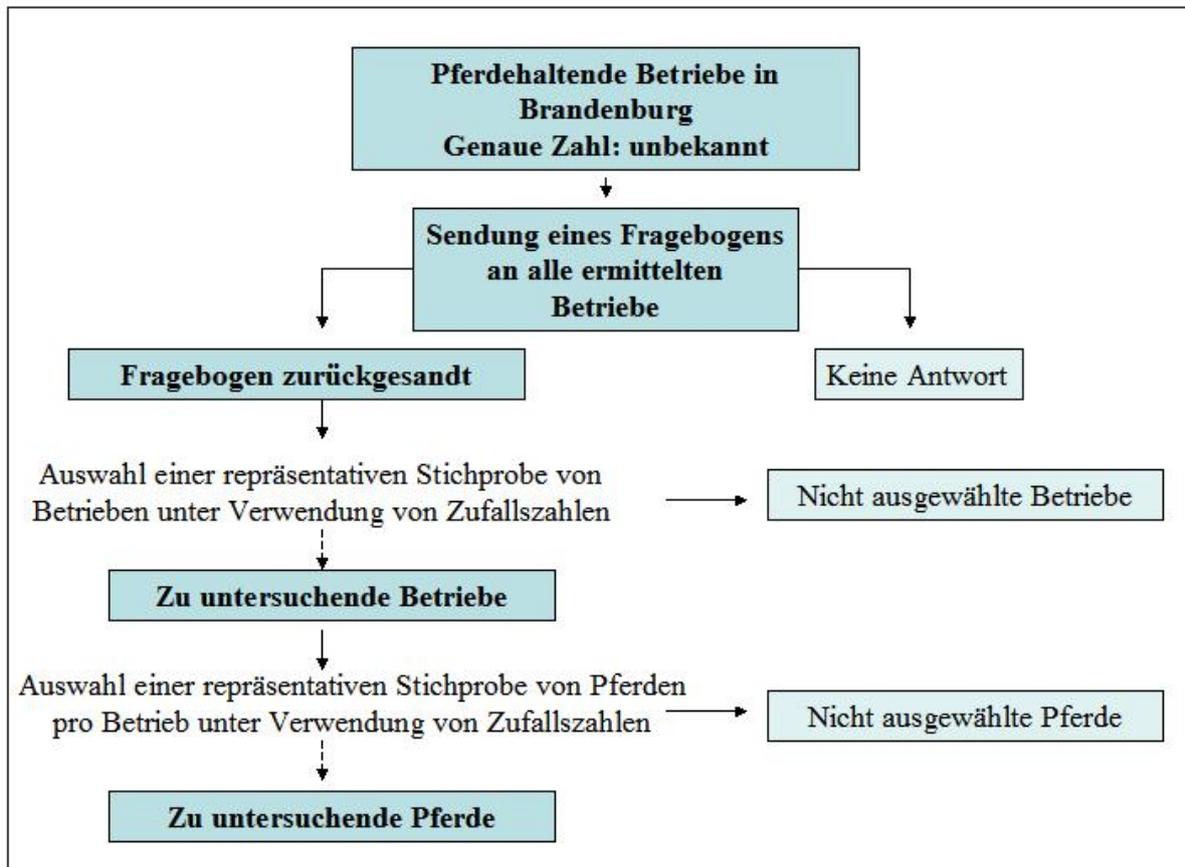
Das Studiendesign zur Ermittlung der Prävalenz der Helminthen in Brandenburg im Jahr 2006 ist in Abb. 3.1 dargestellt.

Wie die Population pferdehaltender Betriebe in Brandenburg ermittelt wurde, ist in Kap. 3.2.4 beschrieben. Die beiden Stichprobenplanungen, die für die Studie nötig waren - zum einen die Anzahl der zu untersuchenden Betriebe, zum anderen die Zahl der pro Hof zu untersuchenden Pferde - werden in Kap. 3.2.6 erläutert.

### 3.2.3 Untersuchungszeitraum

Der erste Teil der Studie (Versendung und Rücklauf der Fragebögen) erfolgte von Juni bis Juli 2006.

Für den zweiten Teil der Studie (Kotprobenentnahme und Untersuchung auf Helminthen) waren die jahreszeitlichen Maxima der Eiausscheidung und die logistischen Gegebenheiten zu berücksichtigen. Da die Eiausscheidung im Spätsommer ansteigt (vgl. Kap 2.3.2.1.4) wurde als Beginn der Untersuchung der August 2006 gewählt. Die Studie endete Anfang Dezember 2006. Dieser Zeitraum ergab sich zum einen aufgrund des hohen Probenumfanges und der langen Fahrtzeiten zu den Höfen (vgl. geographische Verteilung in Abb. 3.16), zum anderen wegen des erforderlichen Mindestabstandes zur letzten Entwurmung (siehe Kap. 3.2.8).



**Abbildung 3-1:** Studiendesign zur Ermittlung der Prävalenz von Helminthen in Brandenburg: Im ersten Schritt wird die Zahl der pferdehaltenden Betriebe in Brandenburg ermittelt. Allen ermittelten Betrieben wird der Fragebogen zugeschickt. Von den Betrieben, die den Fragebogen beantworten, wird eine repräsentative Stichprobe durch Zufallszahlen ausgewählt. Innerhalb der ausgewählten Betriebe wird aus den gehaltenen Tieren unter Verwendung von Zufallszahlen ebenfalls eine repräsentative Stichprobe ausgewählt. Die ausgewählten Tiere werden koproskopisch untersucht.

### 3.2.4 Ermittlung der Population

Voraussetzung für eine Prävalenzschätzung ist die Kenntnis des Umfanges der gesamten Population, d. h. in diesem Fall der Anzahl pferdehaltender Betriebe in Brandenburg (s. a. Kapitel 3.2.6). Nur wenn die Populationsgröße bekannt ist, erhält jeder Betrieb die gleiche Chance, an der Untersuchung teilzunehmen. Dies ist eine Voraussetzung für die repräsentative Auswahl der Stichprobenmenge nach Zufallszahlen (Thrusfield, 1995). Ferner ist die geschätzte Prävalenz als Anzahl an Erkrankungen oder damit verbundener Eigenschaften in einer bekannten Population zu einem bestimmten Zeitpunkt zu definieren.

Zur Ermittlung der bislang nicht bekannten Population pferdehaltender Betriebe in Brandenburg diente die Auswertung folgender Quellen:

- das „Jahrbuch Zucht und Sport“ für 2005 des Pferdezuchtverbandes und des Landesverbandes Pferdesport von Berlin Brandenburg

- die Suchmaschine der Gelben Seiten ([www.gelbeseiten.de](http://www.gelbeseiten.de))
- Internetannoncen (durch Angabe der Begriffe „Pferdeställe“, „Reitschulen“, „Pferde“, „Reiturlaub“, „Urlaub mit Pferden“ in die Suchmaschine „Google“)
- die Homepage [www.reiten-in-berlin.de](http://www.reiten-in-berlin.de)
- um auch Privatställe zu erreichen, wurde in einer Notiz in der von einigen Pferdehaltern gelesenen Zeitschrift „Cavallo“<sup>8</sup> das Studienvorhaben erwähnt, um auch Privatställe zur Teilnahme an diesen Untersuchungen anzusprechen.

### 3.2.5 Fragebogen

Zur Datenerhebung wurde ein Fragebogen an alle ermittelten Betriebe geschickt. Dem Fragebogen lag ein Anschreiben, in dem das Vorhaben erklärt wurde, und ein frankierter Rückumschlag bei. Nach drei Wochen wurden die Betriebe angerufen, von denen bis dahin keine Rückmeldung erfolgt war; dies erhöhte die Rücklaufquote.

Der Fragebogen war anonymisiert, doch war durch eine Betriebsnummer die Zuordnung möglich. Er beinhaltete 24 Fragen zum Tierbestand, zur Weidehaltung und zum Anthelminthikaeinsatz und umfasste 3 Seiten (siehe Anhang 8.1). Es waren vorwiegend geschlossene Fragen (Entscheidungsfragen, die mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden mussten).

Auf den zur Kotprobenuntersuchung ausgewählten Höfen wurde noch zusätzlich erfragt, wie viele Pferde des Betriebes im Jahr 2006 eine Kolik hatten, wie lange bereits Pferde auf dem Betrieb gehalten werden und ob im Zusammenhang mit einer Entwurmung Krankheitssymptome bei Pferden beobachtet wurden.

### 3.2.6 Stichprobenplanung

Die MDS sind zur Zeit die wichtigsten Parasiten der Pferde. Deshalb wurden sowohl Testmethode als auch Prävalenzschätzung auf die MDS ausgerichtet. Für die Stichprobenplanung musste zuerst festgelegt werden, ob die Prävalenzschätzung auf Tier- oder auf Betriebsebene erfolgen sollte. Innerhalb eines Betriebes sind Tiere einem vergleichbaren Infektionsrisiko ausgesetzt, dies kann sich vom Infektionsrisiko der Tiere eines anderen Betriebes deutlich unterscheiden. Pferde innerhalb eines Betriebes bilden deshalb ein Cluster. Auch Betriebsstrukturen wirken sich mehr auf den ganzen Bestand als auf das Individuum aus (Cameron, 2003).

Um Clusterbildung zu vermeiden, sollte die Schätzung der Prävalenz von Helminthen bei Pferden in Brandenburg deshalb auf Betriebsebene erfolgen. Die kleinste Einheit ist der Betrieb und er gilt dann als positiv, wenn ein Tier des Betriebes als positiv erkannt wird.

---

<sup>8</sup> Cavallo Nr. 6, Juni 2006, Rubrik: Namen und Nachrichten, „Was wurmt die Brandenburger?“ S.11

Nach Erfassung der Prävalenz sollte die Wirkung des Betriebsmanagements auf den Parasitenbefall ermittelt werden. Diese Fragestellung kann nur auf Betriebsebene beantwortet werden.

### 3.2.6.1 Ermittlung des Stichprobenumfangs der zu untersuchenden Betriebe

Für die Ermittlung des Stichprobenumfangs musste zunächst eine Schätzung der Prävalenz vorgenommen werden. Hierbei schien es sinnvoll, auf aus anderen Bundesländern vorliegende Daten zurückzugreifen.

Die zum Zeitpunkt der Stichprobenberechnung aktuellsten Prävalenzdaten für MDS in Deutschland lagen für das Bundesland Nordrhein-Westfalen vor (Fritzen, 2005). Fritzen gibt an, dass 98,7% der von ihr untersuchten Betriebe MDS-positiv waren. Dieser Wert wurde als *a priori* Wert ( $p_0$ ) für die angenommene Prävalenz ( $p_0$ ) der Betriebe Brandenburgs in der Stichprobenplanung verwendet:  $p_0 = 0,987$ .

Hiervon ausgehend lässt sich nun die Nullhypothese ( $H_0$ ) der Prävalenzstudie in Brandenburg formulieren: sie besagt, dass die angenommene Prävalenz gleich der tatsächlichen Prävalenz ist. Also:

$$H_0: p = p_0 = 0,987$$

Für die Stichprobenplanung stellt sich nun folgende Frage: Sind eventuell deutlich mehr Betriebe infektionsfrei, als unter der Nullhypothese angenommen wird und wie lässt sich diese Alternativhypothese statistisch sichern? Da die angenommene Prävalenz so nahe bei 1 (100%) liegt, ist das Überschreiten der Nullhypothese statistisch nur mit einem extrem großen Stichprobenumfang abzusichern. Zudem ist eine über der Nullhypothese liegende Prävalenz für den vorliegenden Fall nur von geringem Interesse. Daher wird die Nullhypothese nur einseitig getestet.

Eine relevante Unterschreitung der Nullhypothese wird bei ca. 10% infektionsfreier Betriebe angesetzt, das heißt die Alternativhypothese ( $H_A$ ) geht von einer Prävalenz von höchstens 90% aus. Also:

$$H_A: p \leq p_1 = 0,9$$

Die zu schätzende Prävalenz auf Betriebsebene in Brandenburg war nur wenig unter 100 % zu erwarten. Die Verteilung in diesem Grenzbereich ist stark asymmetrisch, weshalb eine Schätzung nach Normalverteilung nicht sinnvoll ist. Es wurde daher eine Binomialverteilung angenommen.

Der Stichprobenumfang  $n$  wird so bestimmt, dass die einseitigen 95%-Bereiche der Binomialverteilung (für den Parameter  $p_0$  der nach oben unbeschränkte Bereich und für  $p_1$  der nach unten unbeschränkte Bereich) sich nicht überlappen. Die entsprechenden Formeln sind im Anhang erklärt (Kap.8.2).

Für die vorliegende Studie wurde ein Stichprobenumfang von 90 Betrieben ermittelt.

Ab einem Stichprobenumfang von 90 Betrieben konnte somit eine Prävalenzschätzung durchgeführt werden, die es mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 erlaubte, die Alternativhypothese anzunehmen bzw. zu verwerfen.

Für die Fragestellung der tatsächlichen Prävalenz mussten daher mindestens 90 Betriebe untersucht werden. Tatsächlich wurde angestrebt, möglichst mehr als 90 Betriebe zu beproben, um für die anschließende Auswertung für jede Kategorie eine ausreichende Menge an Variablen zu erhalten.

### 3.2.6.2 Ermittlung des Stichprobenumfangs der zu untersuchenden Tiere pro Betrieb

Nach Cannon und Roe berechnet sich die Anzahl zu beprobender Tieren ( $m$ ), die nötig ist, um in einer unendlich großen Population einen infizierten Betrieb auch als infiziert zu erkennen, nach folgender Formel (Cannon & Roe, 1990) modifiziert nach Martin et al. (1992):

$$(1) m \geq [\log(1-C)] / \log(1-TP*SENS)$$

wobei  $C$  der Konfidenzkoeffizient,  $TP$  die wahre Prävalenz („true prevalence“) und  $SENS$  die Sensitivität der Testmethode sind.

Für eine endliche Population kann nach Cannon und Roe (1990), modifiziert nach Martin et al. (1992), folgende Formel angewendet werden:

$$(2) m \geq [1 - (1-C)^{1/(D \times SENS)}] \times [M - (D-1)/2]$$

hierbei sind  $M$  die Anzahl der Tiere im Betrieb und  $D$  die Anzahl der Tiere die erkrankt sind.  $D$  berechnet sich mit folgender Formel:  $D=TP \times M$

Formeln (1) und (2) gelten für den Fall, dass ein einziges positives Pferd den Betrieb als MDS-positiv markiert und sind somit für die vorliegende Untersuchung adäquat. Die Anzahl der zu beprobenden Tiere auf einem Betrieb hängt also von der Sensitivität der verwendeten Methode, von der Prävalenz auf dem Betrieb und von der Betriebsgröße ab.

Die Sensitivität der Testmethode beträgt 80% (vgl. Kap. 3.3.1).

Da die MDS-Eier aufgrund ihrer eindeutigen Morphologie (Größe, Form und Vorhandensein von Furchungszellen bzw. Larven) kaum verwechselt werden können, lässt sich die Spezifität der Methode bei annähernd 100% ansetzen.

Unter Verwendung der aufgeführten Formeln lässt sich in Abhängigkeit von der Prävalenz auf einem Betrieb der Stichprobenumfang berechnen, mit dem ein Betrieb als infiziert erkannt werden kann. Dies ist in Tafel 3.1 für verschiedene Prävalenzen und verschiedene Betriebsgrößen dargestellt.

**Tafel 3-1** Stichprobenumfang zur Erkennung eines infizierten Betriebs als infiziert in Abhängigkeit von der Prävalenz bei einer Sensitivität von 0,8 und einem Konfidenzintervall von 0,95

M	Prävalenz (bzw. Prozentsatz kranker Tiere in der Population)									
	1 (100%)	0,9 (90%)	0,8 (80%)	0,7 (70%)	0,6 (60%)	0,5 (50%)	0,4 (40%)	0,3 (30%)	0,2 (20%)	0,1 (10%)
5	2	2	3	3	3	4	4	5	5	*
10	2	3	3	3	4	5	6	7	9	10
15	2	3	3	4	4	5	6	8	10	14
50	2	3	3	4	5	6	7	10	15	26
100	2	3	3	4	5	6	8	11	16	30
∞	2	3	3	4	5	6	8	11	18	36

- M= Populationsgröße
- \* auch eine Probe von fünf Tieren ist bei einer Prävalenz von 10% und einer Sensitivität von 80% für diese Populationsgröße nicht ausreichend, um bei einem Konfidenzintervall von 95% das Vorhandensein einer Infektion festzustellen

Als orientierender Wert für die Schätzung der Prävalenz auf Tierebene in Brandenburg wurden die Ergebnisse der Studie zur Anthelminthikaresistenz von Fritzen (2005) herangezogen. Fritzen ermittelte eine Prävalenz von 49,1% auf Tierebene.

Wird von diesem Wert ausgegangen, dann wäre auf Betrieben in Brandenburg eine Beprobung von höchstens 6 Tieren erforderlich, um mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 einen infizierten Betrieb auch als solchen zu erkennen.

In der vorliegenden Studie wurde die Anzahl an zu beprobenden Tieren jedoch aus zwei Gründen nach Möglichkeit höher angesetzt: Zum einen handelt es sich bei der Prävalenzschätzung von Fritzen um einen gemittelten Wert und die Prävalenzen auf einzelnen Höfen weichen davon ab, zum anderen sind die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Brandenburg hinsichtlich der Befallsextenstität vermutlich nicht gleich.

Entsprechend wurde die Stichprobenmenge wie folgt gewählt: Bei einer Betriebsgröße von >15 Tieren wurde unter Verwendung von Zufallszahlen eine Stichprobe von 15 Tieren genommen. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 konnte so auf allen Höfen noch eine Prävalenz von  $\leq 30\%$  erkannt werden. Bei einer Betriebsgröße von 15 oder weniger Tieren wurden alle Tiere beprobt.

### 3.2.7 Auswahl der Betriebe

Aus dem Pool der eingegangenen Fragebögen wurden anhand von Zufallszahlen (Diem, 1975) 126 zu beprobende Betriebe ausgewählt.

### 3.2.8 Kotprobenentnahme

Auf allen Betrieben wurden die Pferde entwurmt. Um die Prävalenz der Helminthen auf den Betrieben zu erfassen, musste für die Probenentnahme deshalb mindesten ein Zeitraum verstrichen sein, zu dem sich die Pferde (entsprechend der Betriebsstrukturen und der auf den Betriebsflächen vorhandenen Parasiten) neu infizieren konnten. Zusätzlich musste die Präpatenz mindestens der Zielparasiten (MDS) berücksichtigt werden. Als Voraussetzung für die Probenentnahme galt daher, dass das Intervall zwischen letzter Entwurmung und Untersuchung mindestens zwei Monate betragen musste.

Die Kotproben sollten frisch entnommen werden, weshalb der Pferdebesitzer mit einer rektalen Kotprobenentnahme einverstanden sein sollte.

Bei Betrieben, deren Pferdebesitzer nicht damit einverstanden waren, wurde auf den Kotabsatz der Pferde gewartet. Wurden die frisch abgesetzten Kotproben vom Boden genommen, geschah dies unter Vermeidung von Kontamination: es wurde nur die obere Schicht genommen, die keinen Kontakt zum Boden hatte.

Zur Stichprobenmenge der zu untersuchenden Tiere siehe Kap. 3.2.6.2

In Betrieben mit bis zu 15 Pferden wurden alle Pferde des Bestandes beprobt; Pferde, die zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht auf dem Hof standen oder gerade entwurmt worden waren, wurden dabei nicht berücksichtigt.

Bei Betrieben mit mehr als 15 Pferden wurden Stichproben von 15 Pferden genommen. Die Auswahl der Stichproben erfolgte anhand von Zufallszahlen:

Die auf dem Betrieb zugänglichen Pferde wurden durchnummeriert, zusätzlich wurden sie grob in Altersgruppen unterteilt. Dann wurden die zu beprobenden Pferde im ungefähren Verhältnis zur Altersstruktur im Bestand ausgewählt. Um eine möglichst große Stichprobenmenge von Fohlen und einjährigen Pferden zu erhalten, wurden diese jedoch generell beprobt, wenn sie nicht kürzlich entwurmt wurden. Name, Rasse und Alter des untersuchten Tieres wurden dokumentiert.

Vor dem Gewinnen der Kotprobe wurde die Klebestreifenmethode angewendet (siehe Kap. 3.2.9.4). Die Kotproben wurden unter Verwendung von Gleitgel und eines Rektalhandschuhs entnommen und bezüglich Betrieb und Tier markiert. Zum Transport diente eine Kühlbox mit Kühlelementen. Anschließend erfolgte die Aufbewahrung in Kühlschränken bei 4°C.

### 3.2.9 Kotuntersuchung

Folgende Methoden wurden zur Kotuntersuchung verwendet:

- kombinierte Sedimentation/Flotation (Kap. 3.2.9.1)
- McMaster (Kap. 3.2.9.2)
- Larvenkultur (Kap. 3.2.9.3)
- Klebestreifenmethode (Kap. 3.2.9.4)
- Sedimentation (Kap. 3.2.9.5)

Die kombinierte Sedimentation und die Methode nach McMaster wurden am Tag nach der Probennahme durchgeführt. Zur Differenzierung der MDS wurden gleichzeitig Larvenkulturen MDS-Ei positiver Kotproben angesetzt.

Das Auswanderverfahren nach Baermann wurde am Tage der Kotprobenentnahme (Tag 1) angesetzt und am folgenden Tag (Tag 2) ausgewertet. Dies erfolgte jedoch nur bei den ersten 400 genommenen Kotproben. Anschließend wurden nur noch Proben von den Pferden auf Lungenwürmer untersucht, die zusammen mit Eseln auf einer Weide standen.

Die kombinierte Sedimentation und die Methode nach McMaster wurden am Tag 2 durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch die Larvenkultur MDS positiver Kotproben angesetzt. Am Tag 2 oder in den nächsten Tagen bis maximal Tag 7 wurden die Klebestreifen durchgemustert und es wurde die Sedimentation durchgeführt. Die Larvenkulturen wurden am Tag 8 gestülpt und am Tag 9 wurden die ausgewanderten Larven mit der Pipette aufgenommen.

### 3.2.9.1 Kombinierte Sedimentation/Flotation

Die zur Untersuchung verwendete Zinksulfat-Lösung wurde wie folgt hergestellt: 76g ZnSO<sub>4</sub> wurden in 100 ml Wasser mit einem Magnetrührer gelöst. Die erwünschte Dichte von 1,3 wurde mit einem Densitometer bestätigt.

10 g Kot wurden in ein Sieb verbracht. Dieses wurde mit einem scharfen Strahl Leitungswasser durchspritzt. Nach Passieren des Siebes wurde die Flüssigkeit in einem 500ml Becherglas aufgefangen. Zum Sedimentieren der Wurmeier wurde das Becherglas 30 Minuten stehen gelassen. Dann wurde der Überstand dekantiert und der Bodensatz in ein Zentrifugenröhrchen überführt und anschließend für 5 Minuten bei 1500 rpm zentrifugiert. Nach Dekantieren des Überstandes wurde das Sediment mit der ZnSO<sub>4</sub>-Lösung durch Schütteln vermischt. Anschließend wurde die Flüssigkeit erneut 5 Minuten bei 1500 rpm zum Zwecke der Flotation zentrifugiert.

**Tabelle 3-1:** Definition der Befallsstärken mit MDW/kombinierte Sedimentation/Flotation

<b>Befallsstärke</b>	<b>Anzahl an MDW- Eiern unter dem Deckglas (18x18mm)</b>	<b>Codierung</b>
kein Befall	0	0
geringgradiger Befall	01- 10	+
mittelgradiger Befall	11- 40	++
starker Befall	41- 200	+++
sehr starker Befall	> 200	++++

Danach wurden die Wurmeier von der Oberfläche mit einer Metallöse abgenommen und auf einen Objektträger verbracht. Nach Auflegung eines Deckgläschens wurde der Objektträger unter dem Mikroskop durchgemustert.

Bei der Auswertung wurden die in Tabelle 3.1 dargestellten Kategorien verwendet.

### 3.2.9.2 McMaster

Herstellung der gesättigten Kochsalzlösung: 360g NaCl wurden in 1000 ml Leitungswasser gelöst, Überprüfung der gewünschten Dichte von 1,2 mit einem Densitometer.

4g des Kotes, der bereits in der kombinierten Sedimentations/Flotations-Methode als positiv erkannt wurde, wurden in einer Petrischale zusammen mit gesättigter Kochsalzlösung homogenisiert. Diese Kotsuspension wurde über ein Teesieb in einen Messzylinder gegossen, durch dieses Sieb wurde anschließend Kochsalzlösung in den Messzylinder gegossen, bis er mit 60 ml Probenmaterial gefüllt war. Die Flüssigkeit wurde in eine Schüttelflasche gefüllt. Diese wurde mit einem Schliffstopfen verschlossen und 10 Sekunden kräftig geschüttelt. Dann wurde mit einer Pipette ein Teil der Flüssigkeit entnommen und blasenfrei in eine Abteilung der McMaster Zählkammer gefüllt. Nach erneutem Schütteln der Flasche wurde von neuem Flüssigkeit für die zweite Abteilung entnommen und in diese eingefüllt. Mit einer zweiten Kammer wurde ebenso verfahren. Nach 5 - 10 Minuten Flotationszeit wurden die 4 Abteilungen der zwei Kammern ausgezählt. Auf den äußeren Linienflächen der Abteilung liegende Eier wurden berücksichtigt, außerhalb der Zählfelder liegende Eier wurden nicht erfasst. Die Zahl der in beiden Kammern erfassten Magen-Darm-Strongyliden-Eier wurde mit 25 multipliziert und ergab den EpG Wert für die jeweilige Kotprobe. Der Kammerfaktor (25) berechnet sich wie folgt: Der Verdünnungsfaktor für die Probe ( $60/4=15$ ) wird durch das unter der McMaster Kammer untersuchte Probevolumen [ $4 \times 0,15\text{ml}$  (Volumen einer Abteilung) =  $0,6\text{ml}$ ] geteilt.

### 3.2.9.3 Larvenkultur

10 g einer zuvor MDS-Eier positiv getesteten Kotprobe wurden gemeinsam mit bis zu 4 weiteren Kotproben mit Vermiculit und Wasser zu einer feucht-bröseligen Masse vermischt. Diese wurde in ein Schraubdeckelglas (1LVolumen) gefüllt, der Deckel wurde locker aufgelegt. Die Masse wurde bei Raumtemperatur und im Dunkeln sieben Tage bei  $26^{\circ}\text{C}$  in einem Brutschrank inkubiert, wobei nach 3 Tagen eine Feuchtigkeitskontrolle erfolgte.

Nach sieben Tagen wurde das Glas mit Leitungswasser aufgefüllt, eine Petrischale ( $\text{Ø} = 10\text{ cm}$ ) wurde auf die Glasöffnung gepresst und das Glas auf die Petrischale umgestülpt und abgestellt. Die Petrischale wurde dann mit Leitungswasser aufgefüllt. Nach 12 Stunden wurde die Flüssigkeit vom Rand der Petrischale mit einer Pipette abgesaugt und in ein Zentrifugenröhrchen gefüllt. Nach 20 minütiger Zentrifugation bei 2000 rpm wurde der Überstand abgesaugt. Vom Bodensatz wurden  $100\mu\text{l}$  entnommen und auf einen Objektträger getropft. Mit einer in einigem Abstand kurz unter den Objektträger gehaltenen

Feuerzeugflamme wurden die Larven immobilisiert. Dann wurden die Larven unter einem Mikroskop anhand der Anzahl der Mitteldarmzellen differenziert. Der Vorgang wurde gegebenenfalls wiederholt, bis 100 Larven ausgezählt waren.

#### 3.2.9.4 Klebebandmethode

Nach Anheben des Schweifes des zu untersuchenden Pferdes wurde ein ca. 3-5 cm langer Klebestreifen mit der Klebeschicht auf die Anal- und Perianalhaut gedrückt. Der Klebestreifen wurde anschließend mit der Klebeschicht nach unten auf einen Objektträger geklebt und unter einem Mikroskop auf Oxyuren-Eier durchgemustert.

#### 3.2.9.5 Sedimentation

Die Sedimentation diente dem Nachweis von Leberegeleiern. Jeweils 5 Gramm Kot von 5 Pferden eines Betriebes wurden gepoolt. Diese Poolprobe wurde mit einem scharfen Wasserstrahl durch ein Teesieb unter Zuhilfenahme eines Trichters in ein Spitzglas gespritzt. Es wurden 3 Minuten zum Sedimentieren stehen gelassen, dann wurde der Überstand dekantiert und das Sediment mit Leitungswasser aufgefüllt. Dieser Vorgang wurde 2-mal wiederholt, dann wurde der Überstand dekantiert und das Sediment in eine Petrischale mit Zählgitter gefüllt und mit einem Tropfen Methylenblau versetzt. Anschließend wurde dieses Sediment unter dem Mikroskop durchgemustert.

#### 3.2.9.6 Auswanderverfahren

Zum Nachweis von Lungenwürmern wurde das Auswanderverfahren angewandt. 10 Gramm Kot wurden auf Gaze gelegt, dann wurde die Gaze zu einem Beutel verknotet und in ein Spitzglas gelegt. Das Spitzglas wurde mit Leitungswasser aufgefüllt, bis die Hälfte des sich im Gazebeutel befindenden Kotes bedeckt war. Nach einer 12-stündigen Inkubation bei Zimmertemperatur wurde das Sediment mit einer Pipette aufgenommen und auf einen Objektträger überführt. Nach Auflegen eines Deckglases wurde die Probe unter dem Mikroskop bei 100-facher Vergrößerung durchgemustert.

### 3.2.10 Statistische Auswertung

#### 3.2.10.1 Methodenvergleich

Zur Untersuchung der Kotproben wurden zwei Methoden verwendet: Die semiquantitative kombinierte Sedimentation/Flotation und als quantitatives Verfahren die Methode nach McMaster. Um zu überprüfen, wie stark die Ergebnisse beider Methoden miteinander korrelieren, wurde zum einen ein Streudiagramm erstellt, zum anderen der  $\kappa$ -Wert (Kappa-Wert) berechnet.

Das Streudiagramm diente dazu, eine genauere Vorstellung von der Verteilung der Daten und damit auch der Vergleichbarkeit beider Methoden zu bekommen.

Um die Kappa-Statistik anwenden zu können, müssen die Daten binär codiert vorliegen. Bei der kombinierten Sedimentation/Flotation gab es fünf Ausprägungen von ordinalem Datenniveau: 0, 1, 2, 3, 4, wobei „vier“ die höchste Eiausscheidung charakterisierte (siehe Tab. 3.2).

