

Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Prävalenz und Tenazität des Duncker'schen Muskelegels in verschiedenen Wildtierspezies in Sachsen

(51-9210.71/145)

Kurztitel: DME Sachsen

Zuwendungsempfänger/

Ausführende Stellen: **Universität Leipzig,
Veterinärmedizinische Fakultät
Institut für Lebensmittelhygiene
An den Tierkliniken 1
D-04301 Leipzig**

Projektleitung : **Prof. Dr. Ernst Lücker (luecker@vmf.uni-leipzig.de)**
Tel.: 0341-97-38222, Fax: -38249
Dr. Ahmad Hamedy (hamedy@vetmed.uni-leipzig.de)
Tel.: 0341-97-38226
TA Stefan Birka (Stefan.Birka@vmf.uni-leipzig.de)
Tel.: 0341-97-38-223

Förderungskennzeichen: 51-9210.71/145

Laufzeit: 01.05.2014 – 30.06.2015

Berichtszeitraum: 01.05.2014-28.08.2015

Autoren und Mitarbeiter

Sandra Dolle, Stefan Birka, Martin Köthe, Gregor Makrutzki, Jasem Saffaf, Ahmad Hamedy und Ernst Lücker

Inhaltsverzeichnis

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes	6
1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens	8
1.1.1 Prävalenzstudie	8
1.1.2 Monitoring	8
1.1.3 Tenazitätsstudie	9
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde	9
1.2.1 Einleitung	9
1.2.2 Lebenszyklus	11
1.2.4 Pathogenität und Infektionen des Menschen	15
1.2.5 Tenazität	21
1.2.6 Wirte des Parasiten – Geographische Verbreitung – Prävalenz	24
1.2.7 Nachweisverfahren	30
1.2.8 Jagd und Wildverzehr in Deutschland und Sachsen	34
1.2.10 Verbraucherschutz	36
2.1 Prävalenzstudie	37
2.1.1 Material / Probenbeschaffung	37
2.1.2 Datenerhebung	37
2.1.3 AMT	38
3.1.4 Statistische Datenauswertung	40
2.2 Monitoring	40
2.3 Tenazität	40
2.3.1 Tenazität von Mesozerkarien in gefrorenem Fleisch im Hinblick auf verschiedene Temperatur- und Zeit-Profile	40
2.3.2 Toleranz gegenüber Kochsalz, Nitritpökelsalz und Pfeffer (Rohwurstherstellung) ..	41
3 Ergebnisse	41
3.1 Prävalenz	41
3.2 Monitoring	53
3.3 Tenazität	56
3.3.1 Tenazität von Mesozerkarien in gefrorenem Fleisch im Hinblick auf verschiedene Temperatur- und Zeit-Profile	56
3.3.2 Toleranz gegenüber Kochsalz, Nitritpökelsalz und Pfeffer (Rohwurstherstellung)	57
4 Zusammenfassung	59
5 Literaturverzeichnis	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebenszyklus und mögliche Beziehungen zwischen den Wirten der einzelnen Stadien von <i>Alaria alata</i> (ODENING 1963).....	15
Abbildung 2: Aufbau eines AMT-Ansatzes	34
Abbildung 3: Zwei <i>Alaria alata</i> Mesozerkarien zu verschiedenen Zeitpunkten. Zu erkennen ist das typisches Bewegungsmuster des DME (RIEHN et al. 2010).....	39
Abbildung 4: Balkendiagramm zur Übersicht der prozentualen Anteile (Y-Achse) an positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren in den 13 Kreisen / kreisfreien Städten (X-Achse).....	43
Abbildung 5: Balkendiagramm zur Übersicht des Untersuchungsergebnisses (X-Achse) aller in Sachsen untersuchten Tiere (Y-Achse) in den Altersklassen 0 (schwarz), 1 (grau) und 2 (hellgrau).	45
Abbildung 6: Balkendiagramm zur Übersicht des prozentualen Anteils (Y-Achse) der positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tiere aus Sachsen in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse).	46
Abbildung 7: Balkendiagramm zur Übersicht von positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren (Y-Achse) in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse) in Gruppe 1 (Görlitz und Bautzen).....	46
Abbildung 8: Balkendiagramm zur Übersicht von positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren (Y-Achse) in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse) in Gruppe 2 (Landkreis Leipzig, Stadt Leipzig, Meißen, Nordsachsen).	47
Abbildung 9: Balkendiagramm zur Übersicht von positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren (Y-Achse) in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse) in Gruppe 3 (Dresden, Zwickau, Vogtland, Chemnitz, Mittelsachsen, Erzgebirge, Sächsische Schweiz).	47
Abbildung 10: Balkendiagramm zur Übersicht des prozentualen Anteils (Y-Achse) der positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tiere aus Sachsen männlichen und weiblichen Geschlechts (X-Achse).	48
Abbildung 11: Jahresübersicht des DME-Vorkommens im Freistaat Sachsen. Angegeben sind prozentuale Anteile (Y-Achse) von negativ (rot) und positiv (grün) untersuchten Wildschweinen in den einzelnen Monaten (X-Achse).....	50
Abbildung 12: Diagramm zur Korrelation von Wasserfläche und Prävalenz der 13 Kreise / kreisfreien Städte. Die Prävalenz wird auf der Y-Achse in % und der Anteil der Wasserfläche an der Gesamtfläche des Kreises auf der X-Achse in % angegeben. Die Punkte stellen die 13 Kreise dar.	51
Abbildung 13: Diagramm zur Korrelation von Anzahl der aus positiv untersuchten Wildschweinen isolierten DME (Y-Achse) und deren Körpergewicht (X-Achse).....	52
Abbildung 14: Verteilung der DME-Funde im Landkreis Bautzen	54
Abbildung 15: Verteilung der DME Funde im Landkreis Görlitz	55
Abbildung 16: Überleben der <i>A. alata</i> Meozozerkarien (n = 125) bei einer Temperatur von -18±2° C	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der bislang bekannten Wirte des mesozerkarialen Stadiums von <i>A. alata</i>	28
Tabelle 2: Übersicht der 13 Kreise / kreisfreien Städte mit jeweiligem Untersuchungszeitraum, Anzahl untersuchter Tiere und Prävalenz.....	43
Tabelle 3: Übersicht der Altersklassen nach Kreisen / kreisfreien Städte mit jeweiligen Untersuchungszahlen und Prävalenzen.	45
Tabelle 4: Übersicht der Geschlechter nach Kreisen / kreisfreien Städte mit jeweiligen Untersuchungszahlen und Prävalenzen.....	49
Tabelle 5: Übersicht zur Gesamtfläche, Wasserfläche und dem sich daraus ergebenden Anteil der Wasserfläche zur Gesamtfläche der 13 Kreise / kreisfreien Städte. Zusätzlich werden Anzahl der untersuchten Tiere, Anzahl der positiv untersuchten Tiere und die sich daraus ergebene Prävalenz angegeben.....	51