Bei der Methode nach McMaster lag ein metrisches Datenniveau vor. Die Methoden wurden folgendermaßen dichotomisiert: Der Grenzwert, bei der nach der kombinierten Sedimentation/Flotation ein Befund als „niedrig“ klassifiziert werden sollte, lag bei den Ausprägungen 0, 1 und 2. Als „hoch“ sollte ein Befund bei den Ausprägungen „3 und 4“ liegen. Um den Grenzwert zu ermitteln, mit dem die EpG-Werte in „niedrig“ und „hoch“ eingeteilt werden sollten, wurden die Mittelwerte beider Methoden verglichen: War bei der kombinierten Sedimentation/Flotation das Ergebnis 2+, dann war im Mittel das Ergebnis der Eizählung nach McMaster ein EpG von 168,78. Es wurde daher als Grenzwert festgelegt, dass bis zu einem EpG kleiner oder gleich 200 die Ergebnisse als „niedrig“, darüber als „hoch“ galten. Die so binär kodierten Daten wurden mit der Kappa-Statistik verglichen.

### 3.2.10.2 Korrelation zwischen den Ergebnissen der Kotuntersuchung und den Daten der Fragebogenerhebung

In diesem Abschnitt sollten die Ergebnisse der Kotuntersuchung mit den durch die Fragebogenerhebung gewonnenen Daten auf eine mögliche Korrelation hin untersucht werden. Auf diesem Weg sollten Risikofaktoren identifiziert werden, die zu einer überdurchschnittlich hohen Eiausscheidung eines Betriebes führen. Für diese Analyse wurde ein statistisches Modell (multivariate logistische Regression) erstellt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kotuntersuchung als abhängige Variablen und die Fragebogendaten als unabhängige Variablen bezeichnet.

#### 3.2.10.2.1 Bestimmung der abhängigen Variablen (Ergebnisse der Kotuntersuchung) durch eine Kennzahl

Für die Schätzung der Prävalenz war die Befallsstärke auf den Betrieben nicht ausschlaggebend. Für die vorliegende Korrelationsuntersuchung ist dies anders, denn die auf Betriebsebene gewonnenen unabhängigen Variablen (Fragebogendaten) können nur sinnvoll ausgewertet werden, wenn sowohl die Stärke als auch die Verteilung des Befalls (bezogen auf die gesamte Pferdepopulation eines Betriebes) berücksichtigt werden. Dies erfolgt am besten unter Bildung einer Kennzahl. Da sich nicht alle Komponenten des Befalls eines Betriebes durch eine einzige Kennzahl beschreiben lassen, werden mehrere Kennzahlen zur Auswertung verwendet und nebeneinander betrachtet.

##### 3.2.10.2.1.1 Zusammensetzung der Kennzahlen

Für die Bildung von Kennzahlen für den MDS-Befall wurde der prozentuale Anteil von Pferden berechnet, die für das entsprechende Kriterium positiv getestet wurden. Aus diesem

Prozentwert wurde über alle Betriebe ein arithmetisches Mittel gebildet. Dieser Mittelwert diente dazu, eine Einteilung in „negative“ und „positive“ Betriebe für das jeweilige Kriterium vorzunehmen, es erfolgte somit eine binäre Kodierung. Positiv waren solche Betriebe, die über dem Mittelwert lagen oder mit diesem identisch waren, negativ diejenigen Betriebe, deren Kennzahl darunter lag.

Folgende Kriterien wurden verwendet:

- Befall (Prozentsatz MDS-Eier positiver Tiere)
- starke und sehr starke Eiausscheidung (Prozentsatz von Tieren mit starker und/oder sehr starker Eiausscheidung)
- sehr starke Eiausscheidung (Prozentsatz von Tieren mit sehr starker Eiausscheidung)
- EPG 200 (Eiausscheidung über einem EPG von 200)

Diese vier abhängigen Variablen wurden im Zusammenhang mit den Fragebogendaten zur Ermittlung der Risikofaktoren für den MDS-Befall verwendet.

Für Spulwürmer, Bandwürmer und Pfiemenschwänze reichte ein einzelner positiver Befund in dem Betrieb aus, um ihn als „positiv“ zu bezeichnen.

Die Kennzahlen sind in Tab. 3.2 dargestellt.

**Tabelle 3-2:** Kennzahlen für die Befallsstärke eines Betriebes (abhängige Variablen)

		<b>Abhängige Variablen (Kennzahlen)</b>	<b>Folgende Voraussetzung müssen erfüllt sein, um als „positiver“ Betrieb zu gelten:</b>
MDS	Kombinierte Sedimen- tation/Flo- tation	Befall	Prozentsatz MDS-Eier positiver Tiere über dem Durchschnitt
		starke und sehr starke Eiausscheidung*	Prozentsatz von Tieren mit starker und/oder sehr starker Eiausscheidung über dem Durchschnitt
		sehr starke Eiausscheidung *	Prozentsatz von Tieren mit sehr starker Eiausscheidung über dem Durchschnitt
	McMaster	EPG 200	Eiausscheidung über einem EPG von 200
Spulwürmer			Nachweis von Spulwurmeiern
Bandwürmer			Nachweis von Bandwurmeiern
Pfiemenschwänze			Nachweis von Pfiemenschwänzen

\* Definition „starke und sehr starke Eiausscheidung“: in Tabelle 3.1

### 3.2.10.2.2 Unabhängige Variablen (Fragebogendaten)

Alle Variablen des Fragebogens sind potentielle Risikofaktoren. Gab es mehr als zwei Antwortmöglichkeiten, wurde diese Variable binär kodiert. Wurde die Option „weiß nicht“ angekreuzt, wurde die Frage wie eine nicht beantwortete Frage behandelt und nicht in die Auswertung mit einbezogen.

Die einzelnen Variablen sind in Tab. 3.3, zusammen mit ihrer Kodierung, dargestellt.

**Tabelle 3-3:** Kategorisierung der vermuteten Risikofaktoren (unabhängige Variablen)

Kennzeichen der Variablen	Variable	Kodierung	
		vermutetes niedriges Risiko	vermutetes hohes Risiko
a	Größe des Bestandes	≤ 15 Pferde	> 15 Pferde
b	Jungtiere im Betrieb	Nein	ja
c	Prozentualer Anteil an Jungtieren	≤ Ø	> Ø
d	Neuzugänge im letzten Jahr	Nein	ja
e	Haltungsform	Stall/Offenstall	ein Teil der Pferdepopulation steht ganzjährig auf Weiden
f	Beweidungsdauer	12h, stundenweise (ganzjährig/nur im Sommer)	eine Dauer von 24h (ganzjährig/nur im Sommer) wird mit angegeben
g	Besatzdichte	≤ 2Pferde/ha	> 2Pferde/ha
h	Weidewechsel	Ja	nein
i	Kot absammeln	Ja	nein
j	Entfernen von Geilstellen	Ja	nein
k	Wechselbeweidung (andere Tierspezies auf der Weide)	Ja	nein
l	Düngen	Nein	ja
m	Entwürmen von Gastpferden/ Neuzugängen mit anschließender Quarantäne	Ja	nein
n	Häufigkeit des Ausmistens	Täglich	unregelmäßig
o	Häufigkeit des Entwurmens	≥ 3x/Jahr (erwachsene Pferde) oder/und ≥ 4x/Jahr (Fohlen)	< 3x/Jahr (erwachsene Pferde) oder/und < 4x/Jahr (Fohlen)
p	Dosierung der Wurmkuren	individuell nach Gewicht und Größe	immer die gleiche Dosis
q	Benutzte Entwurmungsmittel	Makrozyklische Laktone werden angewendet	Es werden keine makrozyklischen Laktone angewendet
r	Entwurmungsstrategien	werden bewusst durchgeführt	keine, oder nur gegen Magendasseln
s	Informationsbezug	Tierarzt hat Einfluss	Tierarzt hat keinen Einfluss

### 3.2.10.2.2.1 Vorüberlegung (Korrelationsmatrix)

Die im vorausgegangenen Abschnitt vorgenommene Unterteilung in „abhängige“ und „unabhängige“ Variablen diente dazu, eine Regressionsanalyse vorzunehmen. Mit der Regressionsanalyse können potentielle Risikofaktoren (unabhängige Variablen) schrittweise auf ihre Vorhersagekraft für die Höhe der Eiausscheidung (abhängige Variable) überprüft werden. Allerdings müssen bestimmte statistische Bedingungen erfüllt sein, damit die Regressionsanalyse durchgeführt werden kann. Insbesondere sollten die potentiellen Risikofaktoren möglichst wenig miteinander zusammenhängen, weil durch diese Multikollinearität das Regressionsmodell verfälscht wird.

Um die Multikollinearität zu minimieren ist es sinnvoll, Zusammenhänge zwischen den abhängigen Variablen durch Vorüberlegung zu erkennen. In erster Linie ist hier die Kenntnis der logischen Beziehungen zwischen den Faktoren maßgebend. Die Analyse dieser Faktoren ist im folgenden Abschnitt ausgeführt.

Zur Übersichtlichkeit der Vielzahl von Faktoren wurden diese einander in einer Korrelationsmatrix gegenübergestellt und paarweise miteinander abgeglichen. Faktoren, die mit keinem anderen Faktor korrelierten, blieben auf jeden Fall im Modell. Bei den anderen war das Ausmaß der Korrelation ausschlaggebend. Drei Stufen der Korrelation wurden etabliert: hohe, mittlere und schwache Korrelation; zusätzlich trat in zwei Fällen Redundanz auf. Im Falle starker oder häufiger mittlerer Korrelation (d.h. einseitiger Korrelation mit verschiedenen Faktoren) wurde anhand einer Plausibilitätsüberlegung derjenige Faktor im Modell belassen, der mit hoher Wahrscheinlichkeit das Risiko einer hohen Eiausscheidung erhöhte. Die Korrelationsmatrix ist in Tabelle 3.4 dargestellt. In Tabelle 3.5 sind ergänzend alle Faktoren aufgelistet, bei denen Korrelation (bzw. Redundanz) mit anderen Faktoren wahrscheinlich ist.

Meist ergeben sich die Gründe für diese Beziehung schon aus der intuitiven Betrachtung; sie sind für alle Faktoren im Anhang (Kap. 8.5) noch einmal genauer ausgeführt.

**Tabelle 3-4:** Darstellung der vermuteten Korrelationen von Faktoren anhand einer 18x18 Matrix. Die Variablen wurden Tab. 3.3 entnommen

	a	b	c	d	e	f	g	H	i	J	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
a		ab	ac	ad	ae	af	ag	ah	ai	Aj	ak	al	am	an	ao	ap	aq	ar	as	at
b			bc	bd	be	bf	bg	bh	bi	Bj	bk	bl	bm	bn	bo	bp	bq	br	bs	bt
c				cd	ce	cf	cg	ch	ci	Cj	ck	cl	cm	cn	co	cp	cq	cr	cs	ct
d					de	df	dg	dh	di	Dj	dk	dl	dm	dn	do	dp	dq	dr	ds	dt
e						ef	eg	eh	ei	Ej	ek	el	em	en	eo	ep	eq	er	es	et
f							fg	Fh	fi	Fj	fk	fl	fm	fn	fo	fp	fq	fr	fs	ft
g								gh	gi	Gj	gk	gl	gm	gn	go	gp	gq	gr	gs	gt
h									hi	Hj	hk	hl	hm	hn	ho	hp	hq	hr	hs	hat
i										Ij	ik	il	im	in	io	ip	iq	ir	is	it
j											jk	jl	jm	jn	jo	jp	jq	jr	js	jt
k												kl	km	kn	ko	kp	kq	kr	ks	kt
l													lm	ln	lo	lp	lq	lr	ls	lt
m														mn	mo	mp	mq	mr	ms	mt
n															no	np	nq	nr	ns	nt
o																op	oq	or	os	ot
p																	pq	pr	ps	pt
q																		qr	qs	qt
r																			rs	rt
s																				st

schwache Korrelation	
mittlere Korrelation	
starke Korrelation	
Redundanz	

**Tabelle 3-5:** Auflistung der in der Korrelationsmatrix (Tabelle 3-4) dargestellten Korrelationen

Variable	starke Korrelation mit:	mittlere Korrelation mit:	schwache Korrelation mit:	Redundanz mit:
<b>Größe des Bestandes (a)</b>	„Besatzdichte“, „Weidewechsel“, „Kot absammeln“ (ag, ah, ai)	„Neuzugänge“ (ad)	„Häufigkeit des Entwurmens“ (ao)	
<b>Jungtiere im Betrieb ja/nein (b)</b>	„Prozentualer Anteil an Jungtieren“ (bc)	„Häufigkeit des Entwurmens“ (bo)		„Prozentualer Anteil an Jungtieren“ (bc)
<b>Neuzugänge (d)</b>	„Entwurmung von Neuzugängen“ (dm)			
<b>Haltungsform (e)</b>	„Beweidungsdauer“ (ef)			„Beweidungsdauer“ (ef)
<b>Beweidungsdauer (f)</b>	„Besatzdichte“ (fg):			
<b>Besatzdichte (g)</b>		„Kot absammeln“, „Entfernen von Geilstellen“, „Häufigkeit des Entwurmens“, „Düngen“ (gi), (gj), (go), (gl)		
<b>Kot absammeln (i)</b>	„Entfernen von Geilstellen“ (ij)	„Häufigkeit des Ausmistens“, „Häufigkeit des Entwurmens“, „Entwurmungsstrategien“ (in), (io), (ir)		
<b>Entfernen von Geilstellen (j)</b>		„Wechselbeweidung“ (jk)		
<b>Häufigkeit des Ausmistens (n)</b>		„Häufigkeit des Entwurmens“ (no)		
<b>Informationsbezug (s)</b>		„Häufigkeit des Entwurmens“, „Dosierung der Wurmuren“, „Benutzte Entwurmungsmittel“, „Entwurmungsstrategien“ (so), (sp), (sq), (sr)		

### 3.2.10.2.2.2 Clusteranalyse

Um die qualitative Einschätzung aus Kapitel 3.2.10.2.2.1 zu unterstützen und um weitere Kollinearität aufzufinden, wurden die Variablen mit einer hierarchischen Clusteranalyse untersucht. Dabei wurde der Mittelwertabstand zwischen den Variablen berechnet. Mit dieser Clusteranalyse sollten Gruppen erkannt werden, deren Eigenschaften Ähnlichkeiten aufweisen.

### 3.2.10.2.2.3 Modellbildung

In das primäre logistische Regressionsmodell wurden alle unabhängigen Variablen aufgenommen, die nicht durch die im Kapitel 3.2.10.2.2.1 und 3.2.10.2.2.2 genannten Überlegungen ausgeschlossen wurden.

Mit Hilfe des Programms „SPSS 12.0 für Windows“ wurden aus diesem Modell mit der multivariaten logistischen Regressionsanalyse schrittweise alle Faktoren entfernt, die nicht zur Verbesserung des Modells beitrugen. Verwendet wurde hierbei die Methode der Rückwärtsselektion (*backward selection*). Schwelle zum Ausschluss war ein p-Wert von 0,1. Für jedes Modell wurde das Chancenverhältnis: „Odds Ratio“ mit dem Programm „Minitab 13 for Windows“ berechnet.

Es wurde versucht, ein solches Regressionsmodell für jede abhängige Variable (Tabelle 3.2) zu erstellen, was jedoch nicht in jedem Fall gelang. Die Modelle, die erstellt werden konnten, sind im Ergebnisteil erläutert.

### 3.3.10.3. Auswertung der Zusatzfragen

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Koliken auf dem Betrieb und einer hohen Eiausscheidung wurde mit einem  $\chi^2$ -Test überprüft. Ebenso wurde überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der Dauer der Pferdehaltung auf den Betrieben und der Höhe der Eiausscheidung zu erkennen war.

### 3.2.10.3 Analyse der Untersuchungsdaten auf Tierebene

Die Frage, ob Geschlecht, Alter und Rasse einen Einfluss auf die Höhe der Eiausscheidung haben, sollte mit der im Folgenden beschriebenen Analyse geklärt werden. Bei jedem untersuchten Pferd wurden unabhängig von den Fragebögen Daten zu Geschlecht, Alter und Rasse erfasst. Diese konnten als unabhängige Variablen direkt mit der für jedes einzelne Pferd festgestellten Eiausscheidung in Beziehung gesetzt werden. Dies erfolgte mittels der binären logistischen Regressionsanalyse mit dem Programm „Minitab 13 for Windows“.

**Tabelle 3-6:** Kategorien der auf Einzeltierebene erfassten Daten (unabhängige Variablen)

Variable	Kategorien
Alter	erwachsene Pferde
	Jährlinge
	Fohlen
Geschlecht	Wallach
	Stute
	Hengst
Rasse	Vollblut
	Warmblut
	Kaltblut
	Kleinpferd
	Pony
	Wildpferd

Die für die unabhängigen Variablen verwendeten Kategorien sind in Tabelle 3.6. aufgeführt. Für diese Variablen (Rasse, Alter, Geschlecht) wurde jeweils die *Odds Ratio*, d.h. das Ausmaß der Risikoerhöhung, berechnet.

Für die abhängigen Variablen musste in diesem Fall keine Kennzahl gebildet werden, da die Analyse direkt auf Tierebene erfolgte. Die Daten zur Höhe der Eiausscheidung wurden binär kodiert und die dadurch entstandenen Variablen sind in Tabelle 3.7. aufgeführt.

**Tabelle 3-7:** Abhängige Variablen für die Auswertung auf Einzeltierebene (Höhe der Eiausscheidung, MDS)

Abhängige Variable			Kodierung	
			keine bis mittlere Eiausscheidung = 0	starke bis sehr starke Eiausscheidung = 1
MDS	kombinierte Sed./Flot.:		negativ	positiv
		stark und sehr stark	0, 1+, 2+	3+, 4+
		sehr stark	0, 1+, 2+, 3+	4+
	McMaster	EPG	≤ 200	> 200
			Nicht-Vorhandensein = 0	Vorhandensein = 1
Spulwurm			negativ	positiv
Bandwurm			negativ	positiv
Pfriemenschwänze			negativ	positiv

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 Durch den Vorversuch ermittelte Sensitivität der Standardmethode (kombinierte Sedimentation/Flotation)

87 der 105 untersuchten MDS-Eier-positiven Proben wurden auch als positiv erkannt (Tab. 3.8). Somit lag die Sensitivität der Methode bei 82,9 %. Ab einer Konzentrationsstufe von 20 EpG waren alle Proben test-positiv. Bei einem EpG von  $\geq 20$  konnte die Sensitivität daher mit 100% angenommen werden.

**Tabelle 3-8:** Sensitivität der Untersuchungsmethode (kombinierte Sedimentation/Flotation) bei MDS-Eier-positiven Pferdekotproben mit gesicherten EpG-Werten

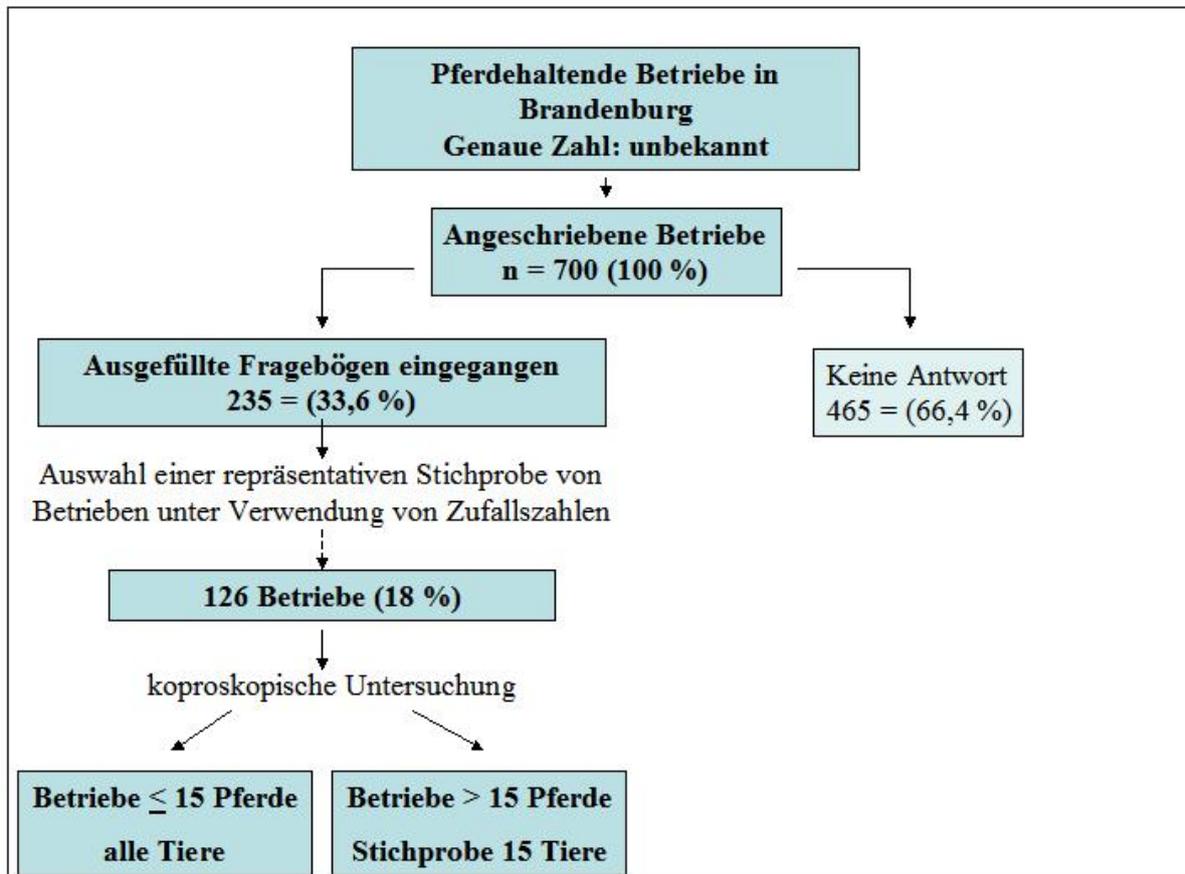
<b>EpG</b>	<b>Anzahl der untersuchten Proben n=105</b>	<b>Richtig positiv (Anzahl) n=87</b>	<b>Richtig positiv (%)</b>
1	15	1	7
5	15	12	80
10	15	14	93
20	15	15	100
40	15	15	100
60	15	15	100
80	15	15	100

#### 3.3.2 Verlauf der Prävalenzstudie

Mit Hilfe der im Kapitel „Methoden“ genannten Verfahren konnten 700 Betriebe ermittelt werden, an welche der Fragebogen versandt wurde. 33,6% (= 235) dieser Fragebögen wurden beantwortet, die Auswertung dieser Antworten ist in Kap 3.3.3 dargestellt.

Durch Verwendung von Zufallszahlen wurden aus den antwortenden Betrieben 126 ausgewählt (vgl. Kap. 3.3.4). Auf diesen Höfen wurden insgesamt 1.407 Pferde untersucht. Maßgeblich für die jeweils untersuchte Zahl von Pferden pro Betrieb war die ebenfalls im Kapitel „Methoden“ ausgeführte Stichprobenplanung (siehe Kap.3.2.6).

Der Verlauf der Studie ist in Abbildung 3.2 skizziert.



**Abbildung 3-2:** Verlauf der Studie zur Ermittlung der Prävalenz von Helminthen bei Pferden in Brandenburg 2006. Nach Ermittlung von 700 Betrieben wurden alle Betriebe angeschrieben, 235 Betriebe sandten den Fragebogen zurück. Unter Verwendung von Zufallszahlen wurde eine repräsentative Stichprobe von 126 Betrieben ausgewählt. In Betrieben mit bis zu 15 Pferden wurden alle Tiere koproskopisch untersucht, in Betrieben mit mehr als 15 Pferden wurde eine Stichprobe von 15 Pferden unter Verwendung von Zufallszahlen zur Untersuchung ausgewählt. Es wurden in den 126 Betrieben insgesamt 1.407 Pferde untersucht.

### 3.3.3 Darstellung der Fragebogenergebnisse

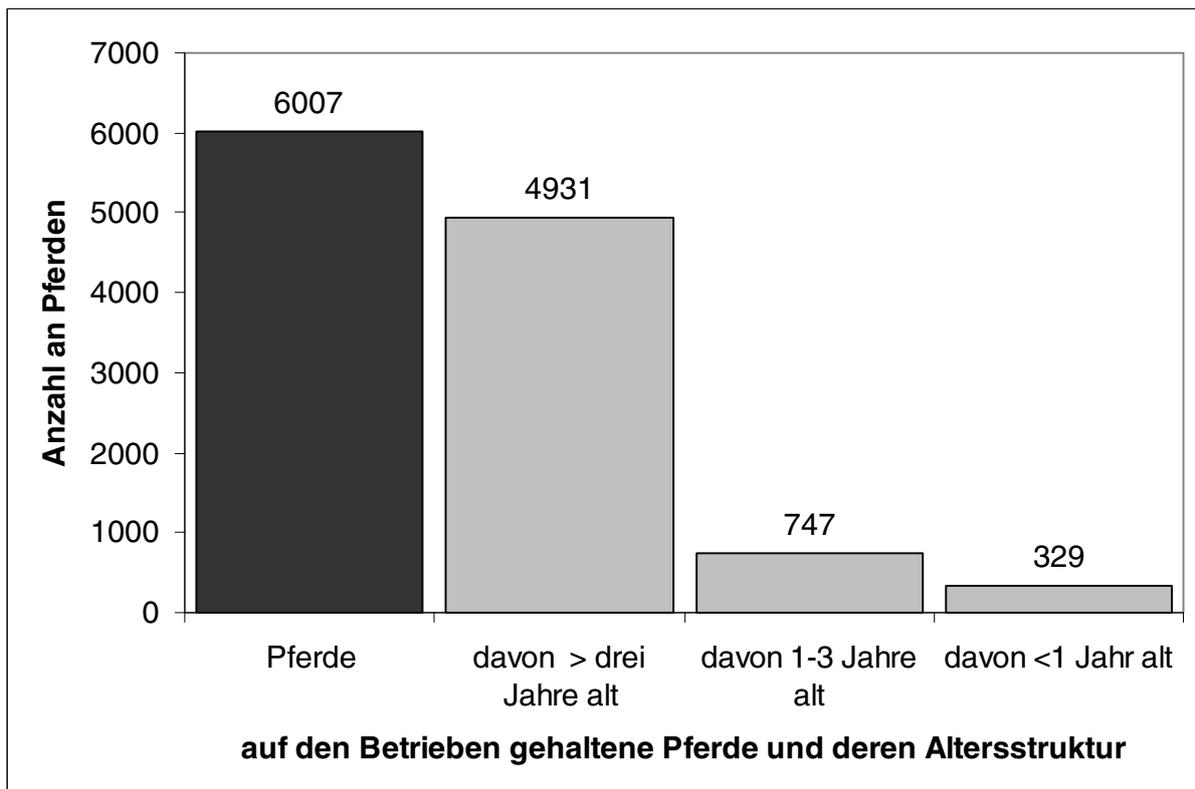
Weil nicht in jedem der zurückgesandten Fragebögen alle Fragen beantwortet wurden, ist in der folgenden Einzelauswertung das Antwortkollektiv nicht immer mit 235 identisch.

Die Elemente des Fragebogens wurden nach folgenden Kriterien geordnet: „Altersstruktur“, „Haltungsform“, „Weide- und Stallhygiene“, „Entwurmung“; dieser Einteilung folgend wird die Auswertung der Antworten im Folgenden schrittweise dargestellt.

### 3.3.3.1 Angaben zu Betriebsgröße und Altersstruktur

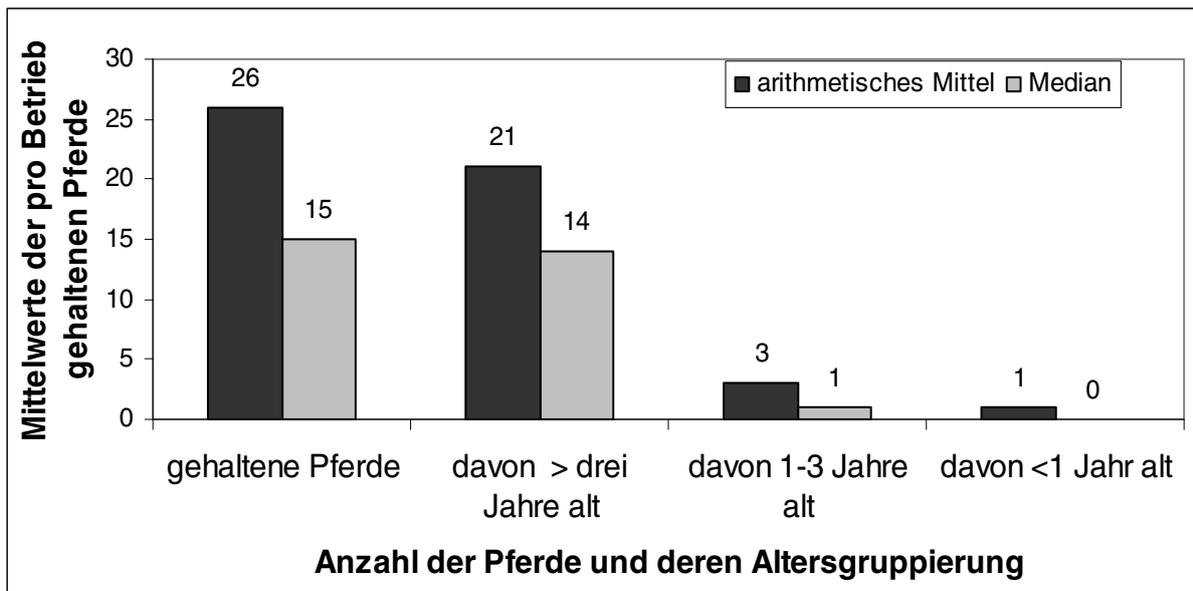
#### 3.3.3.1.1 Anzahl der gehaltenen Pferde und deren Altersstruktur

Werden die Angaben, die auf den 235 eingegangenen Fragebögen zum Tierbestand gemacht wurden summiert, resultiert eine Zahl von 6007 gehaltenen Pferden. Davon waren 82% adulte Tiere (über 3 Jahre), Jungpferde und Fohlen bildeten mit 12% bzw. 6% nur einen geringen Anteil der erfassten Pferdepopulation (vgl. Abb. 3.3). 100 Betriebe hielten ausschließlich Pferde im Alter von über 3 Jahren.

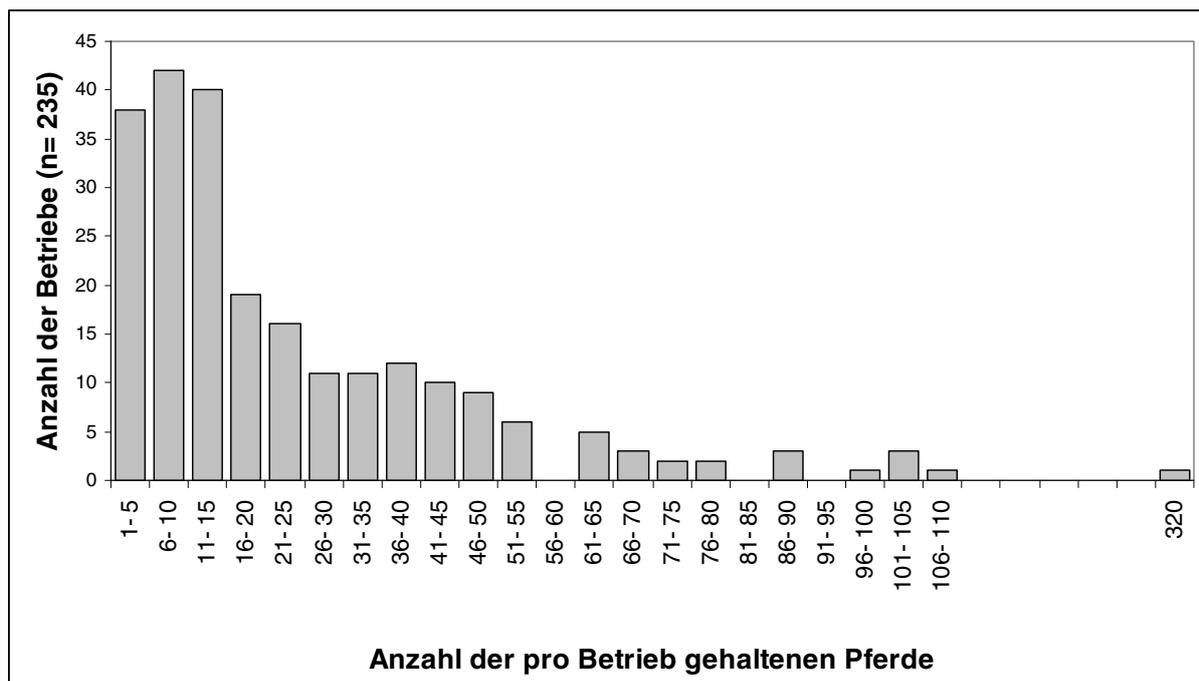


**Abbildung 3-3:** Anzahl und Altersstruktur der in Brandenburg gehaltenen Pferde auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=235).

Durchschnittlich wurden 26 Pferde pro Betrieb gehalten. Der Medianwert liegt bei 15 Pferden (vgl. Abb.3.4). Die genaue Verteilung der Anzahl gehaltener Pferde lässt sich aus Abbildung 3.5 ersehen. Die Altersstruktur betreffend war die überwiegende Zahl der Pferde über drei Jahre alt.



**Abbildung 3-4:** Pro Betrieb im Mittel gehaltene Pferde und deren gemittelte Altersstruktur auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=235)

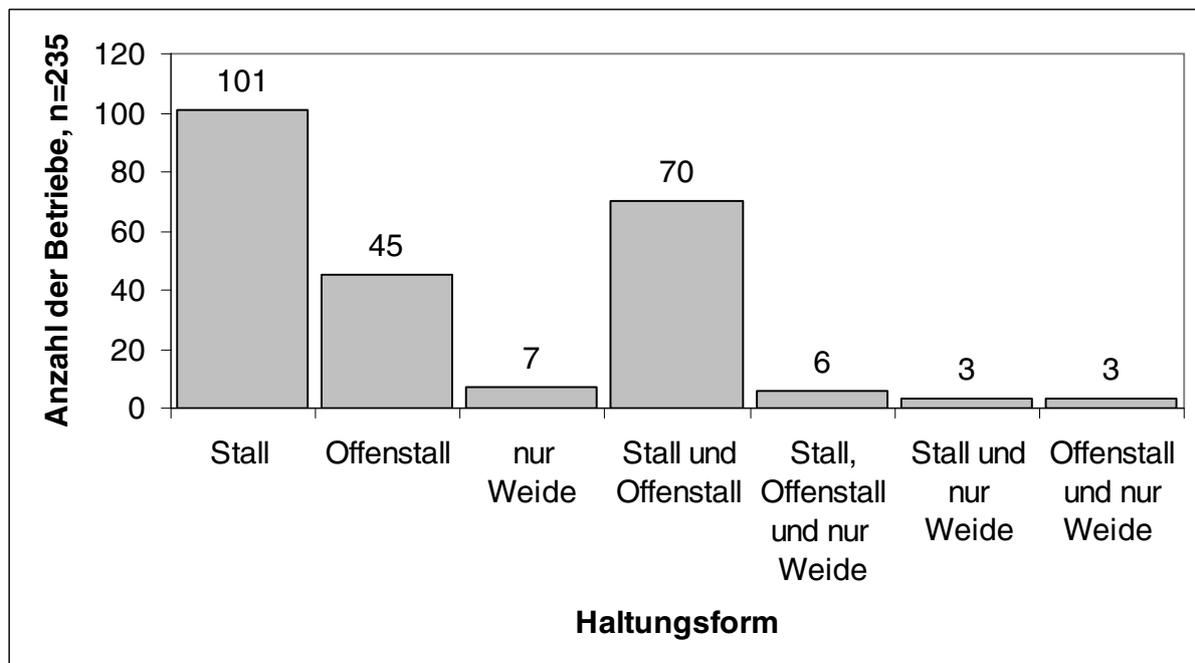


**Abbildung 3-5:** Anzahl der pro Betrieb gehaltenen Pferde auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n= 235)

### 3.3.3.2 Angaben zur Haltung

#### 3.3.3.2.1 Haltungsform

Der überwiegende Teil der Pferde wird in Ställen untergebracht, häufig in Kombination mit anderen Haltungsformen. 23% der Betriebe hingegen haben Pferde nur im Offenstall bzw. auf den Weiden, -und nicht in Ställen- stehen (vgl. Abb.3.6).



**Abbildung 3-6:** Haltungsformen auf pferdehaltenden Betrieben in Brandenburg auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=235)

#### 3.3.3.2.2 Beweidungsdauer

Praktisch alle Betriebe (99%) bieten ihren Pferden Weidemöglichkeiten an. Allerdings gilt dies nicht immer für alle Tiere eines Bestandes. Außerdem ist das Weideschema eines Pferdebetriebs nicht für alle Pferde gleich. Auf 112 (47,7%) Höfen waren alle oder Teile der Population nur im Sommer (vorwiegend 12 Stunden täglich) auf den Weiden. Bei 122 Betrieben (51,9%) hat die gesamte oder nur ein Teil der Pferdepopulation ganzjährig Weidegang.

#### 3.3.3.2.3 Besatzdichte

Für 223 der 235 Betriebe konnte aus den Angaben im Fragebogen die Besatzdichte errechnet werden, die in eine hohe ( $> 2$  Pferde/ha) und eine niedrige ( $\leq 2$  Pferde/ha) Besatzdichte unterschieden wurde. Bei den übrigen Studienbetrieben waren die Daten unvollständig. Der Großteil der Betriebe, die einen in dieser Hinsicht auswertbaren Fragebogen zurücksandten (62 %), wies eine niedrige Besatzdichte ( $\leq 2$  Pferde/ha) auf.

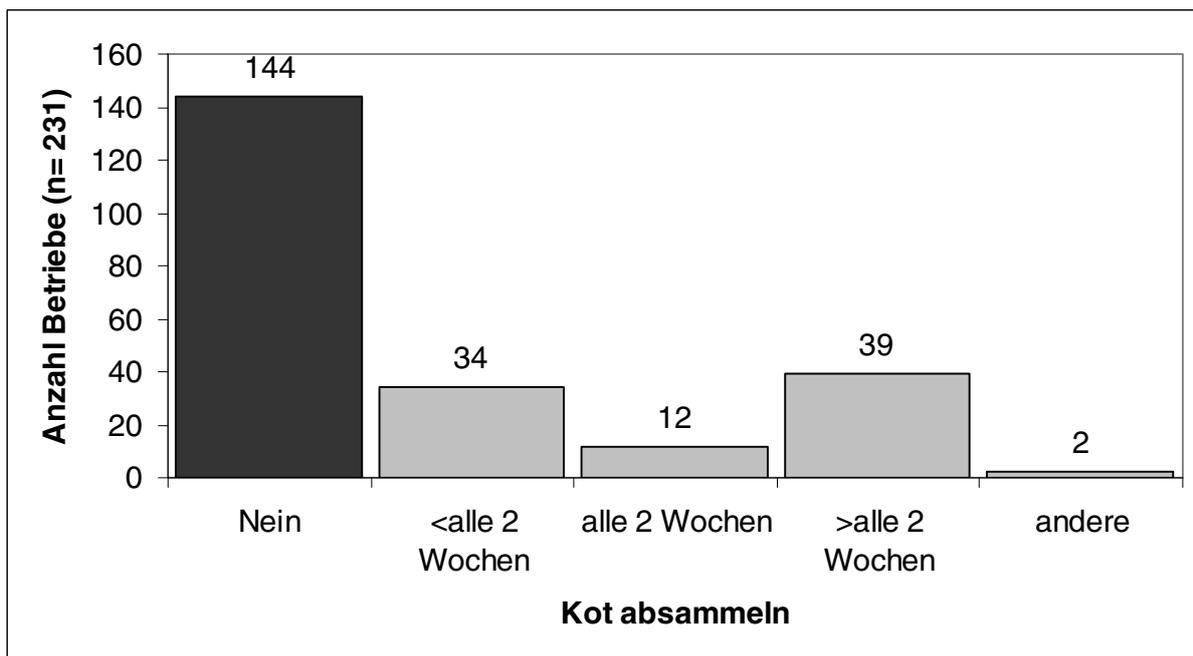
### 3.3.3.3 Angaben zur Weide- und Stallhygiene

#### 3.3.3.3.1 Weidewechsel

231 Betriebe antworteten auf diese Frage. Davon gaben 172 (75%) der Betriebe an, dass sie mehrmals jährlich einen Weidewechsel vollziehen. Sechs Höfe wechselten die Weiden nur einmal jährlich und 53 Höfe gar nicht.

#### 3.3.3.3.2 Kot absammeln

Auf 62 % von 231 Betrieben wurde kein Kot abgesammelt. 22% gaben an, den Kot alle zwei Wochen oder häufiger abzusammeln (Abb. 3.7).



**Abbildung 3-7:** Absammeln von Kot von den Weiden auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=231)

#### 3.3.3.3.3 Geilstellen entfernen

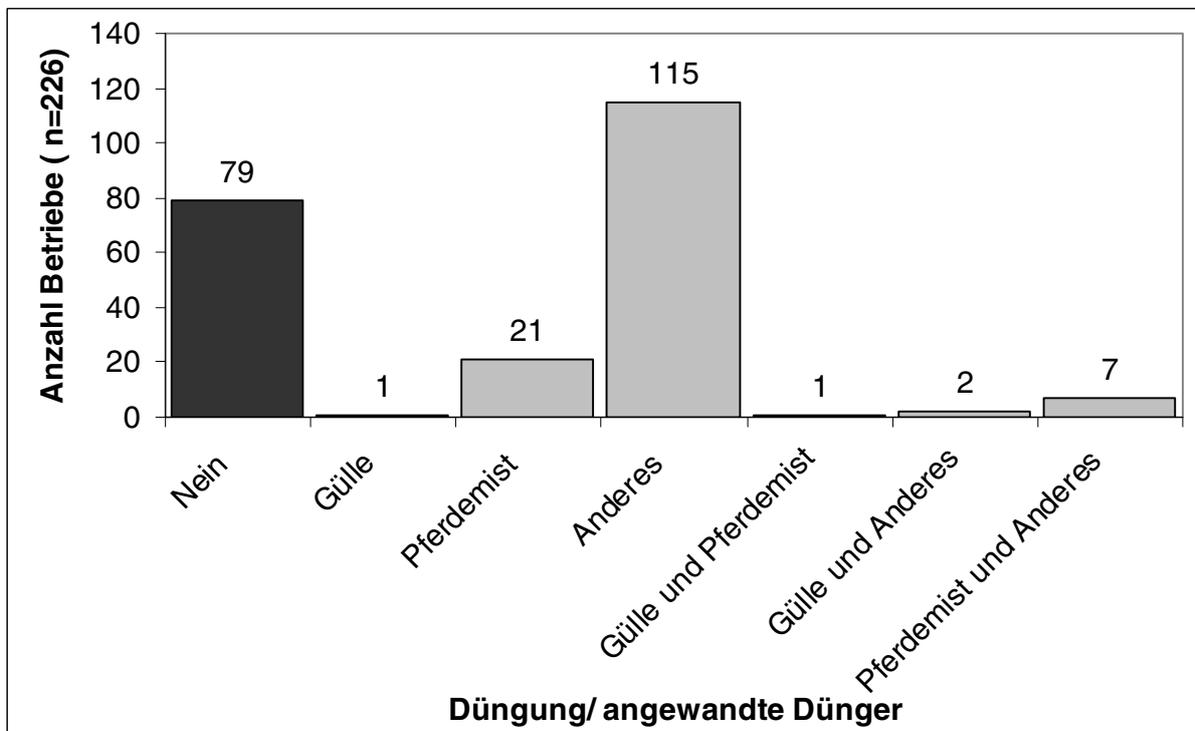
66% der 231 Betriebe die auf diese Frage antworteten, entfernten Geilstellen von den Weiden.

#### 3.3.3.3.4 Wechselbeweidung

228 der Betriebe antworteten auf diese Frage. Auf 17% der Betriebe gab es Wechselbeweidung mit Wiederkäuern. 4% hielten Esel zusammen mit Pferden auf den Weideflächen.

### 3.3.3.3.5 Düngen der Weiden

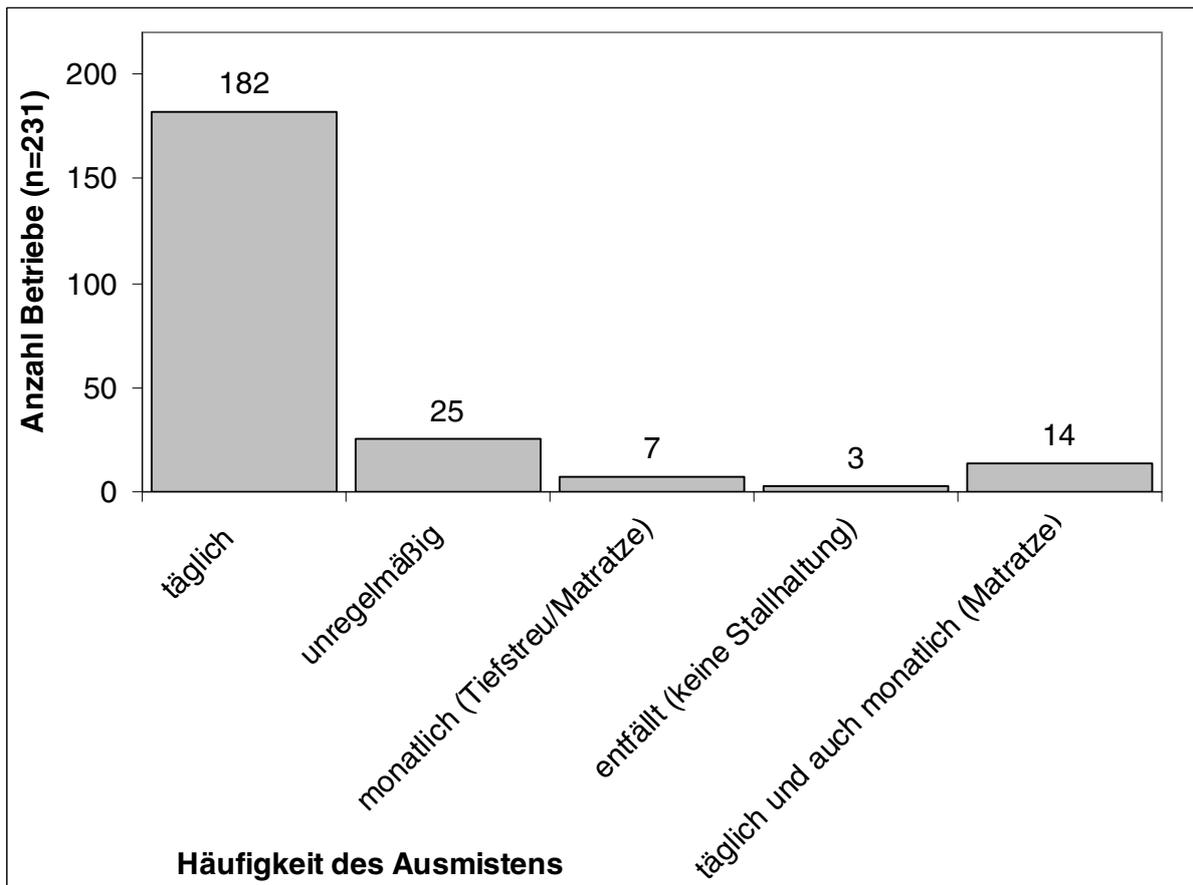
79 von 226 Höfen gaben an, nicht zu düngen. Von den 147 Höfen, die angaben zu düngen, brachten 13% Pferdemit auf den Weiden aus, 51% verwendeten „andere“ Dünger (e.g. Mineraldünger). Diese Ergebnisse sind in Abbildung 3.8 dargestellt.



**Abbildung 3-8:** Düngung der Weiden auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=226)

### 3.3.3.3.6 Häufigkeit des Ausmistens

Knapp über  $\frac{3}{4}$  der 231 Pferdebestände misteten die Boxen ihrer Pferde täglich aus. 11% misteten die Boxen unregelmäßig (vgl. Abb. 3.9).



**Abbildung 3-9:** Häufigkeit des Ausmistens auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=231)

### 3.3.3.4 Angaben zu Entwurmungsstrategien

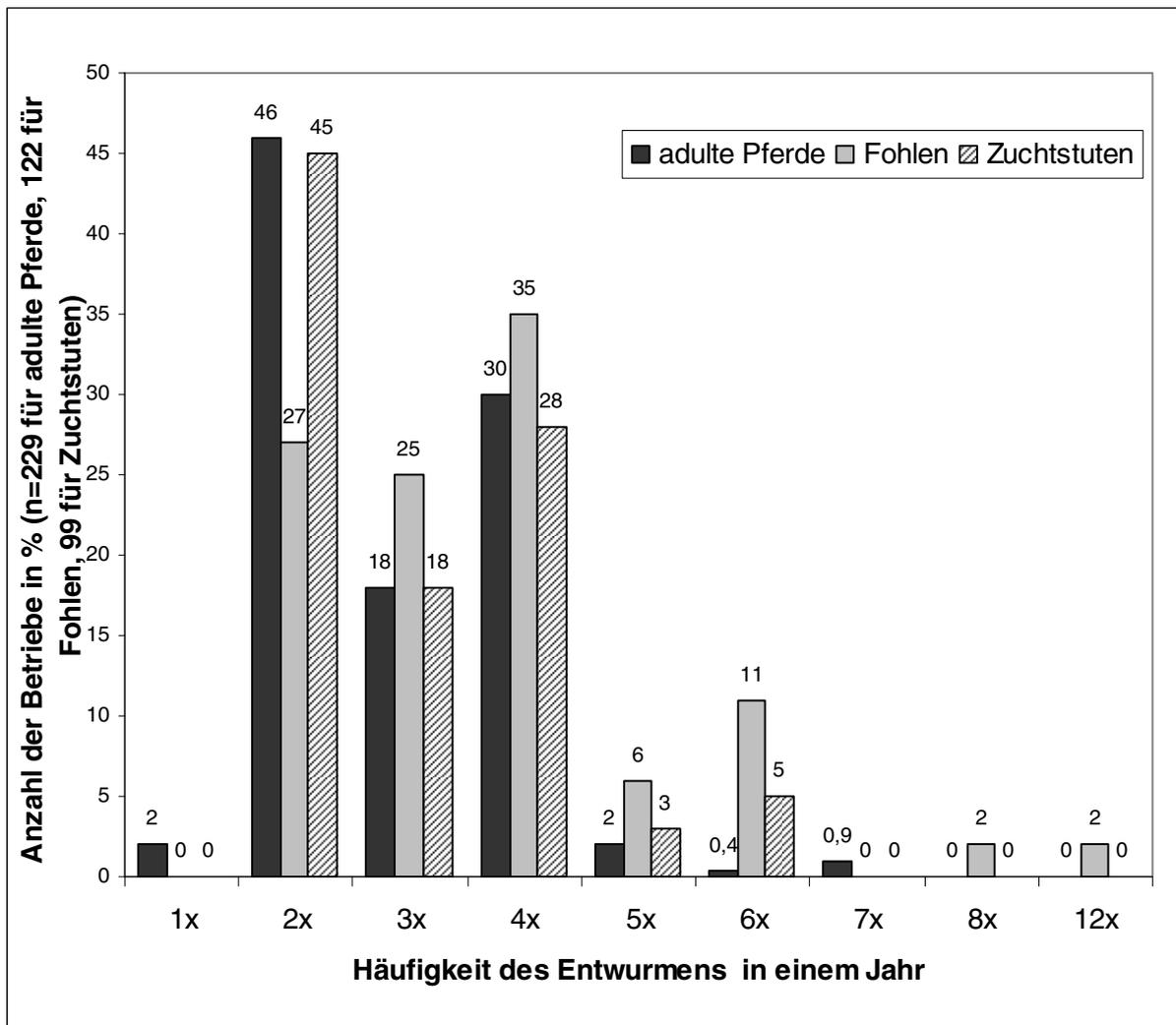
#### 3.3.3.4.1 Entwurmungsfrequenz

Von den 229 Betrieben, die auf die Frage der Entwurmungshäufigkeit antworteten, entwurmt mit 106 der überwiegende Teil ihre adulten Tiere zweimal im Jahr. Weitere 25 bzw. 32 Höfe entwurmt ihre Tiere drei- bzw. viermal; höhere Entwurmungsfrequenzen, -bis maximal siebenmal,- waren sehr selten.

Auf den 122 Betrieben, die Fohlen hielten, entwurmt 35% ihre Fohlen viermal im Jahr; zwei- und dreimaliges Entwurmen wurden ungefähr gleich häufig (27% bzw. 25%) durchgeführt. Knapp 2% gaben an, Fohlen zwölfmal im Jahr zu entwurmen.

99 Höfe machten Angaben zur Entwurmungsfrequenz von Zuchtstuten. Die meisten davon (45%) entwurmen ihre Zuchtstuten zweimal im Jahr.

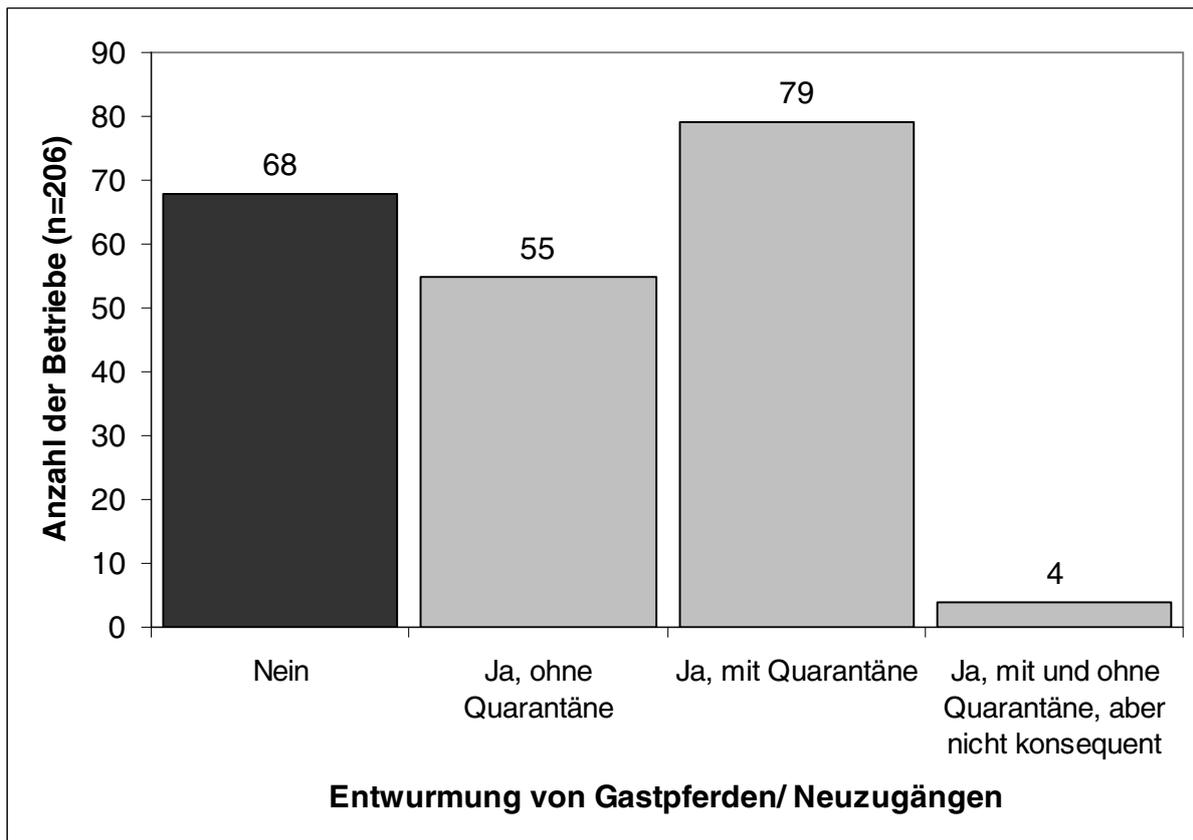
Graphisch sind die Ergebnisse zur Entwurmungsfrequenz in Abb. 3.10 dargestellt.



**Abbildung 3-10:** Häufigkeit des Entwurmens bei erwachsenen Pferden, Fohlen und Zuchtstuten auf den Betrieben auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=229)

#### 3.3.3.4.2 Entwurmen von Neuzugängen

67% der Betriebe, die auf diese Frage antworteten, entwurmen auf den Hof kommende Gastpferde und/oder Neuzugänge. Dabei folgte der Entwurmung bei über der Hälfte dieser Betriebe eine Quarantäne (vgl. Abb. 3.11).



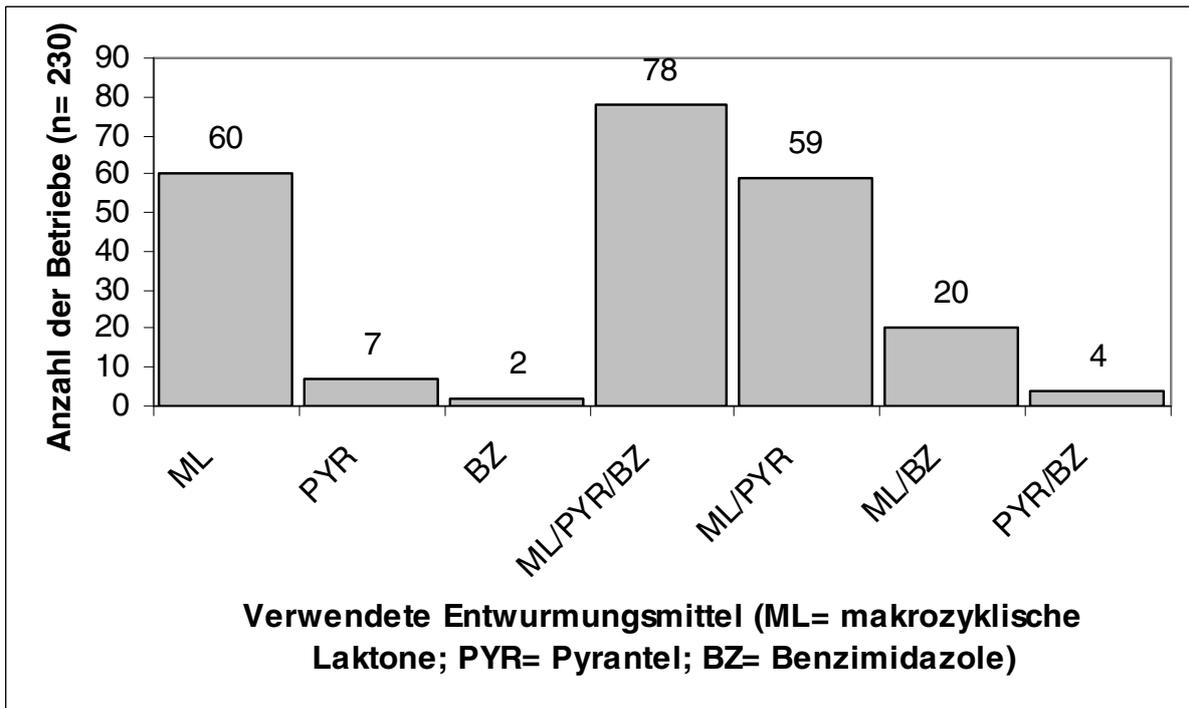
**Abbildung 3-11:** Entwurmung von Gastpferden und Neuzugängen. Daten auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=206)

#### 3.3.3.4.3 Dosierung der Wurmuren

231 Betriebe antworteten auf die Frage, wie sie die den Pferden verabreichten Wurmuren dosieren. Nur 14% der Betriebe gaben dabei an, die Wurmuren individuell nach Gewicht und Größe zu dosieren. Auf 80% der Betriebe wird pro Pferd eine ganze Wurmpaste gegeben.

#### 3.3.3.4.4 Verwendete Anthelminthika

34% der Höfe gaben an, alle drei im Fragebogen angegebenen Anthelminthikagruppen zur Entwurmung zu verwenden. 26% verwenden makrozyklische Laktone als alleiniges Anthelminthikum. Fast ebenso häufig wurden makrozyklische Laktone und Pyrantel verwendet. Sehr selten wurde angegeben, dass Benzimidazole und Pyrantel als alleinige Entwurmungsmittel verwendet wurden (Abbildung 3.12).



**Abbildung 3-12:** Verwendete Entwurmungsklassen auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=230)

#### 3.3.3.4.5 Entwurmungsstrategien

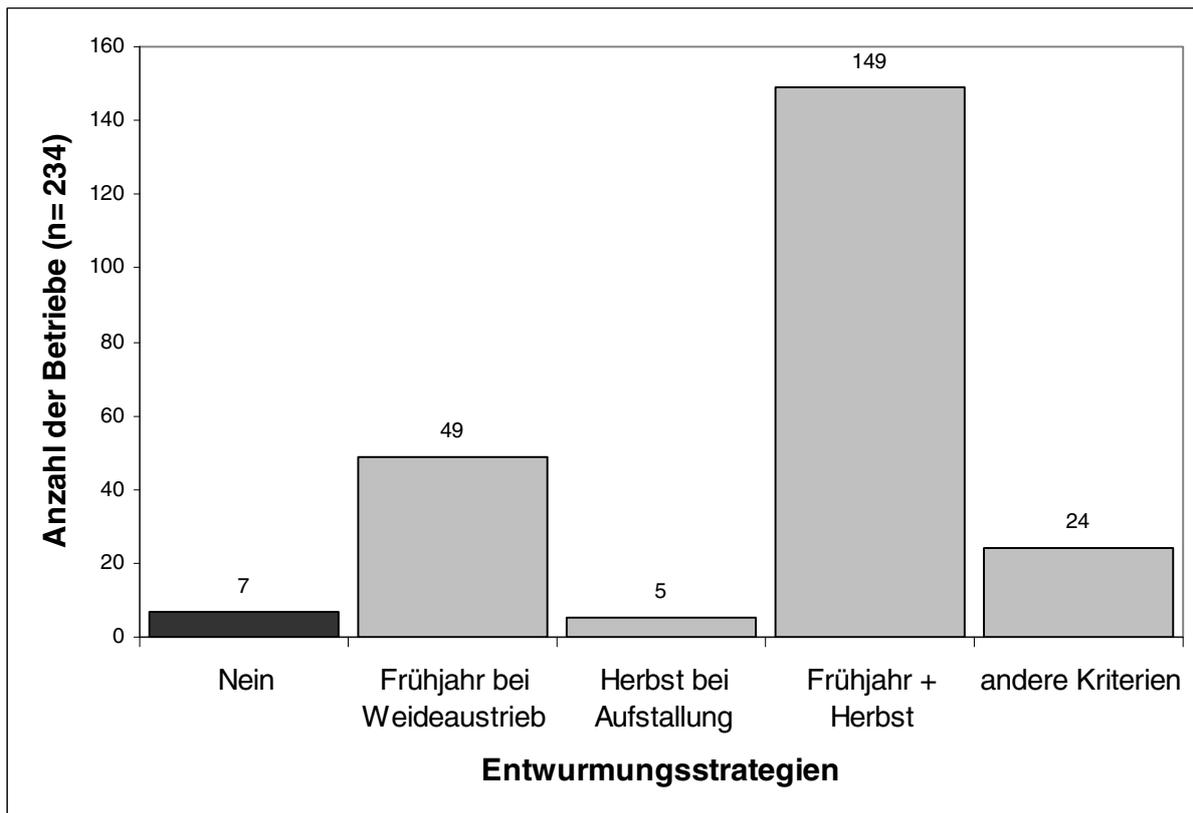
Auf die Frage, ob die Behandlung zu bestimmten, im Rahmen einer strategischen Behandlung empfohlenen Zeitpunkten erfolgt, antworteten 234 Betriebe. Am häufigsten (bei 64%) wurde angegeben, dass im Frühjahr und im Herbst entwurmt wird (Abb. 3.13).