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Seit dem Jahr 2002 kommt es auf dem gesamten Gebiet der Bundesrepublik regelmäßig zu Meldungen über Nachweise des sogenannten Duncker'schen Muskelegels (DME) in Wildfleisch. Es handelt sich dabei um den parasitären Saugwurm *Alaria alata*. Es ist bislang nicht auszuschließen, dass *Alaria alata* Mesozerkarien durch infiziertes Wildbret auch auf den Menschen übertragen werden und schwerwiegende Erkrankungen verursachen können. Eine abschließende wissenschaftliche Bewertung des humanen Expositionsrisikos war bislang nicht möglich, da die vornehmlich mit dem Referenzverfahren nach VO (EG) Nr. 2075/2005 erfassten Ergebnisse hinsichtlich (i) der Verteilung des Duncker'schen Muskelegels im paratenischen Wirt sowie (ii) der Erfassung der geographischen Verbreitung und Häufigkeit des Vorkommens des DME und (iii) seiner Befallsstärke in Wildbret unter dem Vorbehalt erheblicher Fehlerraten interpretiert werden müssen. Durch den Einsatz der neuentwickelten *Alaria alata mesocercariae migration technique* (AMT; RIEHN et al. 2010) innerhalb der amtlichen Untersuchung besteht nun erstmals die Möglichkeit diese Wissenslücken zu schließen. Gleichzeitig ergibt sich aus der Verfügbarkeit der AMT erstmals die Möglichkeit, die Überlebensfähigkeit des Duncker'sche Muskelegels in Fleisch und Fleischprodukten während der verschiedenen Phasen des Fertigungs- und Reifungsprozesses zu dokumentieren. Ziel dieses Untersuchungsschritts ist die Identifizierung von Fertigungs- und Behandlungskriterien, die eine sichere Abtötung des DME bewirken.

Das Projekt dient dem Schutz der berechtigten Interessen der am Verkehr mit Wildbret beteiligten Wirtschaftskreise, wobei der Jägerausübende als Primärerzeuger hierbei im Mittelpunkt steht. Aufgrund der fehlenden Daten über die geographische Verteilung, das Vorkommen, der Prävalenz sowie der Verteilung des Muskelegels im Tierkörper kann durch den Verzehr von Wildschweinfleisch eine Gefahr für den Menschen ausgehen und eventuell zu schwerwiegenden Erkrankungen führen. In seiner Stellungnahme Nr. 027/2007 vom 1. Juli.2007 spricht sich das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), mit Hinweis auf das zoonotische Potential des Erregers, dafür aus, dass Fleisch, in welchem die Mesozerkarie des Saugwurms *Alaria alata* nachgewiesen wurde, aus Gründen des gesundheitlichen Verbraucherschutzes als untauglich für den