72% der Betriebe achteten bei der Entwurmung auch auf die Bekämpfung von Magendasseln.

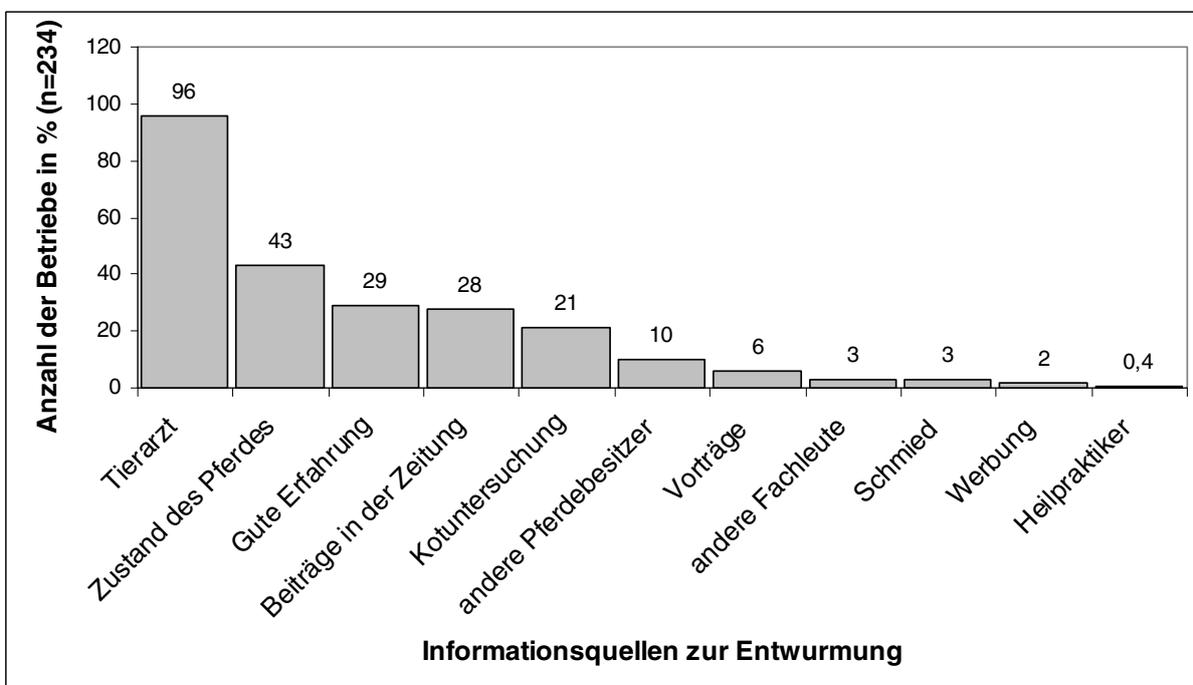
#### 3.3.3.4.6 Informationsquellen und Kriterien für die Entwurmung

Bei der Frage nach Informationsquellen für die Entwurmung waren Mehrfachnennungen möglich. Der Tierarzt berät 96% der Höfe zur Entwurmung und ist bei knapp 34% der Betriebe der alleinige Informant.

Bezüglich der Kriterien für das Ergreifen von Behandlungsmaßnahmen wurde von 43% der Betriebe der Zustand des Pferdes, von 21% das Ergebnis einer Kotuntersuchung genannt (vgl. Abb. 3.14).



**Abbildung 3-13:** Entwurmungsstrategien (Zeitpunkt der Behandlung). Daten auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=234)

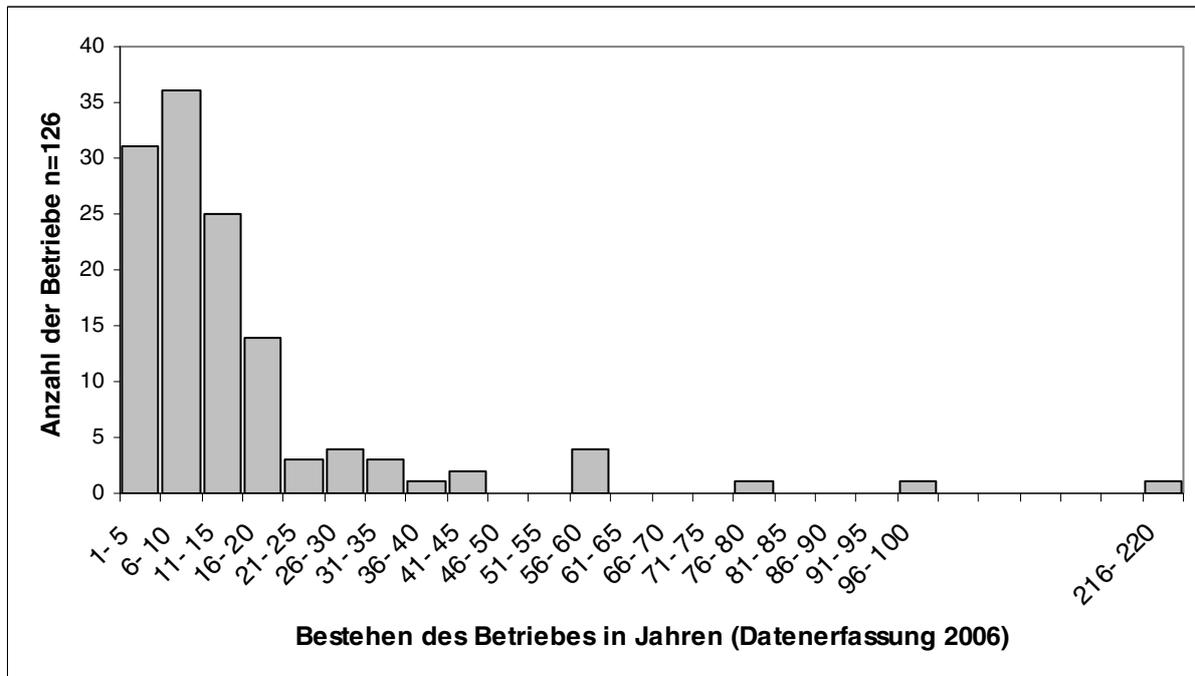


**Abbildung 3-14:** Faktoren mit Einfluss auf die Entwurmungsmaßnahmen. Daten auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=234)

### 3.3.3.3.7 Ergebnisse der Zusatzfragen

Im Folgenden ist die Auswertung der Fragen dargestellt, die nur auf den Höfen, die zur Kotprobenentnahme besucht wurden, gestellt wurden:

78% der besuchten Betriebe begannen mit der Pferdehaltung nach der Wiedervereinigung. In Abbildung 3.15 ist das Alter der Pferdebestände dargestellt.

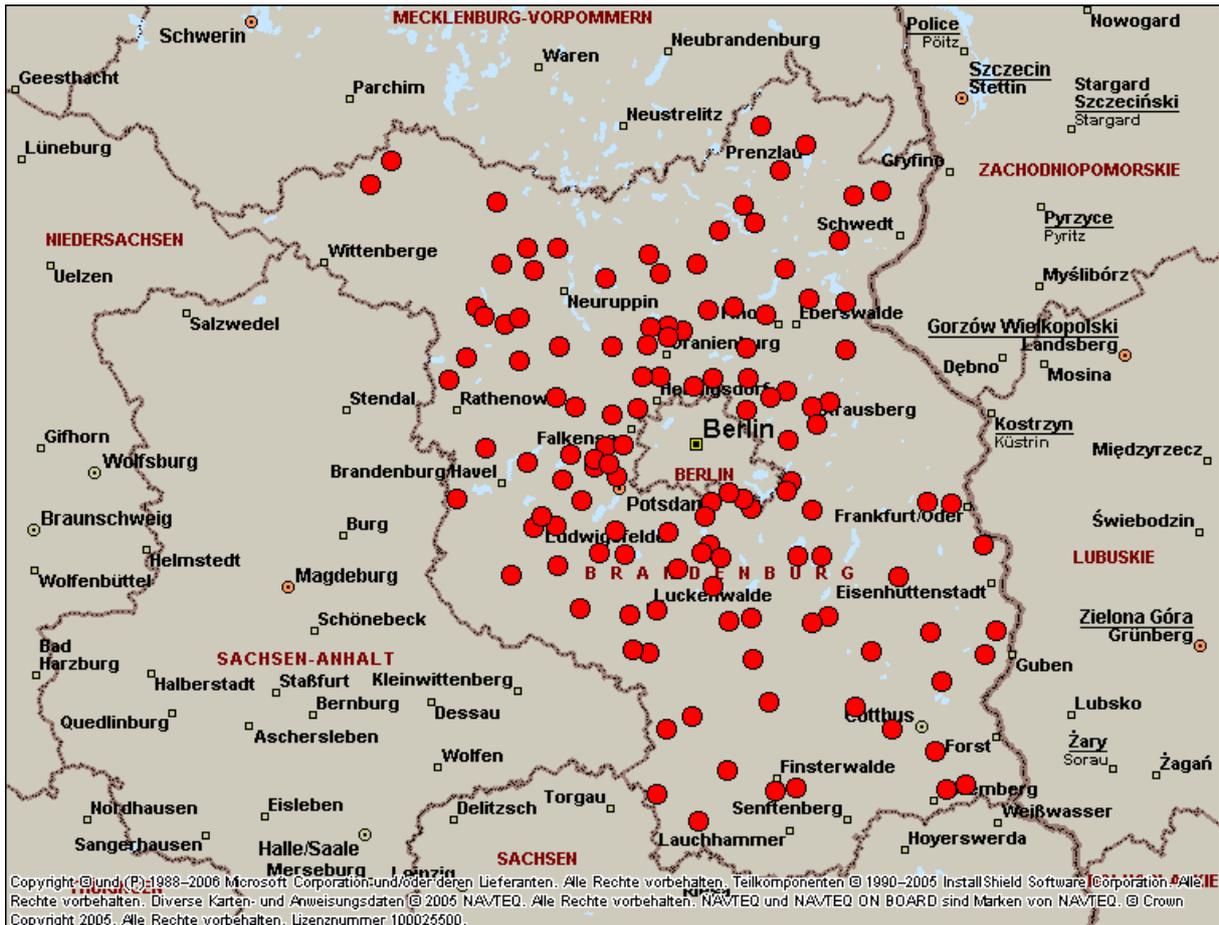


**Abbildung 3-15:** Dauer der Pferdehaltung auf den im Jahr 2006 untersuchten Betrieben (n=126)

Auf die Frage, ob bereits Krankheitssymptome im Zusammenhang mit einer Entwurmung beobachtet wurden, antworteten 10 der 126 besuchten Pferdehalter bejahend. Es wurden Koliksymptome, Mattigkeit und in einem Fall Fieber beobachtet. Diese Symptome traten nach Behandlung mit makrozyklischen Laktonen und Benzimidazolen auf.

### 3.3.4 Anzahl der untersuchten Betriebe

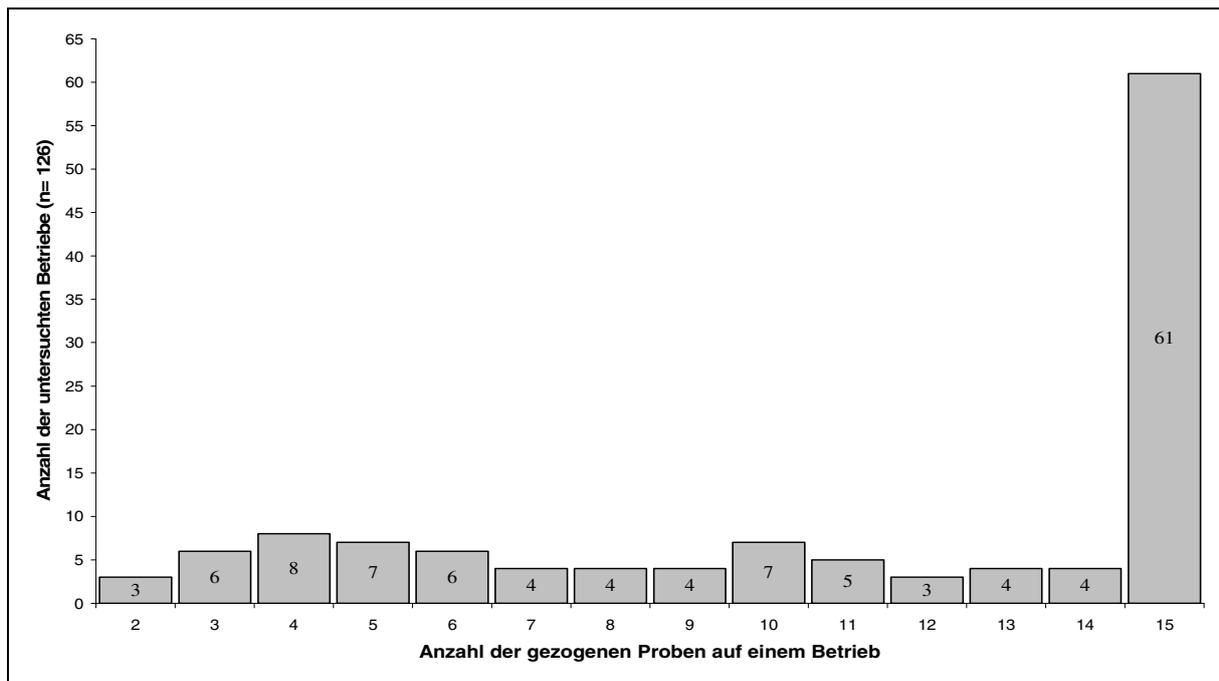
Von den Betrieben, die den Fragebogen zurücksandten, wurden 126 Betriebe mit Zufallszahlen ausgewählt und untersucht. Diese Zahl liegt deutlich über dem Stichprobenumfang, der in Kap. 3.2.6.1 als Mindestgröße für eine adäquate Prävalenzschätzung ermittelt wurde ( $n= 90$ ). Zur kartographischen Verteilung dieser 126 Studienbetriebe siehe Abb. 3.16.



**Abbildung 3-16:** Geographische Verteilung der 126 im Jahre 2006 untersuchten Betriebe im Bundesland Brandenburg.

#### 3.3.4.1 Anzahl der pro Betrieb genommenen Proben

Auf den Studienbetrieben wurden insgesamt 1.407 Pferde untersucht. Fast auf der Hälfte der untersuchten Betriebe konnte die vorher festgelegte Maximalzahl (siehe Stichprobenplanung Tiere, Kap. 3.2.6.2) von 15 Pferden untersucht werden (s. Abb. 3.17).



**Abbildung 3-17:** Anzahl untersuchter Pferde pro Betrieb

### 3.3.5 Ergebnisse der Kotuntersuchung

#### 3.3.5.1 Prävalenz von Helminthen

Da die Untersuchung auf Betriebsebene erfolgte, reichte, wie ausgeführt, schon ein einzelner positiver Befund aus, um einen Betrieb als belastet zu markieren.

Die Untersuchung ergab für die Höfe in Brandenburg folgendes Ergebnis: Die Betriebsprävalenz von Magen-Darm-Strongyloiden lag bei 98,4%, Spulwürmer waren mit 16,7% die am zweithäufigsten auf Betrieben angetroffenen Endoparasiten, Bandwürmer wurden auf 14,3% der Betriebe nachgewiesen. Pfriemenschwänze wurden zu 8,7% und Zwergfadenwürmer zu 4,0% auf den Betrieben nachgewiesen.

Auf Tierebene waren Magen-Darm-Strongyloiden bei 67% der Pferde nachweisbar. Die anderen Parasiten wurden nur bei wenigen Pferden gefunden (vgl. Tab. 3.9).

**Tabelle 3-9:** Prävalenz von Endoparasiten bei Pferden in Brandenburg

Parasiten	Betriebsebene (n= 126)	Tierebene (n=1.407)
Magen-Darm-Strongyloiden	98,4% (95% LCL 88,4%) <sup>1</sup>	67%
Spulwürmer	16,7% (95% CI 6,7- 26,7) <sup>2</sup>	2%
Bandwürmer	14,3% (95% CI 4,3- 24,3) <sup>2</sup>	2%
Pfriemenschwänze	8,7% (95% CI 0,1 - 18,7) <sup>2</sup>	1,7%
Zwergfadenwürmer	4,0% (95% CI 0,1- 14,0) <sup>2</sup>	0,5%

<sup>1</sup> siehe Stichprobenplanung Kapitel 3.2.6.1

<sup>2</sup> nach Tabelle 13.2 aus Thrusfield (1995)

Bei den Magen-Darm-Strongyliden erfolgte eine weitere Differenzierung, die im folgenden dargestellt ist.

### 3.3.5.2 Larvendifferenzierung der Magen-Darm-Strongyliden

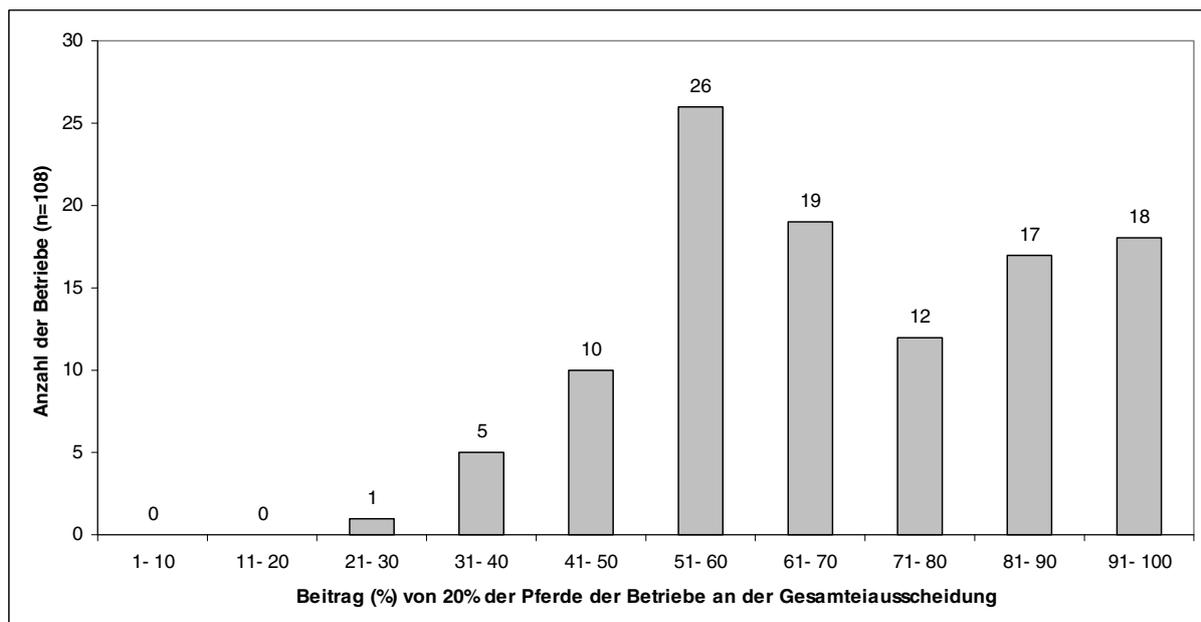
Von den Kotproben der 124 Strongyliden-positiven Höfe wurden Larven kultiviert. Bei der mikroskopischen Differenzierung der Larven anhand der Zahl von Mitteldarmzellen stellte sich heraus, dass in allen Proben kleine Strongyliden enthalten waren. In 0,8% der Proben - also auf einem Betrieb - konnte *Strongylus vulgaris* nachgewiesen werden. 8% der Proben enthielten Larven mit 16 Mitteldarmzellen und waren deshalb nicht eindeutig zuzuordnen, da neben Arten der kleinen Strongyliden auch Drittlarven von *Strongylus equinus* 16 Mitteldarmzellen aufweisen.

### 3.3.5.3 Andere Endoparasiten

Leberegelier und Lungenwürmerlarven wurden in keiner Kotprobe nachgewiesen.

Eimerien wurden auf 0,8% der Betriebe und bei 0,07% der untersuchten Pferde gefunden.

### 3.4.6.3. Verteilung der Eiausscheidung in der Betriebspopulation



**Abbildung 3-18:** Beitrag der 20% der untersuchten Pferde pro Betrieb mit maximalem EpG an der ermittelten Gesamteiausscheidung (in Prozent)

Auf den meisten Betrieben verursachte eine Minderheit der Pferdepopulation den größten Teil der Ausscheidung von MDS-Eiern („*overdispersion*“).

Zur Veranschaulichung dient Abbildung 3.18, die darstellt, welchen Anteil 20% der untersuchten Pferdepopulation eines Betriebes an der Gesamteiausscheidung dieses Betriebes hat. Es wurde hierfür jeweils dasjenige Fünftel eines Pferdebestandes ausgewählt, das unter

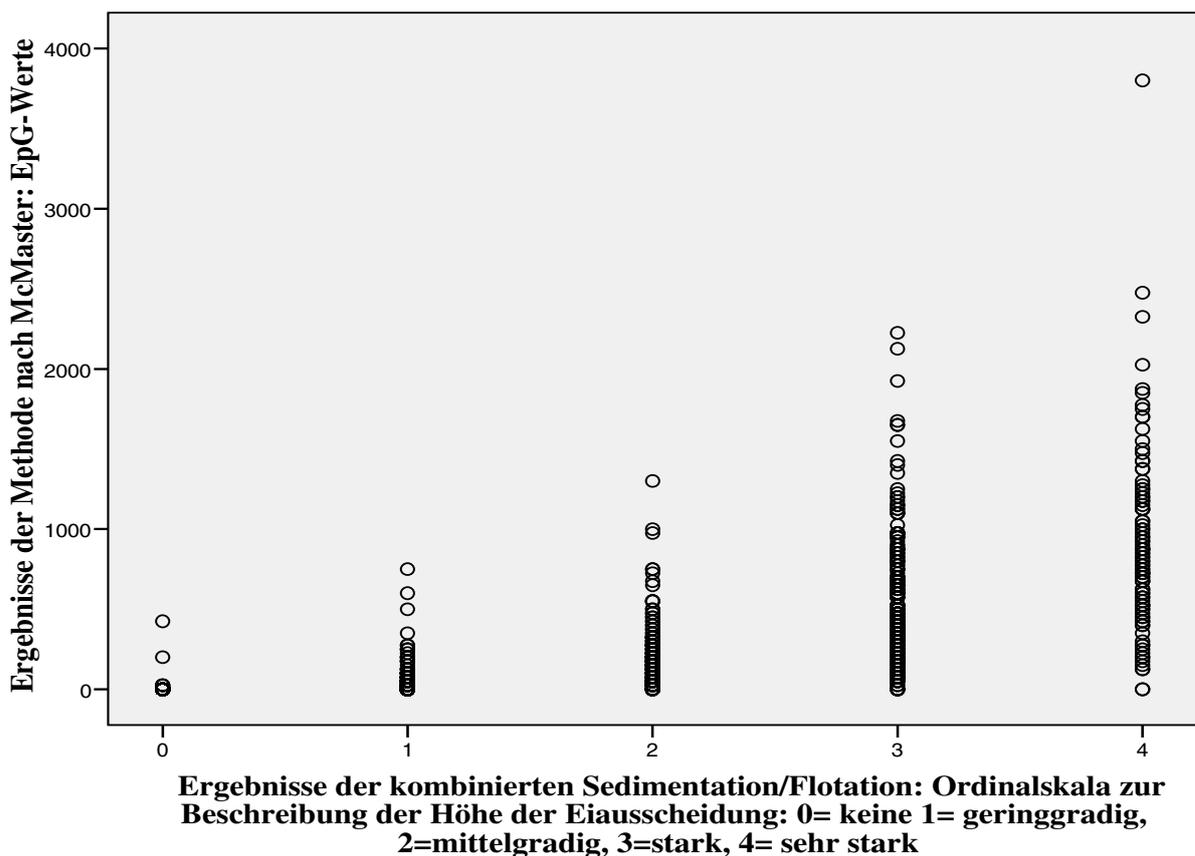
allen beprobten Pferden des Bestandes die höchste Eiausscheidung (EpG) aufwies. Deutlich wird, dass die Eiausscheidung dieser Minderheit der Pferde bei knapp 1/3 der Betriebe über 80% der Gesamteiausscheidung ausmachte.

In der Abbildung sind nur Betriebe mit mindestens fünf Pferden und mindestens einem Pferd mit positivem Befund im Bestand enthalten (ca. 86% der Betriebe).

### 3.3.6 Statistische Auswertung

#### 3.3.6.1 Vergleich der Flotationsmethoden

Abbildung 3.19 enthält das Streudiagramm zum Vergleich der verwendeten Flotationsmethoden. Ein positiver Zusammenhang zwischen beiden Methoden ist ersichtlich, doch ist evident, dass eine starke Streuung besteht. So ergaben Kotproben, die mit der kombinierten Sedimentation/Flotation untersucht wurden, und im Ergebnis „sehr starke Eiausscheidung“ (4) resultierten, mit der Methode nach McMaster das gesamte Spektrum von EpG-Werten von 0 bis zu EpG-Werten nahe 4000.



**Abbildung 3-19:** Streudiagramm zum Vergleich der Ergebnisse der kombinierten Sedimentation/Flotation mit der Methode nach McMaster

Mit der Kappa-Statistik wurde berechnet, dass der  $\kappa$ -Wert 0,707 beträgt. Der Wert bestätigt, dass ein deutlicher Zusammenhang zwischen beiden Methoden besteht.

### 3.3.6.2 Risikofaktoren auf Betriebsebene

#### 3.3.6.2.1 Clusteranalyse

Durch die Clusteranalyse der Daten können die in Kap.3.2.10.2.2.1 angenommenen starken Kollinearitäten nicht erkannt werden. Allerdings besteht zwischen drei Variablen eine deutliche Clusterbildung („Haltungsform“, „Informationsbezug“ und „Neuzugänge“), was einen neuen kollinearen Zusammenhang wahrscheinlich macht. Dieser wurde anschließend beim Variablenausschluss berücksichtigt. Eine genauere Ausführung findet sich im Anhang.

#### 3.3.6.2.2 Modellbildung

In Kapitel 3.2.10.2.2.1 wurden die Überlegungen beschrieben, anhand derer potentielle Risikofaktoren für das Vorliegen einer Helmintheninfektion bzw. für eine hohe Eiausscheidung auf ihren korrelativen Zusammenhang hin untersucht wurden. Ihre Gegenüberstellung in einer Korrelationsmatrix führte zum Ausschluss von 7 Variablen. Es bleiben nur die Variablen zur Modellbildung, die inhaltlich am besten zu begründen sind. Das Ergebnis dieser Auswahl ist in Tabelle 3.10 dargestellt, ihre nähere Begründung findet sich im Anhang (Kap.8.5). Die in der Tabelle genannten anzunehmenden Risikofaktoren bildeten in Bezug auf die jeweils verwendeten mathematischen initialen Regressionsmodelle die unabhängigen Variablen; die initialen Modelle wurden dann durch Rückwärtsselektion zu endgültigen Modellen verfeinert.

**Tabelle 3-10:** Variablen für das Regressionsmodell

b	Jungtiere im Betrieb ja/nein
f	Beweidungsdauer
h	Weidewechsel
i	Kot absammeln
k	Wechselbeweidung
l	Düngen
m	Entwürmen von Gastpferden/ Neuzugängen
n	Häufigkeit des Ausmistens
o	Häufigkeit des Entwurmens
p	Dosierung der Wurmuren
q	Benutzte Entwurmungsmittel
r	Entwurmungsstrategien

### 3.3.6.2.3 Darstellung der einzelnen Modelle

Es konnten drei Modelle für den Befall mit Magen-Darm-Strongyliden erstellt werden, für andere Endoparasiten war eine Modellbildung nicht möglich.

Für den MDS-Befall konnten drei verwertbare Modelle mit „überdurchschnittlich starke Eiausscheidung“, „überdurchschnittlich starke und sehr starke Eiausscheidung“ und „überdurchschnittlich viel Tiere mit einem EpG über 200“ als abhängige Variablen entwickelt werden. Die Modelle sind in Tabelle 3.11 zusammengefasst, als Kriterium der Modellgüte gilt, welcher Prozentsatz die Varianz des Modells erklärt („Vorhersagewert“).

**Tabelle 3-11:** Übersicht über die verschiedenen Modelle zum MDS-Befall (die modellbildenden Risikofaktoren sind mit einem Kreuz markiert)

Modelle:	1	2	3
Risikoparameter:	<b>„sehr starke Eiausscheidung“ (MDS)</b>	<b>„starke und sehr starke Eiausscheidung“ (MDS)</b>	<b>„EPG&gt;200“ (MDS)</b>
Vorhersagewert:	<b>78 %</b>	<b>68,3 %</b>	<b>78 %</b>
<b>Variablen</b>			
Jungtiere im Betrieb ja/nein			X
Häufigkeit des Ausmistens	X	x	X
Häufigkeit des Entwurmens	X	x	X
Dosierung der Wurm-kuren			X
Benutzte Ent-wurmungsmittel			X
Entwurmungs-strategien		x	

Im Folgenden werden die Modelle einzeln erläutert:

### Erstes Modell:

Für die Ergebnisvariable „sehr starke Eiausscheidung im Betrieb“ (kombinierte Sedimentation/Flotation) konnte ein Regressionsmodell mit zwei Risikofaktoren entwickelt werden. Lagen diese beiden Faktoren zusammen vor, konnte mit einer 78%igen Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass eine sehr starke Eiausscheidung im Betrieb vorlag. Bei den Faktoren handelt es sich zum einen um die Häufigkeit des Ausmistens (Variable n) und zum anderen um die Häufigkeit des Entwurmens (Variable 0 ) (vgl. Tabelle 3.11.).

In Tabelle 3.12 ist dargestellt, dass bei unregelmäßigem Ausmisten die *Odds Ratio*, eine sehr starke Eiausscheidung in dem Pferdebestand eines Betriebes anzutreffen, um das viereinhalbfache erhöht war. Bei einer Entwurmung, die seltener als 3-mal im Jahr erfolgte, war die *Odds Ratio* um etwa das dreifache erhöht.

**Tabelle 3-12:** Risikofaktoren für eine sehr starke Eiausscheidung

<b>Risikofaktor</b>	<b>Odds Ratio</b>	<b>95% CI</b>	<b>p-Wert</b>
unregelmäßiges Ausmisten	4,51	1,56 - 13,10	0,006
Entwurmung <3x/Jahr (erwachsene Pferde) oder/und <4x/Jahr (Fohlen)	2,62	1,09 – 6,29	0,031

### Zweites Modell:

Das Modell für die Zielvariable „überdurchschnittlich starke und sehr starke Eiausscheidung“ (kombinierte Sedimentation/Flotation) hatte eine Vorhersagewahrscheinlichkeit von 68,3%. Es beinhaltete die Risikofaktoren „Häufigkeit des Ausmistens“, „Häufigkeit des Entwurmens“ und „Entwurmungsstrategien“ (Tabelle 3.11).

Die *Odds Ratio* für überdurchschnittlich viele Tiere mit einer starken und sehr starken Eiausscheidung war bei Betrieben, die unregelmäßig ausmisten, um etwa das siebenfache erhöht. Selteneres Entwurmen und das Fehlen von Entwurmungsstrategien erhöhten die *Odds Ratio* jeweils um etwa das vierfache (Tabelle 3.13).

**Tabelle 3-13:** Risikofaktoren für eine starke und sehr starke Eiausscheidung

<b>Risikofaktor</b>	<b>Odds Ratio</b>	<b>95% CI</b>	<b>p-Wert</b>
unregelmäßiges Ausmisten	6,98	1,80 - 27,10	0,005
Entwurmung <3x/Jahr (erwachsene Pferde) oder/und <4x/Jahr (Fohlen)	4,25	1,91 – 9,47	0,000
keine Entwurmungsstrategien	3,98	1,07 - 14, 86	0,040

### Drittes Modell:

Die mit der Methode nach McMaster ermittelte Eiausscheidung von MDS wurde als Zielvariable eingesetzt, wenn überdurchschnittlich viele Pferde eines Betriebes einen EpG von über 200 hatten. Für dieses Risiko konnte ein Modell mit einer Vorhersagekraft von 78% erstellt werden, wenn folgende 6 Risikofaktoren darin eingeschlossen waren: „Jungtiere im Betrieb“, „Dosierung der Wurmkuren, „benutzte Entwurmungsmittel“, „Häufigkeit des Ausmistens“, und „Häufigkeit des Entwurmens“ (Tabelle 3.11).

Betriebe, die Jungtiere hielten, hatten eine mehr als dreifach höhere *Odds Ratio* eine Eiausscheidung über 200 EpG bei überdurchschnittlich vielen Tieren aufzuweisen. Bei Betrieben, die unregelmäßig ausmisten, war das Risiko 5-fach höher.

In Bezug auf die Entwurmung hatten sowohl Betriebe, die ihre Wurmkuren individuell nach Gewicht und Größe dosierten, als auch diejenigen Betriebe, die keine makrozyklischen Laktone verwendeten, eine ca. achtfach erhöhte *Odds ratio* (Tabelle 3.14).

Seltenes Entwurmen führte zu einer fünffachen Erhöhung.

Die Variable „Weidewechsel“ verbesserte das Modell, auch wenn sie selbst kein signifikanter Risikofaktor war (Tabelle 3.14).

**Tabelle 3-14:** Risikofaktoren für einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Tieren mit einem EPG >200

<b>Risikofaktor</b>	<b>Odds Ratio</b>	<b>95% CI</b>	<b>p-Wert</b>
Jungtiere im Betrieb	3,41	1,22 - 9,56	0,019
Weidewechsel	3,23	0,91 - 11,48	0,070
unregelmäßiges Ausmisten	5,22	1,24 – 21,86	0,024
Entwurmung <3x/Jahr (erwachsene Pferde) oder/und <4x/Jahr (Fohlen)	3,24	1,30 - 8,06	0,012
Dosierung der Wurmkur individuell nach Gewicht und Größe	7,88	1,62 - 38,42	0,011
Es werden keine makrozyklischen Laktone angewendet	8,29	1,19 - 57,52	0,032

#### 3.3.6.3 Risikofaktoren auf Tierebene

Im Folgenden ist aufgeführt, welche Merkmale des einzelnen Tieres mit einem höheren Risiko eines starken Befalls mit Magen-Darm-Strongyliden einher zu gehen scheinen.

#### **Zielvariable: starke und sehr starke Eiausscheidung**

Die Auswertung dieser Variablen ist in Tabelle 3.15 dargestellt.

1. Alter: Gegenüber erwachsenen Tieren haben Jährlinge eine fast vierfach höhere *Odds Ratio* einer starken oder sehr starken MDS-Eiausscheidung. Die *Odds Ratio* ist bei Fohlen um fast das zweifache höher; dieser Wert ist jedoch nicht signifikant.

2. Geschlecht: Stuten und Hengste haben gegenüber Wallachen eine fast zweifach höhere *Odds Ratio*.
3. Rasse: Kaltblüter und Wildpferde haben eine fast vierfach höhere *Odds Ratio* für eine starke und sehr starke Eiausscheidung. Auch bei Kleinpferden ist sie signifikant erhöht.

**Tabelle 3-15:** Risikofaktoren für eine starke und sehr starke Eiausscheidung mit MDS auf Tierebene

Variable	Kategorien	n	Positiv	OR	95% CI	p-Wert
Alter	Erwachsene Pferde	1294	380 (29%)	1		
	Jährlinge (1 – 2 Jahre alt)	83	54 (65%)	3,86	2,33 – 6,41	0,000
	Fohlen (< 1 Jahr alt)	30	15 (50%)	1,76	0,81 – 3,82	0,153
Geschlecht	Wallach	632	155 (25%)	1		
	Stute	669	241 (36%)	1,72	1,34 – 2,20	0,000
	Hengst	103	53 (51%)	1,97	1,20 – 3,23	0,007
Rasse	Vollblut	141	45 (32%)	1		
	Warmblut	757	224 (30%)	0,94	0,63 – 1,40	0,754
	Kaltblut	36	22 (61%)	3,68	1,69 – 8,02	0,001
	Kleinpferd	132	55 (42%)	1,72	1,04 – 2,86	0,036
	Pony	312	92 (29%)	0,93	0,60 – 1,45	0,745
	Wildpferd	16	10 (63%)	3,94	1,31 – 11,88	0,015

**Zielvariable „sehr starker Befall“:**

Signifikant höhere Risiken bestehen hierfür bei Jährlingen, Stuten, Hengsten und Kaltblütern (Tabelle 3.16).

**Zielvariable: positiver MDS-Befund**

Jährlinge hatten gegenüber adulten Pferden eine mehr als elffach höhere *Odds Ratio* eines positiven Befunds. Auch Stuten hatten gegenüber Wallachen ein signifikant höheres Risiko (Tabelle 3.17).

**Tabelle 3-16:** Risikofaktoren für eine sehr starke Eiausscheidung mit MDS auf Tierebene

Variable	Kategorien	n	Positiv	OR	95% CI	p-Wert
Alter	Erwachsene Pferde	1294	80 (6%)	1		
	Jährlinge (1- 2 Jahre alt)	83	13 (16%)	2,10	1,03 – 4,29	0,042
	Fohlen (< 1 Jahr alt)	30	5 (17%)	1,90	0,66 – 5,52	0,237
Geschlecht	Wallach	632	27 (4%)	1		
	Stute	669	56 (8%)	2,02	1,25 – 3,26	0,004
	Hengst	103	15 (15%)	2,61	1,20 – 5,69	0,015
Rasse	Vollblut	141	6 (4%)	1		
	Warmblut	757	55 (7%)	1,86	0,78 – 4,43	0,162
	Kaltblut	36	7 (19%)	5,70	1,75 - 18,57	0,004
	Kleinpferd	132	10 (8%)	2,40	0,71- 5,82	0,184
	Pony	312	19 (6%)	1,52	0,59 – 3,91	0,389
	Wildpferd	16	1 (6,25%)	1,48	0,16- 13,50	0,729

**Tabelle 3-17 :** Vergleich von Pferden mit einem positiven MDS-Befund mit Pferden mit negativem Befund

Variable	Kategorien	n	Positiv	OR	95% CI	p-Wert
Alter	Erwachsene Pferde	1294	841 (65%)	1		
	Jährlinge (1 – 2 Jahre alt)	83	79 (95%)	11,43	4,02 - 32,45	0,000
	Fohlen (< 1 Jahr alt)	30	25 (83%)	2,67	7,41	0,059
Geschlecht	Wallach	632	389 (62%)	1		
	Stute	669	476 (71%)	1,51	1,19 - 1,92	0,001
	Hengst	103	79 (77%)	1,02	0,58 - 1,78	0,946
Rasse	Vollblut	141	98 (70%)	1		
	Warmblut	757	503 (66%)	0,90	0,61 - 1,34	0,609
	Kaltblut	36	32 (89%)	3,76	1,24 - 11,40	0,019
	Kleinpferd	132	100 (76%)	1,52	0,88 - 2,63	0,132
	Pony	312	192 (62%)	0,72	0,47 - 1,11	0,140
	Wildpferd	16	16 (100%)	nicht möglich		

**Zielvariable: EpG über 200:**

Zusätzlich zu den für die Zielvariable „starker und sehr starker Befall“ ermittelten signifikanten Risikofaktoren erwies sich für diese Wurmbelastungskategorie, bezogen auf erwachsene Pferde, auch die Kategorie „Fohlen“ signifikant als Risiko (Tabelle 3.18).

**Tabelle 3-18:** Risikofaktoren für einen EpG >200

<b>Variable</b>	<b>Kategorien</b>	<b>N</b>	<b>Positiv</b>	<b>OR</b>	<b>95% CL</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Alter</b>	Erwachsene Pferde	1294	339 (26%)	1		
	Jährlinge (1 – 2 Jahre alt)	83	54 (65%)	4,18	2,52 - 6,93	0,000
	Fohlen (< 1 Jahr alt)	30	17 (57%)	2,42	1,11 - 5,28	0,027
<b>Geschlecht</b>	Wallach	632	137 (22%)	1		
	Stute	669	217 (32%)	1,71	1,33 - 2,22	0,000
	Hengst	103	56 (54%)	2,45	1,49 - 4,03	0,000
<b>Rasse</b>	Vollblut	141	38 (27%)	1		
	Warmblut	757	208 (27%)	1,07	0,70 - 1,62	0,756
	Kaltblut	36	20 (56%)	3,69	1,69 - 8,08	0,001
	Kleinpferd	132	48 (36%)	1,76	1,04 - 2,99	0,036
	Pony	312	85 (27%)	1,05	0,66 - 1,67	0,842
	Wildpferd	16	10 (63%)	4,94	1,62 - 15,10	0,005

**Variablen: Spulwürmer, Bandwürmer, Oxyuren**

Für den Befall mit Spulwürmern, Bandwürmern und Oxyuren war eine Berechnung von Risikofaktoren nicht möglich. Die Befallsdaten sind daher nur deskriptiv in Tabelle 3.19 aufgeführt.

**Tabelle 3-19:** Spulwurm- Bandwurm- und Oxyurenbefall von Pferden in Bezug zu den Kategorien Rasse, Alter und Geschlecht

Variable	Kategorien	Spulwürmer			Bandwürmer			Oxyuren		
		N	pos.	%	N	pos.	%	n	pos.	%
Alter	Erwachsene Pferde	1.294	13	1	1294	29	2	1.294	18	1
	Jährlinge (1– 2 Jahre)	83	5	6	83	1	1	83	3	4
	Fohlen (<1 Jahr)	30	10	33	30	0	0	30	4	13
Geschlecht	Wallach	632	6	0,9	632	16	3	632	3	0,5
	Stute	669	11	2	669	12	2	669	16	2
	Hengst	103	11	11	103	1	1	103	6	6
Rasse	Vollblut	141	5	4	141	2	1	141	0	0
	Warmblut	757	11	1	757	20	3	757	9	1
	Kaltblut	36	3	8	36	1	3	36	3	8
	Kleinpferd	132	3	2	132	1	0,8	132	5	4
	Pony	312	4	1	312	6	2	312	6	2
	Wildpferd	16	2	13	16	0	0	16	2	12

## 4 DISKUSSION

### 4.1 Ermittlung der Population pferdehaltender Betriebe

In der vorliegenden Studie wurde die Prävalenz des Helminthenbefalls bei Pferden in Brandenburg ermittelt. Dies geschah im vorliegenden Fall auf Betriebsebene, was aus epidemiologischen Gründen sinnvoll ist, weil sich die Risiken eines Helminthenbefalls vorrangig aus Betriebsstrukturen herleiten.

Um die Prävalenz sinnvoll zu bestimmen, musste zunächst die Population der pferdehaltenden Betriebe in Brandenburg erfasst werden, um aus dieser Grundgesamtheit eine möglichst repräsentative Stichprobe auswählen zu können. Diese Population zu ermitteln, war allerdings nicht problemlos möglich, denn die hierzu heranzuziehenden Schätzwerte bezogen sich lediglich entweder auf die Gesamtzahl der Pferde oder die Zahl der Pferdehalter. Eine Schätzung der Betriebspopulation ließ sich aus diesen Zahlen nicht ableiten.

Es war daher zunächst notwendig, diese Schätzung durchzuführen. Um die dafür notwendigen Daten zu ermitteln, wurden zwei verschiedene Zugangswege gewählt: zum einen der Rückgriff auf bestehende Verzeichnisse („Handbuch für Pferdezucht und Sport“, „Gelbe Seiten“ sowie Internetannoncen), zum anderen eine Anzeige in der Pferdezeitschrift „Cavallo“.

Wie zu erwarten war, wurden in den genannten Verzeichnissen vorrangig diejenigen Betriebe aufgeführt, die Pferdehaltung kommerziell betreiben. Auch die Anzeige in der „Cavallo“ lieferte nur eine begrenzte Zahl von 39 Privatställen. Es ist daher davon auszugehen, dass letztere in der Schätzung der Population deutlich unterrepräsentiert sind. Weiter ist zu berücksichtigen, dass Pferdehalter, die sich auf die Anzeige in der Pferdezeitschrift meldeten, wahrscheinlich engagierter sind als der Durchschnitt und deshalb nicht in jeder Hinsicht als repräsentativ für die Grundgesamtheit gelten können.

Insgesamt wurde für die Betriebspopulation in Brandenburg eine Zahl von 700 Betrieben geschätzt. Für die Auswahl der Stichprobe standen allerdings nur diejenigen Betriebe zur Verfügung, welche den Fragebogen ausgefüllt zurücksandten, also 235 Betriebe. Zur Diskussion dieser Rücklaufquote vgl. Kap 4.3. Es ist denkbar, dass die Betriebe, die den Fragebogen ausfüllten, auch generell ein höheres Engagement für Tierhygiene und Entwurmung aufbringen als diejenigen Betriebe, die den Fragebogen nicht ausfüllten. Als wichtigster Indikator für die Repräsentativität der Stichprobe kann allerdings die Betriebsgröße gelten. Betrachtet man Abbildung 3.5, ergibt sich eine auch für die Grundgesamtheit der Betriebe als plausibel anzusehende Verteilung. Höfe mit einer kleinen Anzahl von Pferden sind hier am häufigsten vertreten. Dies steht in Übereinstimmung mit der Annahme, dass kleine Betriebe in der Pferdewirtschaft dominieren. Die 235 Betriebe stellen somit einen realistischen Querschnitt der pferdehaltenden Betriebe in Brandenburg dar und

diese Prävalenzstudie kann den Anspruch erheben, einen repräsentativen Anteil der zu untersuchenden Population erreicht zu haben.

Interessant ist, dass auf den meisten Betrieben zum Untersuchungszeitpunkt (2006) mit der Pferdehaltung vor 16 oder weniger Jahren begonnen wurde. Dies unterstützt die Vermutung, dass ein starkes Wachstum der Pferdepopulation nach der Wiedervereinigung begonnen hat.

## **4.2 Anteil der ermittelten Pferdepopulation**

Auch der mit der Studie erreichte Anteil der *Pferdepopulation* ist von Interesse, weil sich durch ihn die Prävalenz auf Tierebene gut einschätzen lässt. Als Anhaltspunkt kann hierfür ein Blick auf den Tierzuchtreport dienen: Dort wurde für Brandenburg im Jahre 2006 ein Schätzwert von 30.000 Pferden angegeben (Hertwig et al., 2006). Die 235 Pferdebetriebe, die auf den versandten Fragebogen geantwortet hatten, gaben insgesamt eine Zahl von 6.007 Pferden an. Unter der Annahme, dass der Schätzwert des Tierzuchtreports zutrifft, wurden somit 20% der Pferdepopulation in Brandenburg erreicht.

Wird des weiteren angenommen, dass die Pferdepopulation auf den Betrieben, die nicht auf den Fragebogen geantwortet haben (66,4%), mit den Höfen, die geantwortet haben, vergleichbar ist (33,6%), dann wurde mit den 700 angeschriebenen Betrieben mehr als die Hälfte der vom Tierzuchtreport für Brandenburg angegebenen Pferdepopulation erfasst.

## **4.3 Fragebogen**

### **Design des Fragebogens und Rücklauf:**

Der Fragebogen wurde per Post zu den Höfen geschickt. Postversand führt häufig zu einer niedrigen Antwortrate (WHO, 2001), doch war ein persönliches Interview aus finanziellen und zeitlichen Gründen nicht möglich. Es konnte ein Rücklauf von 33,6% erreicht werden. In vergleichbaren Studien lag der Rücklauf höher (O'Meara & Mulcahy, 2002; Lind et al., 2007b).

Befragungen, deren Beantwortung viel Zeit in Anspruch nimmt, haben eine sehr niedrige Rücklaufquote (WHO, 2001). Hierauf wurde insofern vorab eingegangen, als die meisten Fragen sich durch schlichtes Ankreuzen beantworten ließen. Der mäßige Rücklauf ist somit vermutlich nicht auf einen zu großen Zeitaufwand zurückzuführen.

Betrachtet man den höheren Rücklauf in der Studie von Lind et al. (2007b), so ist dabei allerdings zu bedenken, dass in jener Studie den Ausfüllern der Fragebögen als Belohnung ein Buch versprochen wurde.

Sowohl in der Studie von Lind et al. als auch in der vorliegenden Studie wurde nach Versand des Fragebogens mit einer Reihe von Höfen Kontakt aufgenommen, die noch nicht geantwortet hatten. Bei Lind et al. in Form von Erinnerungsbriefen, in der vorliegenden Studie durch Erinnerungsanrufe. Dadurch wurden wahrscheinlich diejenigen Betriebe zur Antwort veranlasst, die den Fragebogen bis dahin vergessen hatten oder der Studie eher

bejahend, aber noch unschlüssig gegenüber standen. Eine Belohnung der Antworten wurde in Erwägung gezogen, doch aus finanziellen Gründen abgelehnt. Mit einer Belohnung hätte man vermutlich die Teilpopulation erreicht, die sich nicht vorwiegend durch Interesse an Parasitenbefall und Sorge um das Tier motivieren lässt.

Da kein direkter Kontakt zwischen Fragendem und Befragten bestand, war eine Klärung eventuell aufkommender Fragen nicht möglich. Dies geschah nur in Einzelfällen, wenn Betriebe angerufen wurden, um die Rücklaufquote zu erhöhen. Auf allen Höfen, die im weiteren Schritt der Studie noch besucht wurden, konnten die meisten Fragen ergänzt und diskutiert werden.

Die Analyse des Fragebogens war durch die vorwiegend geschlossenen Fragen und die bereits überwiegend vorgenommene Kodierung vereinfacht. Gleichzeitig waren dadurch die Fragen auf das Studienziel fokussiert, wie es auch generell empfohlen wird (WHO, 2001).

### **Fragebogenauswertung**

Mit der Fragebogenerhebung wurde das Ziel verfolgt, eine Einschätzung der Betriebsstrukturen in Pferdeställen Brandenburgs zu bekommen, vor allem in Hinblick auf die damit verbundenen Risiken einer Helmintheninfektion. Von besonderem Interesse waren dabei die Kenntnisse der Pferdehalter über Risiken durch Pferdehelminthen und Wurmbekämpfungsstrategien.

Bei den in Brandenburg gehaltenen Pferden handelt es sich zu 82 % um adulte Tiere. Dies lässt bereits eine niedrige Prävalenz jungtierspezifischer Parasitosen vermuten.

Nahezu alle in der Studie erfassten Pferde haben Weidegang. Da der Lebenszyklus der meisten Helminthen der Pferde auf den Weiden stattfindet, besteht somit auch für fast alle Pferde in Brandenburg ein Infektionspotential.

Weidehygienische Maßnahmen werden von einem nicht unbeträchtlichen Anteil der Betriebe durchgeführt. So wird auf ca. 38% der Betriebe Kot von den Weiden abgesammelt. Diese Zahl ist niedriger als die von Lloyd et al. (2000) für England ermittelte (50%). Hingegen wurde diese Maßnahme der Weidehygiene in Nordrhein-Westfalen nur von 12% der Betriebe ergriffen (Fritzen, 2005) und in Schweden noch seltener (Lind et al., 2007b).

Eine hohe Zahl der Betriebe gab tägliches Ausmisten an. Dies lässt auf einen guten Hygienestatus der Pferdeställe in Brandenburg schließen. Im Vergleich dazu wird in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen seltener ausgemistet (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005).

13% der Befragten gaben an, Pferdemist auf die Weiden auszubringen. Ob der Mist vor dem Ausbringen kompostiert wird, wurde nicht erfragt. Dies ist allerdings eine wichtige Information, um das Risiko einer Weidekontamination durch im Pferdemist vorhandene Helmintheneier einschätzen zu können, da eine Kompostierung die infektiösen Stadien abtötet (Rommel et al., 2000).

Auf den meisten der befragten Höfe werden die adulten Tiere zweimal und die Jungtiere viermal im Jahr entwurmt. Im Höchsthfall werden adulte Tiere 7-mal, Jungtiere 12-mal entwurmt. Diese altersabhängig unterschiedliche Entwurmungsfrequenz lässt ein Bewusstsein für die erhöhte Anfälligkeit der Jungtiere für die meisten Endoparasiten erkennen. Eine zu häufige Entwurmung der Jungtiere ist unter dem Aspekt der Immunitätsentwicklung jedoch eher kritisch zu betrachten (Uhlinger, 1993).

In Nordrhein-Westfalen und Dänemark werden die Tiere öfter entwurmt (Fritzen 2005, Lendal 1998), in England und Irland noch deutlich häufiger (Lloyd et al., 2000; O'Meara & Mulcahy, 2002).

Gastpferde und Neuzugänge werden in mehr als der Hälfte der Betriebe entwurmt. Offenbar sind somit Kenntnisse über das Kontaminationspotential eines Neuzuganges recht weit - aber nicht überall – verbreitet, möglicherweise wird das Risiko auch nicht ernst genug genommen. Lendal (1998) erhielt für Dänemark einen ähnlich hohen Wert.

Die in Brandenburg am häufigsten ergriffene Strategie des Entwurmens ist auf die Saisondynamik der Strongyliden bezogen und erfolgt im Frühjahr bei Austrieb und im Herbst bei Aufstallung. Das ist ein seit langem empfohlenes Schema, welches offensichtlich eine weite Verbreitung gefunden hat (Herd & Coles, 1995). Aufgrund neuerer Kenntnisse über die Resistenzentwicklung und über Maßnahmen zu deren Reduktion (van Wyk, 2001; Nielsen et al., 2006a) sollte dieses Schema jedoch überdacht werden. Bei der Betrachtung der Untersuchungsergebnisse auf den Betrieben wird deutlich, dass bei der MDS-Eiausscheidung ein kleiner Anteil der Pferdepopulation zu einem Großteil der Gesamteiausscheidung beiträgt. Die Eiausscheidung auf den Betrieben ist also nicht gleichmäßig über den Bestand verteilt. Diese Beobachtung unterstützt den Ansatz des selektiven Behandeln, der auf dieser ungleichmäßigen Verteilung der Wurmeiausscheidung basiert (Duncan & Love, 1991; Dopfer et al., 2004).

Kotuntersuchungen werden auf 21% der Höfe durchgeführt. Da die empfohlenen neueren Entwurmungsstrategien häufig auf einer Kotuntersuchung basieren (Nielsen et al., 2006a), ist dieser Trend zu unterstützen.

#### **4.4 Stichprobenplanung**

Der erforderliche Stichprobenumfang der zu beprobenden Höfe wurde mit 90 Betrieben berechnet. Tatsächlich wurden jedoch 126 Höfe untersucht. Damit wurde der Stichprobenumfang, der aufgrund statistischer Vorüberlegungen für die Testung der Hypothesen notwendig war (Kap 3.2.6.1), erreicht und sogar deutlich überschritten. Die Bestätigung der Nullhypothese - also die Annahme einer Prävalenz für den Helminthenbefall in Brandenburg von ca. 98% - kann somit als statistisch abgesichert gelten. Die 126 Höfe wurden aus dem Pool zurückgesandter Fragebögen mittels Zufallsgenerator ausgewählt, was die Repräsentativität der Stichprobe gewährleistete.

## 4.5 Kotprobenentnahme

Die Kotprobenentnahme zur Prävalenzschätzung des Helminthenbefalls bei Pferden in Brandenburg musste berücksichtigen, dass die Pferde auf den Höfen anthelminthisch behandelt werden. Ein Hof wurde dann untersucht, wenn die letzte Entwurmung vor mindestens zwei Monaten erfolgt war. Es wäre angemessener gewesen, einen größeren Mindestzeitraum festzulegen, dem standen jedoch organisatorische Gründe entgegen. Zu nennen sind hier vor allem die unterschiedlichen Entwurmungsschemata auf den Höfen; die Notwendigkeit, alle 126 Höfe im Zeitraum August bis Dezember zu untersuchen; sowie die u.a. daraus folgende logistische Prämisse, räumlich beieinanderliegende Höfe an gleichen Tagen anzufahren. Durch diese Vorgaben kam es zwangsläufig zu einer gewissen Varianz im zeitlichen Abstand zur letzten Entwurmung: in manchen Betrieben war der Mindestzeitraum schon lange überschritten, in anderen gerade erst vergangen.

Weiterhin ist kritisch anzumerken, dass das Präparat Moxidectin eine Wirkdauer hat, die erst nach drei Monaten wieder MDS-Eier im Kot der Tiere erwarten lässt<sup>9</sup>. Im Fragebogen wurde allgemein nach der Anwendung makrozyklischer Laktone gefragt. Höfe, die explizit Moxidectin anwenden, konnten nicht identifiziert werden. Auf Grund dessen wurde anschließend auf den Höfen gezielt nach dem verwendeten Wirkstoff nachgefragt. Nicht immer konnte eine Antwort gegeben werden, aber Moxidectin schien zum Zeitpunkt der Prävalenzstudie nur auf zwei Höfen angewendet worden zu sein.

Der gewählte zeitliche Mindestabstand zur letzten Entwurmung schloss die Präpatenz der meisten kleinen Strongyliden, der Bandwürmer und der Zwergfadenwürmer mit ein. Manche kleine Strongyliden, alle großen Strongyliden, Ascariden und Oxyuren haben eine längere Präpatenz als zwei Monate. Wurde ein Hof genau zwei Monate nach der letzten Entwurmung untersucht, bestand daher die Möglichkeit eines negativen Kotbefundes, obwohl die Erreger auf dem Hof verbreitet waren und sich die Tiere auch schon damit infiziert hatten. Dennoch wird angenommen, dass mit der Studie der Wurmbefall realistisch eingeschätzt wurde, auch für den Befall mit Helminthen, die eine längere Präpatenz haben, da viele Betriebe erst deutlich später als zwei Monate nach der letzten Entwurmung untersucht wurden.

In der vorliegenden Studie sollten alle Befallsstärken auf einem Betrieb hinsichtlich ihrer Verteilung (von negativen bis hin zu stark positiven Befunden) berücksichtigt werden. Für dieses Ziel erschien eine Auswahl der zu untersuchenden Pferde unter Verwendung von Zufallszahlen am geeignetsten.

## 4.6 Kotuntersuchung - Methoden

Um den für die Prävalenzstudie nötigen Stichprobenumfang bestimmen zu können, musste zuvor eine Schätzung der Prävalenz eines Zielparasiten vorgenommen werden. Das

---

<sup>9</sup> [www.vetidata.de](http://www.vetidata.de)

Studiendesign wurde dabei auf die Prävalenz kleiner Strongylyden ausgerichtet. Diese Wahl erfolgte aufgrund der großen Bedeutung, die den kleinen Strongylyden als den nunmehr wichtigsten Helminthen des Pferdes zukommt (Love et al., 1999). Es sollte aber auf möglichst alle Pferdehelminthen untersucht werden. Daher sollten die sensitivsten Methoden zur Erkennung eines möglichst großen Helminthenspektrums angewendet werden. Es ging vor allem darum, den Befall selbst zu ermitteln; erst an zweiter Stelle ging es um das Ausmaß der Befallsstärke. Deshalb wurde die von Kraemer beschriebene, semiquantitative kombinierte Sedimentation/Flotation als Methode gewählt, da sie nach Kraemer zur qualitativen Diagnostik das Mittel der Wahl ist (Kraemer, 2005).

Für diese als Standardmethode verwendete und für den Versuch leicht modifizierte Methode konnte beim Vorversuch zum Nachweis von MDS-Eiern eine Sensitivität ermittelt werden, die über dem von Kraemer berechneten Wert lag. Die Sensitivität zum Nachweis für andere Parasiteneier wurde nicht bestimmt. Es wird aber angenommen, dass die Sensitivität auch für sie die Sensitivität nicht niedriger liegt als von Kraemer angegeben. Deshalb wurde für die Sensitivität der Methode der Wert von Kraemer übernommen (Kraemer, 2005). Auch die Spezifität dieser Methode liegt nahe 100% (Kraemer, 2005).

Die Sensitivitätsprüfung erfasst nur die Genauigkeit der Methode, im Kot vorhandene Wurmeier nachzuweisen, denn offensichtlich kann der Vorversuch im Labor nicht mit der realen Kotprobenuntersuchung eines Pferdes gleichgesetzt werden. Bei der Kotprobenuntersuchung „im Feld“ stellt sich die Frage, ob ein tatsächlich MDS-positives Pferd auch als ein solches erkannt wird. Dies kann durch einen Versuch, bei dem ein mit Wurmeiern gespickter Kot untersucht wird, nicht ermittelt werden, da folgende biologische Einflussfaktoren durch den Laborversuch nicht simuliert werden können: im Pferdekot sind Wurmeier nicht gleichmäßig verteilt, die Wurmeier werden nur in bestimmten Entwicklungsphasen abgegeben und Eier werden nur von Weibchen produziert (Warnick, 1992).

Für die Aussagen zur Befallsstärke sollte zusätzlich eine quantitative Methode angewendet werden. Hierfür gilt die Methode nach McMaster als Goldstandard (Wirtherle, 2003). Sie wird daher neben der kombinierten Sedimentation/Flotation angewendet, um mittels einer zweiten Methode die Befallsstärke noch besser charakterisieren zu können. Durch Verwendung zweier Methoden ergab sich zusätzlich die Möglichkeit, beide retrospektiv auf ihre Vergleichbarkeit hin zu untersuchen. Die festgestellte Korrelation zwischen beiden Methoden ist allerdings niedrig, was auf die erhebliche Streuung der Werte zurückzuführen ist.

Da es sich um den Vergleich zwischen einer semiquantitativen und einer quantitativen Methode handelte, war eine hohe Korrelation ohnehin nicht zu erwarten. Es wäre jedoch ein interessanter und wohl auch realisierbarer Ansatzpunkt, die semiquantitative Methode zu einer quantitativen Methode auszubauen, um damit eine quantitative Methode mit höherer

Sensitivität zu erhalten. Die Vorzüge der Sedimentations- und Zentrifugationsschritte und der Anwendung einer Flotationslösung mit höherer Dichte könnten mit der für die Quantifizierung geeigneten Verwendung einer Zählkammer kombiniert werden. Im Falle der hier diskutierten Studie wurden noch beide Untersuchungsmethoden separat betrachtet und statistisch separat ausgewertet.

Die Wahrscheinlichkeit, Oxyuren nachzuweisen, wurde dadurch erhöht, dass zusätzlich zur kombinierten Sedimentation/Flotation die Klebestreifenmethode angewendet wurde. Dies erklärt eventuell, weshalb in der hier vorgestellten Prävalenzstudie im Gegensatz zu den Studien von Fritzen (2005) und Wirtherle (2003) Oxyuren nachgewiesen werden konnten.

Die Verwendung der Sedimentationsmethode für den Nachweis von Leberegelern lieferte keine positiven Ergebnisse. Es ist aber zu vermuten, dass die Methode durch die Untersuchung von nur 5g Kot pro Pferd in einer gepoolten Probe eine zu geringe Sensitivität aufwies.

#### **4.7 Prävalenzen**

Mit der ermittelten hohen Prävalenz der Strongyliden von 98,4% auf Betrieben Brandenburgs kann das weltweit hohe Vorkommen der Strongyliden grundsätzlich auch für Brandenburg bestätigt werden. Durch die Prävalenzschätzung wurde kein Unterschied der Prävalenz der kleinen Strongyliden innerhalb Deutschlands im Vergleich zur Prävalenz in Nordrhein-Westfalen festgestellt (Fritzen, 2005). Die Prävalenz, die Wirtherle für Niedersachsen ermittelte, liegt allerdings deutlich niedriger (Wirtherle, 2003).

Aufgrund von Unterschieden im Versuchsaufbau lassen sich die drei Studien nicht in jeder Hinsicht miteinander vergleichen. In den Studien von Wirtherle und Fritzen wurden die Betriebe willkürlich ausgewählt und es wurde eine deutlich geringere Zahl an Betrieben untersucht als in der vorliegenden Studie. Außerdem fanden alle drei genannten Untersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt. Diese Einschränkung betrifft die Vergleichbarkeit von Werten, nicht aber die Möglichkeit, die Ergebnisse dieser mit denen anderer Studien in einen epidemiologischen Zusammenhang zu bringen.

Betrachtet man etwa die Ergebnisse zu den großen Strongyliden und vergleicht sie mit denen von Fritzen (2005), so scheint auch hier der Trend bestätigt zu werden, dass die großen Strongyliden an Bedeutung verlieren. Für den eindeutigen Beweis eines Rückganges fehlen jedoch Daten, da zu großen Strongyliden in Brandenburg bisher keine Prävalenzstudien durchgeführt wurden und somit keine Vergleichsdaten vorliegen. Es ist auch kritisch zu berücksichtigen, dass durch die längere Präpatenz der großen Strongyliden mit den vorgenannten Untersuchungsbedingungen eventuell vorhandene Infektionen nicht detektiert werden konnten, da sie noch nicht patent waren.

Auf Tierebene waren 67% der Pferde mit Strongyliden befallen, auch hier sind die Werte mit denen anderer Bundesländer vergleichbar (Fritzen, 2005).

16,7% der Betriebe und 2% der Tiere waren positiv für Spulwürmer. Diese Werte unterscheiden sich kaum von den von Fritzen ermittelten Daten für Nordrhein-Westfalen (Fritzen, 2005). Der niedrige Wert ist sicherlich auf die Altersverteilung der Pferde in Brandenburg zurückzuführen, die durch adulte Tiere dominiert wird. Außerdem waren – da bei Fohlen eine besonders hohe Behandlungsfrequenz üblich ist – viele Jungtiere zum Zeitpunkt der Untersuchung häufig gerade erst entwurmt und kamen für die Untersuchung daher nicht in Frage.

Ein Bandwurmbefall konnte auf 14,3% der Betriebe und bei 2% der Tiere diagnostiziert werden. Gerade auf Tierebene ist die tatsächliche Prävalenz aufgrund der geringen Sensitivität der verwendeten Methode aber höher anzusetzen. Auf Herdenbasis mag die Prävalenzschätzung der tatsächlichen Prävalenz dagegen nahe kommen. Mit der kombinierten Sedimentation/Flotation wurde eine koproskopische Untersuchung angewendet, die für die Bandwurmdiagnostik geeignet ist (Kraemer, 2005). Zur Bestimmung der Prävalenz des Bandwurmbefalls hätte folgendes Vorgehen zu genaueren Ergebnissen geführt: ein diagnostisches Entwurmen und die Untersuchung einer Sammelkotprobe über mehrere Tage (Hearn & Hearn, 1995; Behrens, 2001; Slocombe, 2004). Der kürzlich entwickelte Test für Koproantigene könnte zukünftig die angemessenere Methode sein (Kania & Reinemeyer, 2005). Diese These müsste in weiteren Studien überprüft werden.

Im Vergleich mit anderen Studien fällt auf, dass bei Fritzen und Wirtherle, die nur die McMaster-Methode verwendeten, ein deutlich geringeres Vorkommen an Bandwürmern erfasst wurde (Wirtherle, 2003; Fritzen, 2005). Die Studie von Behrens zur Erfassung der Prävalenz von Bandwürmern in Norddeutschland mit der kombinierten Sedimentation/Flotation ergab mit 3% auf Tier- und 35,2% auf Betriebsebene eine höhere Prävalenz (Behrens, 2001). Behrens untersuchte jedoch in ihrer Studie teilweise auch Sammelkotproben. Bezüglich der Bandwurmdiagnostik erhielt sie damit validere Daten. Nur unter Vorbehalt ist daher der Schluss zu ziehen, dass in Brandenburg eine niedrigere Bandwurmprevalenz als in Norddeutschland besteht. Die von Cirak durchgeführte Studie mit einer post mortem Untersuchung der Tiere ergab eine sehr hohe Prävalenz (Cirak et al., 1996). Da Cirak die Untersuchung aber nur auf drei Höfen durchführte, lassen diese Ergebnisse keine Rückschlüsse auf eine größere Grundgesamtheit zu.

Da Bandwürmer in Brandenburg in nicht unerheblicher Zahl vorkommen, sollte bei der parasitologischen Bestandsbetreuung auf Bandwürmer geachtet werden und Pferdebesitzer sollten darüber aufgeklärt werden, welche Entwurmungsmittel zur Bekämpfung der Bandwürmer verwendet werden können und wann die geeigneten Entwurmungszeitpunkte sind. Überdies sollte in der Beratung darauf hingewiesen werden, dass aufgrund der geringen Sensitivität der diagnostischen Methode des Bandwurmnachweises der Nachweis des Befalls auch nur eines Tieres eine Infektion mehrerer Tiere des Bestandes vermuten lässt.

Auch Pfiemenschwänze sind Parasiten, auf die die Pferdehalter Brandenburgs aufmerksam gemacht werden sollten, da 8,7% der Betriebe positiv auf Oxyuren getestet wurden. Der Oxyurenbefall ist eine mögliche Erklärung für Schweifscheuern.

Zwergfadenwürmer wurden nur auf 4% der Betriebe und bei 0,5% der Tiere gefunden. Diese niedrige Prävalenz mag an der niedrigen Rate untersuchter Jungtiere liegen. Da der Kot erst einen Tag nach der Kotprobenentnahme untersucht wurde, ist es auch möglich, dass die meisten Larven der sich schnell entwickelnden Zwergfadenwürmer schon geschlüpft waren und der Nachweis mittels Flotation dadurch nicht mehr sicher war.

Generell muss bei der Interpretation der reinen Prävalenzdaten Vorsicht gelten, da die verschiedenen Helminthen der Pferde unterschiedlich pathogen sind. Aufgrund ihrer sehr hohen Prävalenz, die auch in dieser Studie bestätigt werden konnte, gelten Cyathostomen gemeinhin als die wichtigsten Endoparasiten beim Pferd, dennoch scheinen sie nur relativ wenige Symptome zu verursachen. Auch in dieser Studie konnte ein Zusammenhang zwischen der überdurchschnittlich hohen Strongylideneiausscheidung in einem Betrieb und dem Auftreten von Parasiten-assoziierten Symptomen nicht beobachtet werden. Es ist daher zu diskutieren, ob anstatt Cyathostomen nicht eher die bekanntermaßen als sehr pathogen nachgewiesenen Spulwürmer als wichtigste Endoparasiten der Pferde angesehen werden sollten. Ein wichtiger Ansatz für Folgestudien wäre demzufolge, den pathogenen Effekt der Cyathostomen genauer zu untersuchen.

Bislang ist nach wie vor ungeklärt - und kann auch mit dieser Studie nicht beantwortet werden - mit welchen Wurmbekämpfungsmaßnahmen ein Gleichgewicht zwischen den negativen Effekten eines Cyathostomenbefalls und deren stimulierender Wirkung auf das Immunsystem erreicht werden kann.

#### **4.8 Risikofaktoren für die Ausscheidung von Helmintheneiern**

Zur Ermittlung von Risikofaktoren musste die Auswertung auf Betriebsebene erfolgen, da der Effekt des Betriebsmanagements nur durch die Verteilung der Befallsstärken auf dem gesamten Bestand beurteilbar ist. Ungeeignet ist, ein Tier aus der Betriebsgruppierung herauszulösen, und sein Risiko mit den Faktoren des Fragebogens abzugleichen.

Zur Bestimmung von Risikofaktoren mussten im ersten Schritt Kennzahlen gebildet werden, die den Befall in Stärke und Verteilung von Helminthen über die gesamte Pferdepopulation eines Betriebes am besten charakterisierten. Da sich die Gruppengrößen der untersuchten Tiere auf den verschiedenen Höfen unterschieden, waren die Höfe nicht direkt miteinander vergleichbar. Das arithmetische Mittel und andere Lageparameter hätten den Befall auf einem Betrieb nur sehr unzureichend charakterisiert, da sie die Verteilung der Befallsstärke auf einem Betrieb nicht zutreffend beschreiben können. Die Verteilung der Befallsstärken wäre durch Verwendung von zum Beispiel Quantilen ebenfalls beschreibbar gewesen, doch wurden

diese und andere Streuungsparameter nicht verwendet, da sie für die weitere statistische Auswertung als zu unhandlich betrachtet wurden.

Da zwischen der Gesundheit eines Tieres und der Höhe der Eiausscheidung kein Zusammenhang zu bestehen scheint (Betriebe mit vielen Kolikern hatten keine höhere Eiausscheidung als Betriebe ohne Koliker), ist es wenig wahrscheinlich, dass durch weiterführende Untersuchungen hätte bestimmt werden können, welche Menge an ausgeschiedenen MDS-Eiern als kritisch für die Gesundheit eines Tieres anzusehen ist. Durch koproskopische Untersuchungen kann also nur erreicht werden, die Pferde mit einer hohen Eiausscheidung zu charakterisieren, die zu einer besonders starken Kontamination der Betriebsflächen führen.

Es galt, für die binäre Kodierung einen Wert einzusetzen, der die Betriebe beschreibt, die viele Tiere mit hoher Eiausscheidung in ihrem Bestand haben. Da es für diesen Wert in der Literatur keine überzeugenden und einheitlichen Angaben gibt, wurde ein Betrieb dann als „Betrieb mit hoher Eiausscheidung“ charakterisiert, wenn überdurchschnittlich viele Pferde den jeweiligen Schwellenwert überschritten. Da verschiedene Methoden zur Messung der Eiausscheidung angewendet wurden, die miteinander unzureichend korrelieren, und da verschiedene Klassifizierungs-Kriterien unabhängig voneinander betrachtet werden sollten, wurden mehrere Kennzahlen entwickelt. Ergebnisse, die mit der kombinierten Sedimentation/Flotationsmethode gewonnen wurden, führten zu drei Kennzahlen: „Befall mit MDS“, „sehr starke Eiausscheidung“, „starke und sehr starke Eiausscheidung“. Dabei stellt die Kennzahl „Befall“ dar, welche Höfe einen überdurchschnittlichen Anteil MDS-positiver Tiere hatten. Diese Variable macht keine Aussage über die Befallsstärke der einzelnen Tiere, sondern lediglich über eine hohe Prävalenz auf Tierebene in einem Bestand. Für die Beschreibung der Befallsstärke wurde die Variable „starke und sehr starke Eiausscheidung“ als sehr geeignet angesehen. Sie stellt Betriebe dar, die eine überdurchschnittlich hohe Anzahl an Tieren mit einer starken oder sehr starken Eiausscheidung haben. Die Variable „sehr starke Eiausscheidung“ charakterisiert darüber hinaus Höfe mit einem besonders hohen Befall.

Um die Ergebnisse der Methode nach McMaster zu beschreiben, wurde eine Kennzahl gewählt, die Höfe identifiziert, bei denen eine überdurchschnittlich hohe Zahl an Tieren einen EpG über 200 hatte. Ein EpG von 200 ist ein recht konservativer Grenzwert, der von einer Reihe von Autoren im Rahmen des selektiven Behandeln als Kriterium für eine Behandlung verwendet wird (Little et al., 2003; Dopfer et al., 2004; Nielsen et al., 2006a). Betont werden muss dabei, dass die Kotuntersuchung keine Hinweise zur tatsächlichen Wurmbürde geben kann. Bei Bestimmung von Grenzwerten geht es vorrangig darum, Pferde mit einer hohen Eiausscheidung zu identifizieren, um eine nachfolgende Kontamination der Weiden niedrig zu halten und dadurch den Infektionsdruck auf den Höfen zu verringern.

Bei anderen Helminthen steht die Höhe der Eiausscheidung noch weniger im Zusammenhang mit ihrer Pathogenität als bei den MDS, weshalb in der vorliegenden Studie nur positive Betriebe von nicht-positiven getrennt wurden.

Schwächen eines Feldversuches, wie hier durchgeführt, sind die nicht kontrollierbare Menge an Einfluss- und Störfaktoren. Um möglichst zuverlässige, tatsächliche Risikofaktoren identifizieren zu können, sind Einflussfaktoren daher in ihrem Zusammenhang zu betrachten. Dafür wurde die multivariate logistische Regressionsanalyse als eine geeignete Methode angesehen. Zur Berechnung mussten die Daten binär kodiert werden, auch wenn die Ergebnisse ursprünglich ein höheres Datenniveau hatten.

Mit drei der vier verwendeten Kennzahlen ließen sich mit der multivariaten logistischen Regressionsanalyse Modelle bilden. In allen drei Modellen stellten sich unregelmäßiges Ausmisten und seltenes Entwurmen (weniger als dreimal im Jahr) als signifikante Risikofaktoren für einen MDS-Befall heraus. „Unregelmäßiges Ausmisten“ war durchgängig ein höherer Risikofaktor als „seltenes Entwurmen“. So bestand auf Höfen, die unregelmäßig ausmisten, gegenüber Höfen mit regelmäßigem Ausmisten ein bis zu 7-fach höheres Risiko einer überdurchschnittlich starken und sehr starken MDS-Eiausscheidung. Dies zeigt deutlich, wie wichtig die Stallhygiene auch für die Kontrolle von MDS-Infektionen ist. Dieser Aspekt wird in der Literatur häufig vernachlässigt, bezüglich Infektionen mit MDS wird häufig dem Infektionsweg im Stall eine untergeordnete Rolle zugeschrieben und der Infektionsweg auf den Weiden betont (Hiepe, 1985; Eckert et al., 2008). Durch die im Rahmen der Studie gebildeten Modelle ließ sich jedoch – in markantem Gegensatz dazu – keine der Weidehygienemaßnahmen mit der Wurminfektionsrate in Zusammenhang bringen. In diesem Zusammenhang soll der reduzierende Effekt, den Weidehygienemaßnahmen auf den Infektionsdruck auf den Weiden haben, nicht angezweifelt werden. Vielmehr liegt die Vermutung nahe, dass auf den meisten Betrieben die Weidehygienemaßnahmen nicht angemessen vollzogen wurden. Erklärungsversuche für Fehler in der Durchführung sind: Unregelmäßiges oder wenig gründliches Absammeln von Pferdekot, inkonsequenter Weidewechsel, Wechselbeweidung mit einem nicht ausreichendem Wiederkäuer/Pferd-Verhältnis und das Schleppen der Weiden zu ungünstigen (feuchten) Wetterbedingungen. Ein interessanter Ansatz für weitere Studien wäre somit eine Analyse, wie Weidehygienemaßnahmen auf Betrieben effektiv umgesetzt werden könnten.

Dass ein häufiges Entwurmen den Befall mit MDS deutlich reduziert, ist kein überraschendes Ergebnis. Derzeit stehen noch hoch wirksame Entwurmungsmittel zur Verfügung. So konnte auch in dem Modell „EpG über 200“ herausgestellt werden, dass für Höfe, die mit makrozyklischen Laktonen entwurmen, das Risiko einer überdurchschnittlich hohen Eiausscheidung 8-mal geringer war als für Höfe, die andere Anthelminthika verwendeten.

Weitere Risikofaktoren, die sich nur in einzelnen Modellen verifizierten, hingen mit der Entwurmung zusammen. So hatten Betriebe, die keine strategische Entwurmung

durchführten, ein 4-fach höheres Risiko einer starken Eiausscheidung. Dieser Befund bestätigt die Effizienz der strategischen Entwurmung. In Betrieben, in denen die Wurmkur individuell nach Gewicht und Größe der Pferde dosiert wurde, bestand ein fast 8-fach höheres Risiko eines überdurchschnittlich hohen EpGs. Es kann vermutet werden, dass eventuell auf diesen Betrieben durch zu niedrig angesetzte Gewichtsschätzungen unterdosierte wurde.

Vor dem Hintergrund der Gefahr von Resistenzentwicklungen und der Bedeutung, die der Immunitätsentwicklung der Tiere beigemessen werden sollte, ist es dennoch nicht empfehlenswert, die Wurmbekämpfung allein auf Entwurmungsmaßnahmen zu stützen. Es ist vielmehr wünschenswert, eine Strategie zur Risikominimierung umzusetzen, die auf mehreren Säulen ruht. Dass der MDS-Befall in Brandenburg momentan nur durch Entwurmungsmaßnahmen und Stallhygiene kontrolliert wird, kann somit als nicht befriedigend angesehen werden. Es wird daher empfohlen, die Methoden der Weidehygiene in Brandenburg zu betonen und dafür Sorge zu tragen, dass auch diese nicht-medikamentöse Form der Wurmbekämpfung sinnvoll durchgeführt wird.

Nur in einem der drei Modelle wurden Betriebe mit Jungtieren im Bestand als Risikobetriebe identifiziert. Auf Einzeltierebene stellte sich allerdings heraus, dass Jährlinge durchgehend und teilweise auch Fohlen gegenüber erwachsenen Pferden ein signifikant höheres Risiko hatten, einen starken Befall mit MDS aufzuweisen. Weiterhin bestand bei Stuten gegenüber Wallachen ein erhöhtes Risiko. Dies wurde auch schon von Dopfer et al. (2004) beobachtet. Ihre Erklärung, dass Stuten mehr Kontakt mit Jungtieren haben und auch teilweise länger auf den Weiden stehen, könnte auch in der hier vorliegenden Studie Grund für die höhere Infektionsstärke sein.

Unter den Pferderassen bestand bei den Kaltblütern ein besonders hohes Risiko für eine hohe MDS-Eiausscheidung. Eine Erklärung dafür basiert auf folgenden Vermutungen: Entweder werden Kaltblüter auf Grund ihres höheren Gewichts häufig unterdosierte mit Entwurmungsmitteln behandelt, oder andere biologische Eigenheiten machen diese Rasse zu einem idealeren Wirt für MDS. Teilweise wiesen auch Wildpferde einen stärkeren Befall auf. Dies lässt sich wahrscheinlich damit begründen, dass diese Tiere auf Grund der extensiven Haltung lange auf infizierten Grünflächen grasen, seltener entwurmt werden oder - wie schon für die Kaltblüter vermutet - ein guter Wirt für MDS sind.

Für andere Helminthen der Pferde konnten keine Risikofaktoren berechnet werden. Bei Betrachtung der Verteilung ihres Befalls auf die verschiedenen Altersgruppen fällt jedoch auf, dass Spulwürmer zu einem überwiegenden Anteil bei Fohlen nachgewiesen werden konnten. Dies unterstützt die bekannte Tatsache, dass diese Parasiten durch eine altersabhängige Immunität vom Tier selbst reduziert werden. Immerhin wiesen aber auch noch 13 adulte Tiere Spulwürmer auf. Der Frage, warum bei manchen adulten Tieren die Immunantwort offensichtlich zur Kontrolle von Spulwürmern nicht ausreicht, wäre in Folgestudien nachzugehen.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Mit der hier vorgestellten Studie wurde die Prävalenz des Helminthenbefalls auf Pferdebetrieben in Brandenburg ermittelt. Weiterhin sollten aktuelle Daten zum Betriebsmanagement der Pferdebetriebe und zu Kenntnissen der Pferdehalter über Behandlungsstrategien gegen Helminthen erfasst werden. In einem weiteren Schritt wurden die Auswirkungen dieser Strategien auf den jeweiligen Helminthenbefall statistisch analysiert. Die der Prävalenzschätzung zugrundeliegende Population war die Anzahl pferdehaltender Betriebe in Brandenburg. Die Größe dieser Population war unbekannt und musste ermittelt werden. Nach Ermittlung des geschätzten Gesamtumfangs von 700 Betrieben wurde an alle Betriebe im Juni/Juli 2006 ein Fragebogen geschickt, 235 Betriebe sandten den Fragebogen zurück. Unter Verwendung von Zufallszahlen wurde daraus eine repräsentative Stichprobe von 126 Betrieben ausgewählt. In Betrieben mit bis zu 15 Pferden wurden alle Tiere koproskopisch untersucht, in Betrieben mit mehr als 15 Pferden wurde eine Stichprobe von 15 Pferden unter Verwendung von Zufallszahlen zur Untersuchung ausgewählt. Es wurden insgesamt 1.407 Pferde auf den 126 Betrieben untersucht.

Die Fragebogenauswertung ergab, dass auf den 235 Betrieben insgesamt 6.007 Pferde gehalten werden. 82% davon sind adulte Tiere. Der Medianwert der pro Betrieb gehaltenen Pferde liegt bei 15 Tieren. Die Pferde werden überwiegend in Ställen gehalten, fast alle Pferde haben dabei Weidegang. Dieser wird hauptsächlich nur halbjährig gewährt (Frühjahr bis Herbst). Die Besatzdichte der Weiden ist bei den meisten Höfen mit  $\leq 2$  Pferde/ha gering. Auf einigen Höfen werden Weidehygienemaßnahmen betrieben, so wird auf 38% der Betriebe der Kot von den Weiden abgesammelt, 86% entfernen Geilstellen und 17% lassen Wiederkäuer und Pferde im Wechsel auf den Weideflächen grasen. Etwa 75% der Betriebe geben an, ihre Pferde mehrmals jährlich umzutreiben. Zur Stallhygiene wurde von 79% der Betriebe angegeben, dass täglich ausgemistet wird.

Entwurmungsmaßnahmen sind in den meisten Fällen strategisch und an das Alter der Tiere angepasst. So werden adulte Pferde am häufigsten zwei mal, Fohlen vier mal im Jahr entwurmt. Gastpferde werden auf 38% der Betriebe entwurmt, mit anschließender Quarantäne. 64% der Betriebe entwurmen strategisch im Frühjahr und Herbst und 96% lassen sich bei der Entwurmung durch ihren Tierarzt beraten.

Von den Pferdehelminthen haben in Brandenburg die Strongyliden die höchste Prävalenz. Sie waren auf 98,4% der Betriebe vorhanden. Auf allen Strongyliden-positiven Betrieben kamen kleine Strongyliden vor, zusätzlich wurde nur auf einem Betrieb *Strongylus vulgaris* nachgewiesen. Die Prävalenz von Spulwürmern betrug 16,7%. Auf 14,3% der Betriebe wurden Bandwürmer nachgewiesen. Pfiemenschwänze kamen auf 8,7%, Zwergfadenwürmer auf 4,0% der Betriebe vor.

Auf Tierebene betrug die Prävalenz der kleinen Strongyliden 67%. Spulwürmer und Bandwürmer hatten eine Prävalenz von 2%. Pfiemenschwänze und Zwergfadenwürmer kamen bei 1,7% bzw. 0,5% der Pferde vor.

Zwischen den Ergebnissen der kombinierten Sedimentation/Flotation und der Methode nach McMaster bestand ein deutlicher Zusammenhang, doch streuten die Ergebnisse im Vergleich stark, so dass mit der einen Methode nicht auf das Ergebnis der anderen geschlossen werden konnte.

Die multivariate logistische Regressionsanalyse diente zur Ermittlung von Risikofaktoren für eine hohe Strongyliden-Eiausscheidung. Für die Ermittlung von Risikofaktoren auf Betriebsebene konnten drei Modelle erstellt werden. Durchgängig wurden in allen Modellen „seltenes Ausmisten“ und „seltenes Entwurmen“ als signifikante Risikofaktoren identifiziert. In einzelnen der drei Modelle stellten sich zusätzlich weitere Risikofaktoren heraus. Dies waren „Jungtiere im Betrieb“, „Dosierung der Wurmuren individuell nach Gewicht und Größe“, „keine Anwendung von Makrozyklischen Laktonen“ bei der Entwurmung und „keine Entwurmungsstrategien“.

Auf Tierebene ließen sich insgesamt vier Modelle erstellen. Es wurden folgende Risikofaktoren ermittelt: Jährlinge, Stuten und Kaltblüter hatten in allen Modellen ein erhöhtes Risiko. Für Fohlen, Hengste, Wildpferde und Kleinpferde wurde in manchen Modellen ein erhöhtes Risiko berechnet.

Die hohe Prävalenz der kleinen Strongyliden zeigt, dass deren Kontrolle unzureichend erfolgt. Da sich die Stallhygiene als der wichtigste Faktor zur Wurmkontrolle erwiesen hat, sollten Betriebe verstärkt über die Bedeutung der Hygiene im Betriebsmanagement hingewiesen werden. Auf Grund der beobachteten Entwurmungsfrequenzen ist eine Zunahme von Anthelminthika-Resistenzen zu befürchten. Wirksamkeitsstudien zu Anthelminthika in Brandenburg sollen sich dieser Studie daher anschließen.

## 6 SUMMARY

### **Prevalence of helminths in horse farms in the federal state of Brandenburg and risk factors for a high endoparasitic burden**

The study aimed to estimate the prevalence of helminths in horse farms in the federal state of Brandenburg in Germany. Data on farm management and on the level of knowledge of horse keepers about helminth treatment strategies was also recorded. In a second step, the effects of these strategies on helminth infections were analysed.

For epidemiological reasons, prevalence was estimated on the level of horse farms, not on the level of individual horses. One positive test did suffice to label a farm as infected.

The number of horse farms in Brandenburg was unknown and had to be estimated.

After estimating a total of 700 horse farms in Brandenburg, a questionnaire was sent to all these farms in June/July 2006. Questionnaires were filled out and returned by 235 farms. Using randomisation, a sample of 126 study farms was selected from this subgroup. In farms with up to 15 horses, all animals were examined coproscopically; in farms with more than 15 horses, a random sample of 15 horses was taken. In total, 1.407 horses in 126 farms were examined coproscopically.

Of the horse' helminths, strongyles had the highest farm prevalence in Brandenburg. They were found on 98,4% of the farms. In all strongyle-positive farms, small strongyles were found. *Strongylus vulgaris* was detected in only one farm. The prevalence of ascarids was 16,7%. In 14,3% of horse stables, tapeworms were detected. Pin worms were found on 8,7% of the farms and strongyloides on 4,0% of farms.

On the individual horse level the prevalence of small strongyles was 67%. Ascarids and tape worms each had a prevalence of 2%. Pin worms and strongyloides were prevalent in 1,7% and 0,55% of the examined horses, respectively.

Two different methods to test for helminth eggs were used: the combined sedimentation/flotation method and the McMaster method. When compared, the two methods did not agree well with respect to egg count. This is probably explained by the fact that one of them is rather qualitative while the other is more quantitative in nature.

The 126 examined farms were categorised into different farm risk groups, based on the percentage of infected horses as well as on the amount of eggs excreted per horse. Multivariate logistic regression was subsequently used to identify factors which put a farm at high risk. Risk factors were integrated into three models. Rare deworming and rare mugging out were identified as significant risk factors throughout all three models. In individual models additional risk factors identified were: percentage of young horses in the farm; dosing of anthelmintics on the basis of weight and height; not using macrocyclic lactones when deworming; not employing deworming strategies.

Questionnaire data correlated with coproscopical results served to identify risk factors on the individual animal level also. Yearlings, mares, heavy breeds were at higher risk throughout all models. Fillies, stallions and wild horses had a higher risk in some models.

Information from the questionnaires of all 235 study farms provided details of the horse population in the state of Brandenburg. 6007 horses were held on those 235 farms. 82% of these are adult animals. The median value of horses held on a farm is 15. The majority of horses are housed in stables - nearly all these horses have access to a pasture. Most horses stay on a pasture for half a year (spring to autumn). The stocking density of pastures is low as most farms have  $\leq 2$  horses/ha.

Farms apply different pasture hygiene practices: 86% of farms are removing “roughs” (ungrazed grass around feces), 38% collect faeces from pasture and 17% are practising alternate grazing of horses and ruminants. About 75% of farms state that they practice pasture rotation. Concerning hygienic measures in the stables, 79% of horse farms state that they muck out daily.

Deworming is carried out strategically in most farms and its frequency is adjusted to the age of the animals. Adult horses are usually dewormed twice, fillies four times a year. 64% of farms do deworm strategically in spring and autumn and 96% do consult their veterinarian about proper deworming. On 38% of the farms, visiting and incoming horses are dewormed and put into quarantine afterwards.

The high prevalence of small strongyles demonstrates that their epidemiological control is insufficient. As hygienic measures in the stable are the most important factor in worm control, horse farms should be better advised to changes in their operational deworming procedures.

The high rate of deworming makes an increase of anthelmintic resistance likely. Studies on the efficacy of anthelmintics in Brandenburg should be carried out.

## 7 ZITIERTE LITERATUR

- Anders K, Hamann J, Grabner A. 2008. Die larvale Cyathostominose des Pferdes. *Prakt Tierarzt* 89:393- 397.
- Barclay WP, Phillips TN, Foerner JJ. 1982. Intussusception associated with *Anoplocephala perfoliata* infection in five horses. *J Am Vet Med Assoc* 180:752-753.
- Barnes EH, Dobson RJ, Barger IA. 1995. Worm control and anthelmintic resistance: adventures with a model. *Parasitol Today* 11:56-63.
- Bauer C. 1983. Eine Feldstudie zur Anthelminthica-Resistenz von Strongyliden bei Pferden. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 96:312- 316.
- Bauer C, Hertzberg H. 2002. Merkblätter zur Parasitenbekämpfung Pferd. 2. Institut für Parasitologie, Justus-Liebig-Universität Gießen; Institut für Parasitologie, Universität Zürich, pp. 36
- Beelitz P, Gobel E, Gothe R. 1996a. Endoparasiten von Eseln und Pferden bei gemeinsamer Haltung in Oberbayern: Artenspektrum und Befallshäufigkeit. *Tierärztl Prax* 24:471-475.
- Beelitz P, Göbel E, Gothe R. 1996b. Artenspektrum und Befallshäufigkeit von Endoparasiten bei Fohlen und ihren Mutterstuten aus Zuchtbetrieben mit und ohne Anthelminthika-Prophylaxe in Oberbayern. *Tierärztl Prax* 24:48-54.
- Behrens T. 2001. Bandwürmer (Anoplocephaliden) beim Pferd : Prävalenz in Norddeutschland sowie Eignung eines serologischen Nachweisverfahrens (ELISA) zur Diagnostik. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. pp 143
- Bell RG. 1996. IgE, allergies and helminth parasites: a new perspective on an old conundrum. *Immunol Cell Biol* 74:337-345.
- Beroza GA, Barclay WP, Phillips TN, Foerner JJ, Donawick WJ. 1983. Cecal perforation and peritonitis associated with *Anoplocephala perfoliata* infection in three horses. *J Am Vet Med Assoc* 183:804-806.

- Bjorn H, Sommer C, Schougard H, Henriksen SA, Nansen P. 1991. Resistance to benzimidazole anthelmintics in small strongyles (Cyathostominae) of horses in Denmark. *Acta Vet Scand* 32:253-260.
- Boersema JH, Eysker M, Nas JW. 2002. Apparent resistance of *Parascaris equorum* to macrocyclic lactones. *Vet Rec* 150:279-281.
- Boswinkel M, van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM. 2007. Correlation between colic and antibody levels against *Anoplocephala perfoliata* in horses in The Netherlands. *Tijdschr Diergeneeskd* 132:508-512.
- Bucknell DG, Gasser RB, Beveridge I. 1995. The prevalence and epidemiology of gastrointestinal parasites of horses in Victoria, Australia. *Int J Parasitol* 25:711-724.
- Cameron, A., Gardner, I., Doherr, M.G., Wagner, B., 2003, Sampling considerations in surveys and monitoring and surveillance systems. In: Salman (ed). *Animal Disease Surveillance and Survey Systems: Methods and Applications*. Iowa: Iowa State Press. 47- 66 pp.
- Cannon RM, Roe RT. 1990. *Krankheitsüberwachung in Tierbeständen*. Tübingen: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung Landwirtschaft und Forsten e.V., Bonn. pp 55
- Chapman MR, French DD, Monahan CM, Klei TR. 1996. Identification and characterization of a pyrantel pamoate resistant cyathostome population. *Vet Parasitol* 66:205-212.
- Chapman MR, French DD, Taylor HW, Klei TR. 2002. One season of pasture exposure fails to induce a protective resistance to cyathostomes but increases numbers of hypobiotic third-stage larvae. *J Parasitol* 88:678-683.
- Cirak VY, Hermosilla C, Bauer C. 1996. Study on the gastrointestinal parasite fauna of ponies in northern Germany. *Appl Parasitol* 37:239-244.
- Clayton HM. 1986. Ascarids. Recent advances. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2:313-328.
- Clayton HM, Duncan JL. 1979. The development of immunity to *Parascaris equorum* infection in the foal. *Res Vet Sci* 26:383-384.

- Collobert-Laugier C, Hoste H, Sevin C, Chartier C, Dorchies P. 2002a. Mast cell and eosinophil mucosal responses in the large intestine of horses naturally infected with cyathostomes. *Vet Parasitol* 107:251-264.
- Collobert-Laugier C, Hoste H, Sevin C, Dorchies P. 2002b. Prevalence, abundance and site distribution of equine small strongyles in Normandy, France. *Vet Parasitol* 110:77-83.
- Craig TM. 1993. Anthelmintic resistance. *Vet Parasitol* 46:121-131.
- Craven J, Bjorn H, Henriksen SA, Nansen P, Larsen M, Lendal S. 1998. Survey of anthelmintic resistance on Danish horse farms, using 5 different methods of calculating faecal egg count reduction. *Equine Vet J* 30:289-293.
- Cringoli G, Rinaldi L, Veneziano V, Capelli G, Scala A. 2004. The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Vet Parasitol* 123:121-131.
- Davidson AJ, Edwards GB, Proudman CJ, Cripps PJ, Matthews JB. 2002. Cytokine mRNA expression pattern in horses with large intestinal disease. *Res Vet Sci* 72:177-185.
- DeLay J, Peregrine AS, Parsons DA. 2001. Verminous arteritis in a 3-month-old thoroughbred foal. *Can Vet J* 42:289-291.
- Deplazes P, Eckert J. 1988. Untersuchungen zur Infektion des Hundes mit *Taenia hydatigena*. *Schweiz Arch Tierheilkd* 130:289-306.
- Diem K. 1975. *Wissenschaftliche Tabellen* : Documenta Geigy: Thieme. pp 798
- Dimander SO, Hoglund J, Ugglå A, Sporndly E, Waller PJ. 2003. Evaluation of gastrointestinal nematode parasite control strategies for first-season grazing cattle in Sweden. *Vet Parasitol* 111:193-209.
- Dopfer D, Kerssens CM, Meijer YG, Boersema JH, Eysker M. 2004. Shedding consistency of strongyle-type eggs in Dutch boarding horses. *Vet Parasitol* 124:249-258.

- Dowdall SM, Proudman CJ, Klei TR, Mair T, Matthews JB. 2004. Characterisation of IgG(T) serum antibody responses to two larval antigen complexes in horses naturally- or experimentally-infected with cyathostomins. *Int J Parasitol* 34:101-108.
- Dowdall SM, Proudman CJ, Love S, Klei TR, Matthews JB. 2003. Purification and analyses of the specificity of two putative diagnostic antigens for larval cyathostomin infection in horses. *Res Vet Sci* 75:223-229.
- Drudge JH, Lyons ET. 1966. Control of internal parasites of the horse. *J Am Vet Med Assoc* 148:378-383.
- Drudge JH, Lyons ET. 1986. Large strongyles. Recent advances. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2:263-280.
- Duncan JL. 1974. Field studies on the epidemiology of mixed strongyle infection in the horse. *Vet Rec* 94:337-345.
- Duncan JL, Love S. 1991. Preliminary observations on an alternative strategy for the control of horse strongyles. *Equine Vet J* 23:226-228.
- Duncan JL, Pirie HM. 1975. The pathogenesis of single experimental infections with *Strongylus vulgaris* in foals. *Res Vet Sci* 18:82-93.
- Eckert J. 2000. Parasitenstadien als umwelthygienisches Problem. In: Rommel M, Eckert J, Kutzer E, Körting W, Schnieder T, eds. *Veterinärmedizinische Parasitologie*. Berlin: Parey. pp 111.
- Eckert J, Friedhoff KT, Zahner H, Deplazes P. 2008. *Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin*. Stuttgart: Enke. pp 632.
- Egwang TG, Slocombe JO. 1982. Evaluation of the Cornell-Wisconsin centrifugal flotation technique for recovering trichostrongylid eggs from bovine feces. *Can J Comp Med* 46:133-137.
- English AW. 1979. The effects of dung beetles (Coleoptera-Scarabaeinae) on the free-living stages of strongylid nematodes of the horse. *Aust Vet J* 55:315-321.

- Eysker M, Bakker J, van den Berg M, van Doorn DC, Ploeger HW. 2008. The use of age-clustered pooled faecal samples for monitoring worm control in horses. *Vet Parasitol* 151:249-255.
- Eysker M, Boersema JH, Kooyman FN. 1989. Emergence from inhibited development of cyathostome larvae in ponies following failure to remove them by repeated treatments with benzimidazole compounds. *Vet Parasitol* 34:87-93.
- Eysker M, Boersema JH, Kooyman FN. 1990. Seasonally inhibited development of cyathostomine nematodes in Shetland ponies in The Netherlands. *Vet Parasitol* 36:259-264.
- Eysker M, Jansen J, Mirck MH. 1986. Control of strongylosis in horses by alternate grazing of horses and sheep and some other aspects of the epidemiology of Strongylidae infections. *Vet Parasitol* 19:103-115.
- Eysker M, Jansen J, Wemmenhove R, Mirck MH. 1983. Alternate grazing of horses and sheep as control for gastro-intestinal helminthiasis in horses. *Vet Parasitol* 13:273-280.
- Eysker M, van Doorn DC, Lems SN, Weteling A, Ploeger HW. 2006. Frequent deworming in horses; it usually does not do any good, but it often harms. *Tijdschr Diergeneeskd* 131:524-530.
- Finkelmann FD, Shea-Donohue T, Goldhill J, Sullivan CA, Morris SC, Madden KB, Gause WC, Urban JF. 1997. Cytokine regulation of host defense against parasitic gastrointestinal nematodes: Lessons from studies with rodent models. *Annual Rev Immunol* 15:505- 533.
- Fries I. 1982. Die Verbreitung von Askariden und Strongyliden in Berliner Pferdebeständen. Berlin, FU., Diss. pp 86.
- Fritzen BM. 2005. Untersuchungen zum Vorkommen von Anthelminthika-Resistenz in nordrhein-westfälischen Pferdebeständen. Hannover, Tierärztliche Hochsch., Diss. pp 321.
- Gasbarre LC, Leighton EA, Sonstegard T. 2001. Role of the bovine immune system and genome in resistance to gastrointestinal nematodes. *Vet Parasitol* 98:51-64.

- Gawor JJ. 1995. The prevalence and abundance of internal parasites in working horses autopsied in Poland. *Vet Parasitol* 58:99-108.
- Gellermann G. 1994. Entwicklung der Reitpferdezucht in Brandenburg und Sachsen-Anhalt von 1945 bis 1990. Hannover, Tierärztliche Hochsch., Diss. pp 210.
- Gibson TE. 1953. The Effect of Repeated Anthelmintic Treatment with Phenothiazine on the Faecal Egg Counts of Housed Horses, with Some Observation on the Life Cycle of *Trichonema* spp. in the Horse. *Journal of Helminthology* 27:29- 40.
- Gibson TE. 1965. Examination of feces for helminth eggs and larvae. *Vet Bull* 35:403- 410.
- Giles CJ, Urquhart KA, Longstaffe JA. 1985. Larval cyathostomiasis (immature trichonema-induced enteropathy): a report of 15 clinical cases. *Equine Vet J* 17:196-201.
- Gomez HH, Georgi JR. 1991. Equine helminth infections: control by selective chemotherapy. *Equine Vet J* 23:198-200.
- Gruner L, Cortet J, Sauve C, Limouzin C, Brunel JC. 2002. Evolution of nematode community in grazing sheep selected for resistance and susceptibility to *Teladorsagia circumcincta* and *Trichostrongylus colubriformis*: a 4-year experiment. *Vet Parasitol* 109:277-291.
- Hasslinger M-A. 1981. Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Temperaturen auf Eier und Larven von Pferdestrongyliden unter Laboratoriumsbedingungen sowie das Verhalten dieser exogenen Stadien auf der Weide. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 1:1- 5.
- Hasslinger M-A, Bittner G. 1984. Zur Saisondynamik der Larven von Pferdestrongyliden und deren Beziehung zum Infektionsrisiko auf der Weide. *Zentralbl Veterinaarmed B* 31:25- 31.
- Hearn FP, Hearn EE. 1995. A simple diagnostic technique to better determine the prevalence of tapeworms. *J Equine Vet Sci* 15:96- 98.
- Hearn FP, Peregrine AS. 2003. Identification of foals infected with *Parascaris equorum* apparently resistant to ivermectin. *J Am Vet Med Assoc* 223:482-485.

- Herd RP. 1986a. Epidemiology and control of equine strongylosis at Newmarket. *Equine Vet J* 18:447-452.
- Herd RP. 1986b. Epidemiology and control of parasites in northern temperate regions. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2:337-355.
- Herd RP. 1986c. Pasture hygiene: a nonchemical approach to equine endoparasite control. *Modern Veterinary Practice* 67:36- 38.
- Herd RP. 1987. Internal Parasites. In: Robinson NE, ed. *Current Veterinary Therapy in Equine Medicine*. Philadelphia: WB Saunders. pp 323-327.
- Herd RP. 1990. Equine parasite control- Problems associated with intensive anthelmintic therapy. *Equine Veterinary Education* 2:41- 47.
- Herd RP. 1993. Control strategies for ruminant and equine parasites to counter resistance, encystment, and ecotoxicity in the USA. *Vet Parasitol* 48:327-336.
- Herd RP, Coles GC. 1995. Slowing the spread of anthelmintic resistant nematodes of horses in the United Kingdom. *Vet Rec* 136:481-485.
- Herd RP, Gabel AA. 1990. Reduced efficacy of anthelmintics in young compared with adult horses. *Equine Vet J* 22:164-169.
- Herd RP, Williardson KL, Gabel AA. 1985. Epidemiological approach to the control of horse strongyles. *Equine Vet J* 17:202- 207.
- Herlich H. 1960. Age resistance of cattle to nematodes of the gastrointestinal tract. *J Parasitol* 46:392-397.
- Hertwig F, Jurkschat M, Jurrmann S, Kretschmer G. 2006. Tierzuchtreport. Potsdam: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg.
- Hiepe T, Buchwalder, R.; Nickel, S. 1985. *Lehrbuch der Parasitologie*. Jena: Gustav Fischer Verlag. pp 419.

- Hoglund J, Ljungstrom BL, Nilsson O, Ugglå A. 1995. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of antibodies to *Anoplocephala perfoliata* in horse sera. *Vet Parasitol* 59:97-106.
- Ihler CF, Rootwelt V, Heyeraas A, Dolvik NJ. 1995. The prevalence and epidemiology of *Anoplocephala perfoliata* infection in Norway. *Vet Res Commun* 19:487-494.
- Kania SA, Reinemeyer CR. 2005. *Anoplocephala perfoliata* coproantigen detection: a preliminary study. *Vet Parasitol* 127:115-119.
- Kelly GW. 1955. The effect of roughage on the number of eggs of *Haemonchus contortus* per gram feces from experimentally infected calves. *J Am Vet Med Assoc* 127:449- 450.
- Kelly JC, Fogarty U. 1993. Outbreak of Larval Cyathostomiasis on a Thoroughbred Stud Farm. *Ir Vet J* 46:133- 136.
- Kiedrowski C. 1959. Helminthologische Untersuchungen an Pferden vor und nach der Schlachtung. Berlin, FU., Diss. pp 42.
- Klei TR, Chapman MR. 1999. Immunity in equine cyathostome infections. *Vet Parasitol* 85:123-133.
- Kraemer A. 2005. Validierung ausgewählter koproskopischer Untersuchungsmethoden zum direkten Nachweis parasitärer Stadien verschiedener Parasitenspezies der Haussäugetiere. Hannover, Tierärztliche Hochsch., Diss. pp 127
- Krecek RC, Guthrie AJ, Van Nieuwenhuizen LC, Booth LM. 1994. A comparison between the effects of conventional and selective antiparasitic treatments on nematode parasites of horses from two management schemes. *J S Afr Vet Assoc* 65:97-100.
- Krecek RC, Reinecke RK, Horak IG. 1989. Internal parasites of horses on mixed grassveld and bushveld in Transvaal, Republic of South Africa. *Vet Parasitol* 34:135-143.
- Larsen M. 2000. Prospects for controlling animal parasitic nematodes by predacious micro fungi. *Parasitology* 120 Suppl:S121-131.

- Larsen M, Nansen P, Grondahl C, Thamsborg SM, Gronvold J, Wolstrup J, Henriksen SA, Monrad J. 1996. The capacity of the fungus *Duddingtonia flagrans* to prevent strongyle infections in foals on pasture. *Parasitology* 113 ( Pt 1):1-6.
- Larsen MM, Lendal S, Chriel M, Olsen SN, Bjorn H. 2002. Risk factors for high endoparasitic burden and the efficiency of a single anthelmintic treatment of Danish horses. *Acta Vet Scand* 43:99-106.
- Lendal S, Larsen MM, Bjorn H, Craven J, Chriel M, Olsen SN. 1998. A questionnaire survey on nematode control practices on horse farms in Denmark and the existence of risk factors for the development of anthelmintic resistance. *Vet Parasitol* 78:49-63.
- Lichtenfels JR. 1975. Helminths of Domestic Equids. *Proc Helminth Soc Wash* 42:1- 82.
- Lichtenfels JR. 2008. Identification keys to strongylid nematode parasites of equids. Preface. *Vet Parasitol* 156:1-3.
- Lind EO, Kuzmina T, Uggla A, Waller PJ, Hoglund J. 2007a. A field study on the effect of some anthelmintics on cyathostomins of horses in Sweden. *Vet Res Commun* 31:53-65.
- Lind EO, Rautalinko E, Uggla A, Waller PJ, Morrison DA, Hoglund J. 2007b. Parasite control practices on Swedish horse farms. *Acta Vet Scand* 49:25.
- Little D, Flowers JR, Hammerberg BH, Gardner SY. 2003. Management of drug-resistant cyathostomiasis on a breeding farm in central North Carolina. *Equine Vet J* 35:246-251.
- Lloyd S, Smith J, Connan RM, Hatcher MA, Hedges TR, Humphrey DJ, Jones AC. 2000. Parasite control methods used by horse owners: factors predisposing to the development of anthelmintic resistance in nematodes. *Vet Rec* 146:487-492.
- Lloyd S, Soulsby EJJ. 1987. Immunology of gastrointestinal nematodes of ruminants. In: Soulsby EJJ, ed. *Immune Response to Parasitic Infections*. Boca Raton: CRC Press. pp 1- 43.

- Löwe-Putzig C. 2006. Molekulare Differenzierung und Entwicklung speziesspezifischer Primer für die Bandwurmart Anoplocephala perfoliata und Paranoplocephala mamillana des Pferdes. Berlin, FU., Diss. pp 76.
- Love S. 1992. The role of equine strongyles in the pathogenesis of colic and current options for prophylaxis. *Equine Vet J Suppl* 13:5- 9.
- Love S, Duncan JL. 1992. The development of naturally acquired cyathostome infection in ponies. *Vet Parasitol* 44:127-142.
- Love S, Murphy D, Mellor D. 1999. Pathogenicity of cyathostome infection. *Vet Parasitol* 85:113-121.
- Lucker JT. 1941. Survival and development at low temperatures of eggs and preinfective larvae of horse strongyles. *J Agric Res* 63:193- 218.
- Lyons ET, Drudge JH, Tolliver SC. 1973. On the life cycle of *Strongyloides westeri* in the equine. *J Parasitol* 59:780-787.
- Lyons ET, Drudge JH, Tolliver SC. 2000. Larval cyathostomiasis. *Vet Clin North Am Equine Pract* 16:501-513.
- Lyons ET, Drudge JH, Tolliver SC, Swerczek TW, Crowe MW. 1984. Prevalence of *Anoplocephala perfoliata* and lesions of *Draschia megastoma* in Thoroughbreds in Kentucky at necropsy. *Am J Vet Res* 45:996-999.
- Lyons ET, Tolliver SC, Drudge JH, Swerczek TW, Crowe MW. 1983. Parasites in Kentucky Thoroughbreds at necropsy: emphasis on stomach worms and tapeworms. *Am J Vet Res* 44:839-844.
- Mair TS. 1993. Recurrent diarrhoea in aged ponies associated with larval cyathostomiasis. *Equine Vet J* 25:161-163.
- Mair TS. 1994. Outbreak of larval cyathostomiasis among a group of yearling and two-year-old horses. *Vet Rec* 135:598-600.
- Mair TS, Pearson GR. 1995. Multifocal non-strangulating intestinal infarction associated with larval cyathostomiasis in a pony. *Equine Vet J* 27:154-155.

- Mair TS, Sutton DG, Love S. 2000. Caecocaecal and caecocolic intussusceptions associated with larval cyathostomosis in four young horses. *Equine Vet J Suppl* 32:77-80.
- Martin SW, Shoukri M, Thorburn MA. 1992. Evaluating the health status of herds based on tests applied to individuals. *Prev Vet Med* 14:33-43.
- Mathee S, McGeoch MA. 2004. Helminths in horses: use of selective treatment for the control of strongyles. *J S Afr Vet Assoc* 75:129-136.
- Matthews JB, Hodgkinson JE, Dowdall SM, Proudman CJ. 2004. Recent developments in research into the Cyathostominae and Anoplocephala perfoliata. *Vet Res* 35:371-381.
- Mfitilodze MW, Hutchinson GW. 1990. Prevalence and abundance of equine strongyles (Nematoda: Strongyloidea) in tropical Australia. *J Parasitol* 76:487-494.
- Michel JF. 1968. Faecal egg counts in infections of gastro-intestinal nematodes in cows. *Vet Rec* 82:132- 133.
- Michel JF. 1974. Arrested development of nematodes and some related phenomena. *Adv Parasitol* 12:279-366.
- Monahan CM, Chapman MR, Taylor HW, French DD, Klei TR. 1997. Foals raised on pasture with or without daily pyrantel tartrate feed additive: comparison of parasite burdens and host responses following experimental challenge with large and small strongyle larvae. *Vet Parasitol* 73:277-289.
- Monahan CM, Chapman MR, Taylor HW, French DD, Klei TR. 1998. Experimental cyathostome challenge of ponies maintained with or without benefit of daily pyrantel tartrate feed additive: comparison of parasite burdens, immunity and colonic pathology. *Vet Parasitol* 74:229-241.
- Monahan CM, Taylor HW, Chapman MR, Klei TR. 1994. Experimental immunization of ponies with *Strongylus vulgaris* radiation-attenuated larvae or crude soluble somatic extracts from larval or adult stages. *J Parasitol* 80:911-923.
- Murphy D, Love S. 1997. The pathogenic effects of experimental cyathostome infections in ponies. *Vet Parasitol* 70:99-110.

- Nielsen MK, Haaning N, Olsen SN. 2006a. Strongyle egg shedding consistency in horses on farms using selective therapy in Denmark. *Vet Parasitol* 135:333-335.
- Nielsen MK, Kaplan RM, Thamsborg SM, Monrad J, Olsen SN. 2007. Climatic influences on development and survival of free-living stages of equine strongyles: implications for worm control strategies and managing anthelmintic resistance. *Vet J* 174:23-32.
- Nielsen MK, Monrad J, Olsen SN. 2006b. Prescription-only anthelmintics-a questionnaire survey of strategies for surveillance and control of equine strongyles in Denmark. *Vet Parasitol* 135:47-55.
- Nielsen MK, Peterson DS, Monrad J, Thamsborg SM, Olsen SN, Kaplan RM. 2008. Detection and semi-quantification of *Strongylus vulgaris* DNA in equine faeces by real-time quantitative PCR. *Int J Parasitol* 38:443-453.
- Nilsson O, Ljungstrom BL, Hoglund J, Lundquist H, Uggla A. 1995. *Anoplocephala perfoliata* in horses in Sweden: prevalence, infection levels and intestinal lesions. *Acta Vet Scand* 36:319-328.
- Ober-Blöbaum Wv. 1932. Untersuchungen über die Einwirkungen physikalischer Einflüsse auf die Larven von Pferdestrongyliden. *Tierarztl Umsch* 47:812- 815.
- Ogbourne CP. 1972. Observations on the free-living stages of strongylid nematodes of the horse. *Parasitology* 64:461-477.
- Ogbourne CP. 1973. Survival on herbage plots of infective larvae of strongylid nematodes of the horse. *J Helminthol* 47:9-16.
- Ogbourne CP. 1975. Epidemiological studies on horses infected with nematodes of the family Trichonematidae (Witenberg, 1925). *Int J Parasitol* 5:667-672.
- O'Meara B, Mulcahy G. 2002. A survey of helminth control practices in equine establishments in Ireland. *Vet Parasitol* 109:101-110.
- Owen RA, Jagger DW, Quan-Taylor R. 1989. Caecal intussusceptions in horses and the significance of *Anoplocephala perfoliata*. *Vet Rec* 124:34-37.
- Paul JW. 1998. Equine Larval Cyathostomosis. *Comp Cont Ed Pract Vet* 20:509- 514.

- Pearson GR, Davies LW, White AL, O'Brien JK. 1993. Pathological lesions associated with *Anoplocephala perfoliata* at the ileo-caecal junction of horses. *Vet Rec* 132:179-182.
- Peregrine AS, McEwen B, Bienzle D, Koch TG, Weese JS. 2006. Larval cyathostominosis in horses in Ontario: an emerging disease? *Can Vet J* 47:80-82.
- Peters BG, Leiper JWG. 1940. Variations in dilution-counts of helminth eggs. *J Helminthol* 18:117- 142.
- Presland SL, Morgan ER, Coles GC. 2005. Counting nematode eggs in equine faecal samples. *Vet Rec* 156:208-210.
- Proudman CJ, Edwards GB. 1992. Validation of a centrifugation/flotation technique for the diagnosis of equine cestodiasis. *Vet Rec* 131:71-72.
- Proudman CJ, French NP, Trees AJ. 1998. Tapeworm infection is a significant risk factor for spasmodic colic and ileal impaction colic in the horse. *Equine Vet J* 30:194-199.
- Proudman CJ, Holmes MA, Sheoran AS, Edwards SE, Trees AJ. 1997. Immunoepidemiology of the equine tapeworm *Anoplocephala perfoliata*: age-intensity profile and age-dependency of antibody subtype responses. *Parasitology* 114 ( Pt 1):89-94.
- Proudman CJ, Trees AJ. 1996a. Correlation of antigen specific IgG and IgG(T) responses with *Anoplocephala perfoliata* infection intensity in the horse. *Parasite Immunol* 18:499-506.
- Proudman CJ, Trees AJ. 1996b. Use of excretory/secretory antigens for the serodiagnosis of *Anoplocephala perfoliata* cestodosis. *Vet Parasitol* 61:239-247.
- Proudman CJ, Trees AJ. 1999. Tapeworms as a cause of intestinal disease in horses. *Parasitol Today* 15:156-159.
- Reid SW, Mair TS, Hillyer MH, Love S. 1995. Epidemiological risk factors associated with a diagnosis of clinical cyathostomiasis in the horse. *Equine Vet J* 27:127-130.
- Reinemeyer CR. 1986. Small strongyles. Recent advances. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2:281-312.

- Reinemeyer CR. 1999. Current concerns about control programs in temperate climates. *Vet Parasitol* 85:163-169.
- Reinemeyer CR, Henton JE. 1987. Observations on equine strongyle control in the southern temperate USA. *Equine Vet J* 19(6):505- 508.
- Reinemeyer CR, Smith SA, Gabel AA, Herd RP. 1984. The prevalence and intensity of internal parasites of horses in the U.S.A. *Vet Parasitol* 15:75-83.
- Reinemeyer CR, Smith SA, Gabel AA, Herd RP. 1986. Observations on the population dynamics of five cyathostome nematode species of horses in northern USA. *Equine Vet J* 18:121-124.
- Ribbeck R, Schusser GF, Haupt W. 1997. Zum Vorkommen der larvalen Cyathostominose beim Pferd. *Tierarztl Umsch* 52:254- 263.
- Roberts FH, O'Sullivan PJ, Riek RF. 1951. The significance of faecal egg counts in the diagnosis of parasitic gastro-enteritis of cattle. *Aust Vet J* 27:16-18.
- Rommel M, Eckert J, Kutzer E, Körting W, Schnieder T. 2000. Veterinärmedizinische Parasitologie. Berlin: Parey. pp. 915
- Runnwerth E, Sadau A, Aust H. 2002. Tierzuchtreport. Frankfurt/O.: Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft.
- Silva AV, Costa HM, Santos HA, Carvalho RO. 1999. Cyathostominae (Nematoda) parasites of *Equus caballus* in some Brazilian states. *Vet Parasitol* 86:15-21.
- Slocombe JO. 2004. A modified critical test for the efficacy of pyrantel pamoate for *Anoplocephala perfoliata* in equids. *Can J Vet Res* 68:112-117.
- Slocombe JO, de Gannes RV, Lake MC. 2007. Macrocyclic lactone-resistant *Parascaris equorum* on stud farms in Canada and effectiveness of fenbendazole and pyrantel pamoate. *Vet Parasitol* 145:371-376.
- Smets K, Shaw DJ, Deprez P, Vercruyse J. 1999. Diagnosis of larval cyathostominosis in horses in Belgium. *Vet Rec* 144:665-668.

- Smith HJ. 1978. Experimental Trichonema infections in mature ponies. *Vet Parasitol* 4:265-273.
- Steinbach T. 2003. Untersuchungen zur Bedeutung anthelminthischer Behandlungen bei der Auslösung von Symptomen einer larvalen Cyathostominose: Justus-Liebig-Universität Gießen, Diss. pp 166.
- Taylor EL. 1938. Observations on the bionomics of strongyloid larvae in pastures. *Vet Rec* 50:1265- 1272.
- Thrusfield M. 1995. Veterinary Epidemiology. Oxford, London, Edinburgh, Cambridge, Carlton: Blackwell Science. pp 479.
- Tolliver SC, Lyons ET, Drudge JH. 1987. Prevalence of internal parasites in horses in critical tests of activity of parasiticides over a 28-year period (1956-1983) in Kentucky. *Vet Parasitol* 23:273-284.
- Torbert BJ, Klei TR, Lichtenfels JR, Chapman MR. 1986. A survey in Louisiana of intestinal helminths of ponies with little exposure to anthelmintics. *J Parasitol* 72:926-930.
- Traversa D, Iorio R, Klei TR, Kharchenko VA, Gawor J, Otranto D, Sparagano OA. 2007a. New method for simultaneous species-specific identification of equine strongyles (nematoda, strongylida) by reverse line blot hybridization. *J Clin Microbiol* 45:2937-2942.
- Traversa D, Klei TR, Iorio R, Paoletti B, Lia RP, Otranto D, Sparagano OA, Giangaspero A. 2007b. Occurrence of anthelmintic resistant equine cyathostome populations in central and southern Italy. *Prev Vet Med* 82:314-320.
- Uhlinger C. 1990. Parasite control programs. In: Smith BP, ed. Large Animal Internal Medicine. St. Louis: Mosby. pp 1513- 1522.
- Uhlinger C. 1991. Equine Small Strongyles: Epidemiology, Pathology and Control. *Comp Cont Ed Pract Vet* 13:863- 869.
- Uhlinger C. 1993. Uses of Fecel Egg Count Data in Equine Practice. *Comp Cont Ed Pract Vet* 15:742- 748.

- Uhlinger CA. 2007. Evidence-based parasitology in horses. *Vet Clin North Am Equine Pract* 23:509-517.
- Uhlinger C, Johnstone C. 1985. Prevalence of benzimidazole-resistant small strongyles in horses in a southeastern Pennsylvania practice. *J Am Vet Med Assoc* 187:1362-1366.
- Ungemach F.R. 2002. Antiparasitika, In: Löscher W, Ungemach FR Kroker R (Eds.). *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*. Berlin: Parey pp. 245- 289.
- Urban JF, Jr., Noben-Trauth N, Donaldson DD, Madden KB, Morris SC, Collins M, Finkelman FD. 1998. IL-13, IL-4 $\alpha$ , and Stat6 are required for the expulsion of the gastrointestinal nematode parasite *Nippostrongylus brasiliensis*. *Immunity* 8:255-264.
- Van Loon G, Deprez P, Muylle E, Susttronck B. 1995. Larval cyathostomiasis as a cause of death in two regularly dewormed horses. *Zentralbl Veterinarmed A* 42:301-306.
- van Wyk JA. 2001. Refugia--overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of anthelmintic resistance. *Onderstepoort J Vet Res* 68:55-67.
- van Wyk JA, Hoste H, Kaplan RM, Besier RB. 2006. Targeted selective treatment for worm management--how do we sell rational programs to farmers? *Vet Parasitol* 139:336-346.
- von Grellck H, Hörchner F, Wöhrl HE. 1977. Entwicklungsfähigkeit und Überlebensdauer von Larven der Pferdestrongylien im Freiland. *Prakt Tierarzt* 4:265- 268.
- Waller PJ. 1987. Anthelmintic resistance and the future for roundworm control. *Vet Parasitol* 25:177-191.
- Warnick LD. 1992. Daily variability of equine fecal strongyle egg counts. *Cornell Vet* 82:453-463.
- Waruiru RM, Kyvsgaard NC, Thamsborg SM, Nansen P, Bogh HO, Munyua WK, Gathuma JM. 2000. The prevalence and intensity of helminth and coccidial infections in dairy cattle in central Kenya. *Vet Res Commun* 24:39-53.

- WHO. 2001. Health Research Methodology: A Guide for Training in Research Methods.  
Manila: World Health Organization Regional Office for the Western Pacific. pp 237.
- Willer H. 1982. Praktische Stichprobenplanung mit Beispielen aus der Veterinärmedizin und Tierproduktion. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. pp 163
- Williamson RM, Beveridge I, Gasser RB. 1998. Coprological methods for the diagnosis of *Anoplocephala perfoliata* infection of the horse. *Aust Vet J* 76:618-621.
- Wirtherle NC. 2003. Untersuchungen zur Verbreitung von Anthelminthikaresistenzen bei Pferden in Niedersachsen. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss., pp 203.

## 8 ANHANG

### 8.1 Fragebogen

#### Fragebogen zur Wurmstudie

*Pro Frage sind teilweise mehrere Antworten möglich*

##### 1. Anzahl der bei Ihnen gehaltenen Pferde:

\_\_\_\_\_ Fohlen (<1Jahr)  
\_\_\_\_\_ Jährlinge (1-3 Jahre)  
\_\_\_\_\_ ausgewachsene Pferde

##### 2. Wie viele Neuzugänge hatten Sie im letzten Jahr (zirka)? \_\_\_\_\_

Keine

##### 3. Was für eine Haltungsform haben Sie?

Stall    Offenstall    nur Weide

andere: \_\_\_\_\_

##### 4. Haben Ihre Pferde Weidegang?

JA    NEIN

##### 5. Wie lange kommen Ihre Pferde auf die Weide?

**Ganzjährig**

Tag und Nacht

tagsüber

**nur im Sommer**

Tag und Nacht

tagsüber oder über Nacht

stundenweise

andere: \_\_\_\_\_

##### 6. Weidefläche in Hektar (zirka) : \_\_\_\_\_

##### 7. Wie viele Pferde stehen auf dieser Weidefläche? \_\_\_\_\_

##### 8. Wechseln Sie die Weiden?

NEIN

JA, jährlich

JA, öfter

##### 9. Sammeln Sie Kot von der Weide ab und wenn ja, wie oft?

NEIN

JA, alle 2 Wochen

JA, andere \_\_\_\_\_

##### 10. Entfernen Sie Geilstellen (Von den Tieren verkotete Grasnarbe)?

JA

NEIN

**11. Grasen auch andere Tiere auf der Weide /den Weiden?**

- NEIN
- JA, Wiederkäuer (Rinder, Schafe, Ziegen)       JA, Esel
- JA, Schweine       Andere \_\_\_\_\_

**12. Düngen Sie Ihre Weide/ Weiden?**

- NEIN
- JA, mit Gülle       JA, mit Pferdemist
- JA, anderes \_\_\_\_\_

**13. Falls Sie Gastpferde und/oder Neuzugänge haben: werden diese bei Ihnen entwurmt, bevor sie auf die Weide kommen?**

- NEIN
- JA, ohne anschließende Quarantäne\*      \*(von den übrigen Pferden mindestens 2 Tage lang getrennte Haltung)
- JA, mit Quarantäne

**14. Wie oft misten Sie den Stall, bzw. bei Offenstallhaltung, sammeln Sie den Kot vom Auslauf ab?**

- täglich       1x monatlich (Tiefstreu/Matratzen)
- unregelmäßig       ich habe weder Stall noch Auslauf

**15. Entwurmen Sie Ihre Pferde?**

- JA       NEIN

**16. Wie oft entwurmen Sie?**

	<i>Fohlen</i>	<i>Zuchstuten</i>	<i>andere Pferde</i>
2xjährlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3xjährlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4xjährlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5xjährlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6xjährlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere:	_____	_____	_____

**17. Wann war der letzte Entwurmungstermin? \_\_\_\_\_**

- die bei mir eingestellten Pferde werden zu ganz unterschiedlichen Zeitpunkten entwurmt
- weiß nicht

**18. Wie dosieren Sie die Wurmkuren?**

- Individuell nach Gewicht/Größe
- Bei jedem Pferd eine Paste
- Bei jedem Fohlen ½ Paste
- Andere: \_\_\_\_\_

**19. Welche Wurmkuren benutzen Sie?**

- Fenbendatol®, Tiabendazol®, Panacur®, Rintal®, Telmin®  
(Benzimidazole)
- Equimax®, Eqvalan®, Ivomec®, Diapec®, Paramectin®, Furexel®,  
Eraquell®, Equest® (Makrozyklische Laktone und Kombinationspräparate)
- Banminth®, Equivermon®, Hippoparex®, Jernadex®, Verminal®  
(Pyranthel)
- Weiß nicht

**20. Welches Wurmmittel haben Sie zuletzt eingesetzt? \_\_\_\_\_**

- Weiß nicht

**21. Wann planen Sie die nächste Entwurmung? \_\_\_\_\_**

- Weiß nicht

**22. Verfolgen Sie bestimmte Entwurmungsstrategien? Wenn ja, welche?**

- NEIN
- Entwurmung im Frühjahr bei Weideaustrieb
- Entwurmung im Herbst bei Aufstallung
- gegen Magendasseln: „Abdasseln“ und Behandlung im Winter
- Andere Kriterien? \_\_\_\_\_

**23. Woher beziehen Sie Ihre Informationen zur Entwurmung?**

- Tierarzt
- Schmied
- Heilpraktiker
- Andere Fachleute (Beruf: \_\_\_\_\_)
- Andere Pferdebesitzer
- Beiträge in Zeitschriften
- Vorträge
- Werbung
- Gute Erfahrung
- Zustand der Pferde
- Kotuntersuchungen

**24. Wären Sie dazu bereit, durch uns eine kostenlose parasitologische Kotuntersuchung an Ihren Pferden vornehmen zu lassen?**

- JA
- NEIN

**Vielen Dank für die Beantwortung unserer Fragen!**

## 8.2 Berechnung des Stichprobenumfanges

Die untere Grenze ( $\pi_u$ ), bei der mit 95%iger Wahrscheinlichkeit noch die Nullhypothese angenommen werden kann, lässt sich mit der folgenden exakten Beziehung berechnen:

$$\pi_u = \frac{x}{x + (n - x + 1) F} \quad \text{mit} \quad F_{\{FG_1=2(n-x+1), FG_2=2x\}}$$

Hier beschreibt  $x$  die Ereignishäufigkeit,  $n$  die beobachteten Fälle und  $F$  den Wert der F-Verteilung mit  $2(n-x+1)$  Freiheitsgraden im Zähler und  $2x$  Freiheitsgraden im Nenner.

Die Wahrscheinlichkeit, dass durch die Berechnung dieser Grenze die Nullhypothese abgelehnt wird, obwohl sie wahr ist, liegt bei 0,05.

- Die Grenze, ab der mit 95%iger Wahrscheinlichkeit die Alternativhypothese angenommen werden muss, mit der oberen Konfidenzgrenze  $\pi_o$ , ist die Kontrolle des Fehlers 2. Art und die dazu erforderliche Planung des Stichprobenumfangs (Prüfumfanges) möglich (Willer, 1982):

$$\pi_o = \frac{(x + 1) F}{n - x + (x + 1) F} \quad \text{mit} \quad F_{\{FG_1=2(x+1), FG_2=2(n-x)\}}$$

Die Freiheitsgrade werden mit der inversen F-Funktion berechnet.

- Das Berechnen der Konfidenzgrenzen ermöglicht es festzustellen, bei welchem Stichprobenumfang die Konfidenzintervalle verschiedener Prävalenzen getrennt werden können.
- Die untere Konfidenzgrenze für den Prävalenzwert unter der Hypothese  $p_0=98,7\%$  und die obere Konfidenzgrenze für den Prävalenzwert unter der Alternativhypothese  $p_A=90\%$ , können durch Iteration bezüglich  $n$  so bestimmt werden, dass der Fehler 1. und 2. Art die einseitigen Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 nicht überschreitet.

## 8.3 Angenommene Korrelationen zwischen den Variablen

### Größe des Bestandes (a)

- starke Korrelation mit „Besatzdichte“, „Weidewechsel“ und „Kot absammeln“ (ag, ah, ai)

- Besatzdichte: ein großer Bestand hat eine höhere Besatzdichte, da die Weidefläche im Verhältnis zur Anzahl der Pferde kleiner ist (positive Korrelation)
- eine größere Zahl von Weiden bietet mehr Möglichkeiten für Weidewechsel (positive Korrelation)
- in kleinen Betrieben ist ein Absammeln von Kot von den Weiden eher zu bewältigen, in sehr großen Beständen ist dies nicht praktikabel (negative Korrelation)
- mittlere Korrelation mit „Neuzugänge“ (ad):
  - Tierbestand wechselt in großen Betrieben häufiger (positive Korrelation)
- schwache Korrelation mit „Häufigkeit des Entwurmens“ (ao):
  - in großen Betrieben, in denen die meisten Pferde nicht Pensionspferde sind (viele der Pferde gehören dem Betreiber selbst), wird aus Kostengründen seltener entwurmt (negative Korrelation)

#### **Jungtiere im Betrieb ja/nein (b)**

- starke Korrelation und Redundanz mit „Prozentualer Anteil an Jungtieren“ (bc): beide Variablen sagen ähnliches aus (das Vorhandensein von Jungtieren ist Voraussetzung für einen kleinen oder großen prozentualen Anteil an Jungtieren)
- mittlere Korrelation mit „Häufigkeit des Entwurmens“ (bo);
  - Es wird von der Annahme ausgegangen, dass Jungtiere öfter entwurmt werden (positive Korrelation)

#### **Neuzugänge (d)**

- starke Korrelation mit „Entwurmung von Neuzugängen“ (dm)
  - Eine Bejahung dieses Faktors ist Voraussetzung dafür, dass bei der Entwurmung von Neuzugängen eine positive Antwort gegeben werden kann

#### **Haltungsform (e)**

- starke Korrelation und Redundanz mit „Beweidungsdauer“ (ef):
  - eine Haltungsform, bei der die Pferde vor allem auf Weiden gehalten werden, schließt eine lange Beweidungsdauer mit ein

#### **Beweidungsdauer (f)**

- starke Korrelation mit „Besatzdichte“ (fg):
  - da es aus parasitologischer Sicht in erster Linie von Interesse ist, wie stark die Weidefläche durch den Gesamtbestand belastet wird, lässt sich die Beweidungsdauer nur im Zusammenhang mit der Besatzdichte betrachten. So kann es vorkommen, dass auf einem Betrieb die einzelnen Pferde nur kurzfristig auf die Weidefläche kommen, die Weide aber de facto durch Mehrfachnutzung erheblich höher belastet wird.

### **Besatzdichte (g)**

- mittlere Korrelation mit „Kot absammeln“, „Entfernen von Geilstellen“, „Häufigkeit des Entwurmens“ und „Düngen“ (gi), (gj), (go), (gl)
  - Betreiber eines Pferdestalls mit hoher Besatzdichte sind sich vermutlich des Risikos einer verstärkten Weidekontamination bewusst und reagieren mit intensivierten Weidehygienemaßnahmen (Kot absammeln und Geilstellen entfernen) sowie mit häufigerem Entwurmen. (positive Korrelation)
  - werden Weiden stärker abgegrast, ist davon auszugehen, dass sie auch häufiger gedüngt werden. (positive Korrelation)

### **Kot absammeln (i)**

- starke Korrelation mit „Entfernen von Geilstellen (ij)
  - wird der Kot regelmäßig und häufig entfernt, entstehen keine Geilstellen (negative Korrelation).
- schwache Korrelation mit „Häufigkeit des Ausmistens“, „Häufigkeit des Entwurmens“, „Entwurmungsstrategien“ (in), (io), (ir)
  - Besitzer, die einen großen Aufwand bei der Weidehygiene betreiben, führen vermutlich auch eine sorgfältigere Stallhygiene durch (positive Korrelation).
  - in Bezug auf die Entwurmungshäufigkeit sind zwei konträre Korrelationen denkbar:
    1. die Pferdebesitzer nehmen an, dass durch die Weidehygiene ein selteneres Entwurmen nötig ist (negative Korrelation)
    2. Pferdebesitzer, die sich bereits in der Weidehygiene stark engagieren, könnten auch auf die Prophylaxe durch Entwurmung einen gesteigerten Wert legen (positive Korrelation)

### **Entfernen von Geilstellen (j)**

- mittlere Korrelation mit „Wechselbeweidung“ (jk)
  - die Wechselbeweidung ist eine ökologische Maßnahme zur Geilstellenentfernung und hängt mit dieser Variablen zusammen (positive Korrelation)

### **Häufigkeit des Ausmistens (n)**

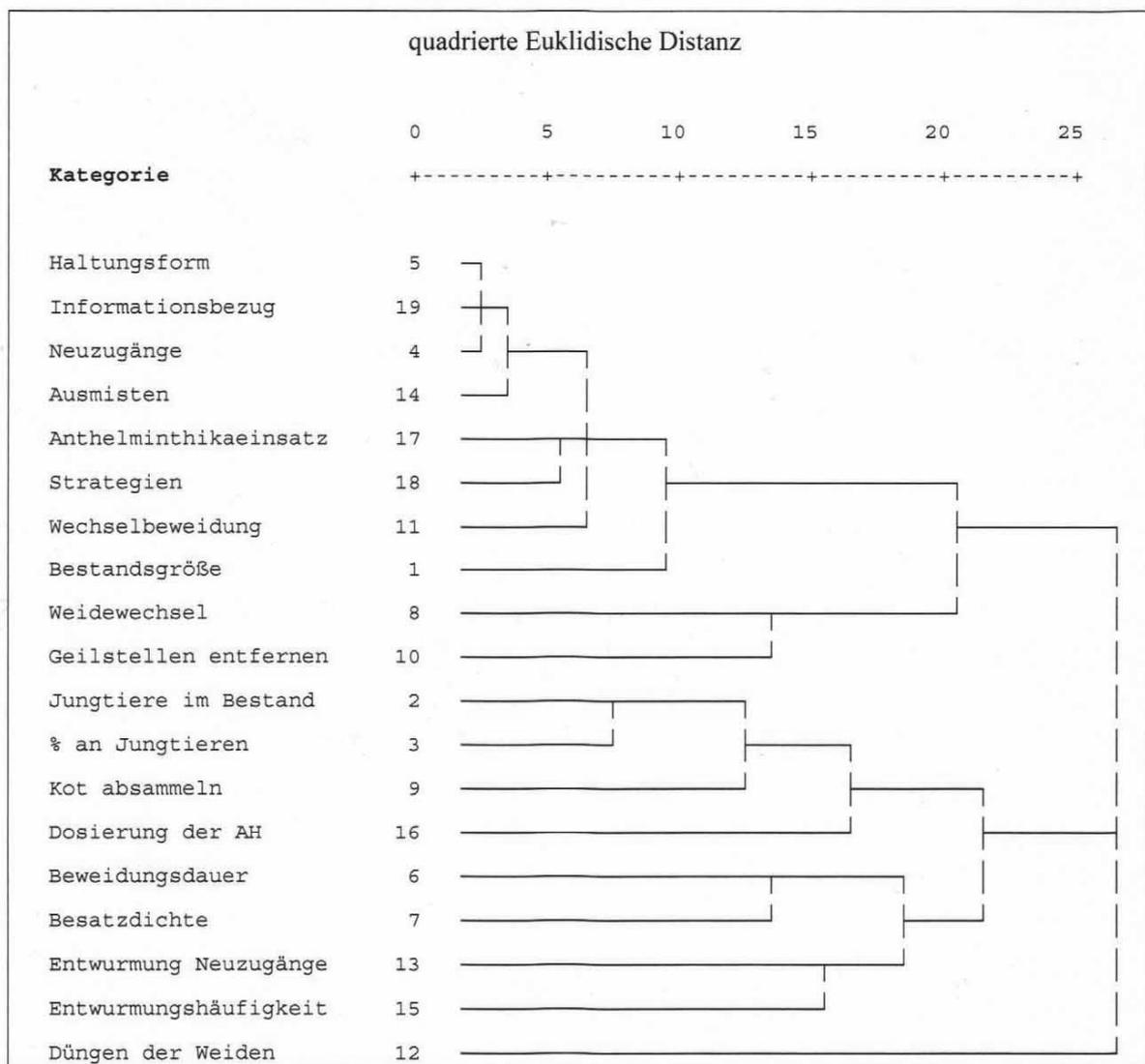
- mittlere Korrelation mit „Häufigkeit des Entwurmens“ (no)
  - vorsichtige Besitzer, die eine sorgfältige Stallhygiene betreiben, neigen auch zu einer häufigeren Helminthenprophylaxe (positive Korrelation)

### **Informationsbezug (s)**

- mittlere Korrelation mit „Häufigkeit des Entwurmens“ „Dosierung der Wurmkuren“ „Benutzte Entwurmungsmittel“ „Entwurmungsstrategien“ (so), (sp), (sq), (sr)
  - bei all diesen Variablen kann angenommen werden, dass sie durch Informationen von Fachpersonal beeinflusst werden.

## 8.4 Clusteranalyse

Die Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse sind anhand eines Dendogramms in Abb. 8.1 dargestellt. Es sind zwei große Cluster zu sehen, innerhalb dieser Cluster hängen die Variablen unterschiedlich stark zusammen. Der geringste Mittelwertsabstand bestand zwischen den Variablen „Haltungsform“, „Informationsbezug“ und „Neuzugänge“. Ebenfalls bestand ein naher Zusammenhang zwischen den Variablen „Informationsbezug“ und „Häufigkeit des Ausmistens“. Dies lässt eine bestimmte Ähnlichkeit in der Ausprägung der Variablen vermuten, was ein Hinweis auf eine eventuell zwischen den Werten bestehende Kollinearität ist. Diese starken Cluster sind beim Variablenausschluss zu berücksichtigen.



**Abbildung 8-1:** Hierarchische Clusteranalyse: Dendogramm Average Linkage zwischen den Gruppen (quadrierte Euklidische Distanz)

## 8.5 Aus dem Modell durch Vorüberlegung ausgeschlossene Variablen

Im Folgenden sind Variablen aufgeführt, die auf Grund von Redundanz oder starker Kollinearität aus dem Modell ausgeschlossen werden.

- Variable a (Größe des Bestandes): Es erscheint wichtiger, den Einfluss der mit ihr stark korrelierten Variablen (g,h und i) auf die abhängige Variable zu ermitteln, da auf diese im Falle eines signifikanten Einflusses auch effektiv eingewirkt werden kann.
- Variable c (Prozentualer Anteil an Jungtieren): Wie auch in der Clusteranalyse ersichtlich, steht diese Variable im Zusammenhang mit der Variablen b. Inhaltlich sagen sie teilweise dasselbe aus, dabei wird die Variable b als aussagekräftiger angesehen.
- Variable d (Neuzugänge): Wichtiger erscheint die mit ihr korrelierte Variable m (Entwürmen der Neuzugänge), da ihre Aussage umfassender ist. Im Modell werden diejenigen Betriebe, die keine Neuzugänge haben, mit denen gleichgesetzt, die ihre Neuzugänge mit anschließender Quarantäne entwurmen.
- Variable e (Haltungsform): Die Beweidungsdauer wird als wichtigerer, da umfassenderer Faktor gesehen. Es gibt nur acht Betriebe, in denen Pferde teilweise ausschließlich auf der Weide gehalten werden.
- Variable g (Besatzdichte): Die Besatzdichte wird ausgeschlossen, da sie eindeutig einer starken Korrelation unterliegt: bei Betrachtung der Daten wird ersichtlich, dass Höfe mit einer hohen Besatzdichte häufiger Weidehygienemaßnahmen ergreifen, häufiger ausmisten und häufiger entwurmen als Höfe mit niedriger Besatzdichte.
- Variable j (Entfernen von Geilstellen): Diese Variable wird entfernt, da sie zu sehr mit der Variable i in Verbindung steht, von der angenommen wird, dass sie einen stärkeren Einfluss auf den Larvenbesatz auf den Weiden hat.
- Variable s (Informationsbezug): Aufgrund der starken Clusterbildung wird diese Variable aus dem Modell ausgeschlossen. Eine Betrachtung der Daten zeigt zusätzlich, dass nur sechs Betriebe angeben, keine Informationen zur Entwurmung vom Tierarzt zu beziehen. Es ist fraglich, ob eine so geringe Zahl an Daten eine zuverlässige Risikoanalyse zulässt.

## 8.6 Abbildungen

Abbildung 2-1: Entwicklungszyklus der kleinen Strongyliden .....	12
Abbildung 3-1: Studiendesign zur Ermittlung der Prävalenz von Helminthen in Brandenburg: .....	45
Abbildung 3-2: Verlauf der Studie zur Ermittlung der Prävalenz von Helminthen bei Pferden in Brandenburg 2006.....	63
Abbildung 3-3: Anzahl und Altersstruktur der in Brandenburg gehaltenen Pferde auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=235). ....	64
Abbildung 3-4: Pro Betrieb im Mittel gehaltene Pferde und deren gemittelte Altersstruktur auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=235).....	65
Abbildung 3-5: Anzahl der pro Betrieb gehaltenen Pferde auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n= 235).....	65
Abbildung 3-6: Haltungsformen auf pferdehaltenden Betrieben in Brandenburg auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=235).....	66
Abbildung 3-7: Absammeln von Kot von den Weiden auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=231).....	67
Abbildung 3-8: Düngung der Weiden auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=226) .....	68
Abbildung 3-9: Häufigkeit des Ausmistens auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=231).....	69
Abbildung 3-10: Häufigkeit des Entwurmens bei erwachsenen Pferden, Fohlen und Zuchtstuten auf den Betrieben auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=229) .....	70
Abbildung 3-11: Entwurmung von Gastpferden und Neuzugängen. Daten auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=206) .....	71
Abbildung 3-12: Verwendete Entwurmungsklassen auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=230).....	72
Abbildung 3-13: Entwurmungsstrategien (Zeitpunkt der Behandlung). Daten auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=234).....	73
Abbildung 3-14: Faktoren mit Einfluss auf die Entwurmungsmaßnahmen. Daten auf Grundlage einer im Sommer 2006 durchgeführten Fragebogenerhebung (n=234).....	73
Abbildung 3-15: Dauer der Pferdehaltung auf den im Jahr 2006 untersuchten Betrieben (n=126).....	74

Abbildung 3-16: Geographische Verteilung der 126 im Jahre 2006 untersuchten Betriebe im Bundesland Brandenburg.....	75
Abbildung 3-17: Anzahl untersuchter Pferde pro Betrieb .....	76
Abbildung 3-18: Beitrag der 20% der untersuchten Pferde pro Betrieb mit maximalem EpG an der ermittelten Gesamteiausscheidung (in Prozent) .....	77
Abbildung 3-19: Streudiagramm zum Vergleich der Ergebnisse der kombinierten Sedimentation/Flotation mit der Methode nach McMaster.....	78
Abbildung 8-1: Hierarchische Clusteranalyse: Dendrogramm Average Linkage zwischen den Gruppen (quadrierte Euklidische Distanz).....	126

## 8.7 Tabellen

Tabelle 2-1: Prävalenzen von Strongylyden in verschiedenen Ländern.....	8
Tabelle 2-2: Prävalenzen von großen Strongylyden .....	9
Tabelle 2-3: Prävalenzen weiterer Parasiten des Pferdes.....	10
Tabelle 2-4: Überlebensdauer freilebender equiner Strongylydenstadien unter verschiedenen Klimaeinflüssen (Nielsen et al., 2007) .....	15
Tabelle 3-1: Definition der Befallsstärken mit MDW/kombinierte Sedimentation/Flotation .	51
Tabelle 3-2: Kennzahlen für die Befallsstärke eines Betriebes (abhängige Variablen).....	55
Tabelle 3-3: Kategorisierung der vermuteten Risikofaktoren (unabhängige Variablen).....	56
Tabelle 3-4: Darstellung der vermuteten Korrelationen von Faktoren anhand einer 18x18 Matrix. Die Variablen wurden Tab. 3.3 entnommen .....	58
Tabelle 3-5: Auflistung der in der Korrelationsmatrix (Tabelle 3-4) dargestellten Korrelationen.....	59
Tabelle 3-6: Kategorien der auf Einzeltierebene erfassten Daten (unabhängige Variablen)...	60
Tabelle 3-7: Abhängige Variablen für die Auswertung auf Einzeltierebene (Höhe der Eiausscheidung) MDS .....	61
Tabelle 3-8: Sensitivität der Untersuchungsmethode (kombinierte Sedimentation/Flotation) bei MDS-Eier-positiven Pferdekotproben mit gesicherten EpG-Werten.....	62
Tabelle 3-9: Prävalenz von Endoparasiten bei Pferden in Brandenburg .....	76
Tabelle 3-10: Variablen für das Regressionsmodell .....	79
Tabelle 3-11: Übersicht über die verschiedenen Modelle zum MDS-Befall (die modellbildenden Risikofaktoren sind mit einem Kreuz markiert).....	80
Tabelle 3-12: Risikofaktoren für eine sehr starke Eiausscheidung.....	81

Tabelle 3-13: Risikofaktoren für eine starke und sehr starke Eiausscheidung .....	81
Tabelle 3-14: Risikofaktoren für einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Tieren mit einem EPG >200 .....	82
Tabelle 3-15: Risikofaktoren für eine starke und sehr starke Eiausscheidung mit MDS auf Tierebene .....	83
Tabelle 3-16: Risikofaktoren für eine sehr starke Eiausscheidung mit MDS auf Tierebene...	84
Tabelle 3-17 : Vergleich von Pferden mit einem positiven MDS-Befund mit Pferden mit negativem Befund .....	84
Tabelle 3-18: Risikofaktoren für einen EpG >200.....	85
Tabelle 3-19: Spulwurm- Bandwurm- und Oxyurenbefall von Pferden in Bezug zu den Kategorien Rasse, Alter und Geschlecht.....	86

## **8.8 Tafeln**

Tafel 3-1: Stichprobenumfang.....	49
-----------------------------------	----

## 8.9 Verwendete Abkürzungen

BZ	Benzimidazol
CI	Konfidenzintervall
DL4	developing larvae four
EL3	early third stage larvae
EpG	Eier pro Gramm Kot
E/S – AG	Excretory/ secretory antigen
FN	Deutsche Reiterliche Vereinigung
L1- L3	Larve eins- Larve drei
LL3	late third stage larvae
LL4	late larvae four
LCL	lower confidence limit (untere Konfidenzgrenze)
MDS	Magen Darm Strongyliden
MDW	Magen Darm Würmer
ML	makrozyklische Laktone
OR	Odds Ratio= Chancenverhältnis
PYR	Pyrantel

## **VERÖFFENTLICHUNGEN**

Teile der vorliegenden Dissertation wurden bereits auf folgender Tagung vorgestellt:

„Prävalenz von Helminthen bei Pferden im Bundesland Brandenburg“

B. Hinney, N.C. Wirtherle, M. Kyule, K.-H. Zessin, E. Schein und P.-H. Clausen:

Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V. (DVG), Fachgruppe  
Parasitologie und parasitäre Krankheiten

Celle, 4.-6. Juni 2007, p 36

## **DANKSAGUNG**

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. Schein, in dessen Haus ich die Arbeit durchführen durfte.

Besonders bedanke ich mich bei Herrn PD Dr. Clausen, für das Überlassen des Themas, die freundliche Aufnahme in seiner Arbeitsgruppe, die motivierende Unterstützung und die jederzeit bestehende Möglichkeit eines Gesprächs. Herrn Professor Dr. Dr. Zessin danke ich ebenfalls besonders für die entscheidenden Hilfen bei der Studienplanung und für die fortwährende, sehr hilfreiche Beratung. Mein besonderer Dank gilt auch Frau Dr. Wirtherle als Initiatorin der Arbeit für die freundliche und engagierte Betreuung.

Für die statistische Auswertung erhielt ich große Hilfe von vielen Seiten. Ich danke Herrn Dr. Kyule, der einen wesentlichen Beitrag zur statistischen Auswertung geleistet hat, Herrn Dr. Miethe für die große Hilfe bei der Stichprobenplanung und Herrn Dr. Greiner für wichtige Hinweise sowie Frau Dr. Arndt, die immer bereit war, mir bei Problemen zu helfen.

Aus dem Labor der Helminthologie gebührt Frau Etzold großer Dank für ihren Einsatz, weiterhin danke ich Frau Bartmann und Frau Heeder.

Insbesondere danke ich den Pferdebesitzern, die an der Studie teilgenommen haben, für Ihre unverzichtbare Mithilfe.

Meiner Familie und meinen Freunden danke ich dafür, dass sie mich während der gesamten Zeit immer wieder bestärkt und motiviert haben.

## **SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG**

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Berlin, den 18. Dez. 2008      Barbara Hinney