menschlichen Verzehr zu beurteilen ist (BfR 2007). Der Nachweis des DME erfolgt bislang im Rahmen der Trichinellenuntersuchungen (TU) mittels Sammelproben. Diese weist eine extrem geringe Sensitivität auf, so dass falsch-negative Ergebnisse nicht zu vermeiden sind. Dem zufolge ist bei Anwendung von Verfahren der Trichinellenuntersuchung eine Identifikation befallener Stücke aus positiven Sammelproben nahezu unmöglich. Da zum momentanen Zeitpunkt weiterführende Erkenntnisse zum Ansteckungsrisiko und der Widerstandsfähigkeit des DME in Wildfleisch nicht verfügbar sind, werden alle potenziell infizierten Wildtiere als genussuntauglich eingestuft und der unschädlichen Beseitigung zugeführt. Der wirtschaftliche Schaden wird allein vom "Primärerzeuger", dem Jagd ausübenden getragen. Eine abschließende Bewertung des Risikos kann aufgrund der mangelhaften Datenlage bezüglich der Prävalenz des Parasiten in den Wildtierbeständen und der Verteilung im Tierkörper zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorgenommen werden. Daher ist es das Ziel des geplanten Forschungsvorhabens, die Häufigkeit und die Befallsstärke des Duncker'schen Muskelegels in Wildbret in Sachsen insbesondere innerhalb potentiell endemischen Gebieten zu erfassen.

Die Arbeitsziele des Forschungsvorhabens wurden entsprechend der Hauptaufgaben des Antrages sowie des Zuwendungsbescheides folgendermaßen definiert:

- Klärung des Vorkommens des Parasiten in der sächsischen Wildtierpopulation, maßgeblich der Wildschweinpopulation, mittels AMT (**Prävalenzstudie**)
- Einschätzung der Gesamtbelastung der sächsischen Wildtierpopulation und Identifikation von Verbreitungsschwerpunkten (**Monitoring**)
- Überprüfung der Tenazität des DME im Hinblick auf das alimentäre humane Expositionsrisiko (**Tenazitätsstudie**)

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Für den Berichtszeitraum vom Projektbeginn im Mai 2014 bis zum Termin der Abgabe des Abschlussberichts am 15. September 2015 wurden in Anlehnung an die oben aufgeführten wissenschaftlichen Arbeitsziele die nachfolgend näher beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt:

1.1.1 Prävalenzstudie

Die Prävalenzstudie wurde innerhalb der Projektlaufzeit als zusätzliche Untersuchung im Rahmen der amtlichen Untersuchung auf Trichinellen mittels der AMT durchgeführt. Durch Zusammenarbeit mit den TU-Untersuchungsstellen der sächsischen Veterinärämter erfolgte eine Nutzung des Untersuchungsmaterials für die gesetzlich vorgeschriebene Trichinellenuntersuchung für Schwarzwild. Geeignete Reste der trichinellen-negativen Rückstellproben wurden entweder im Amt selbst oder im Institut für Lebensmittelhygiene der Universität Leipzig auf den DME untersucht. Im letzteren Fall wurde das Probenmaterial von den Untersuchungsstellen gesammelt und durch den Kurier der Sächsischen Landesuntersuchungsanstalt (LUA) an das Institut geliefert.

1.1.2 Monitoring

Die in der Prävalenzstudie gewonnenen Daten dienen in Verbindung mit dem Ringversuch als Grundlage für eine von der Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz, Arbeitsgruppe Fleisch- und Geflügelfleischhygiene und fachspezifische Fragen von Lebensmitteln tierischer Herkunft (AFFL) vorgeschlagene Aufnahme in weitere Monitoring-Untersuchungen. Durch die mittels der Wildursprungsscheine gewährleistete Rückverfolgbarkeit jeder Probe ist es möglich, Funde von DME präzise ihrer genauen geografischen Position innerhalb eines Landkreises zuzuordnen. Verbreitungsschwerpunkte des Parasiten können so genau identifiziert werden und gegebenenfalls auch zeitliche Häufungen in gewissen Gebieten festgestellt werden.

1.1.3 Tenazitätsstudie

Zur Bestimmung der Tenazität von *Alaria alata* wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, wobei sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit einzelner Isolate gegenüber den verschiedenen physikalischen und chemischen Belastungen zeigten. Die gewonnenen Erkenntnisse können als Basis für eine eventuelle rechtliche Implementierung von Behandlungsverfahren für die Brauchbarmachung von infiziertem Wildtierfleisch dienen. Ein amtlich zugelassenes Behandlungsverfahren könnte in diesem Zusammenhang die Einhaltung eines hohen Verbraucherschutzniveaus unter Wahrung der Interessen der am Verkehr mit Wildfleisch beteiligten Wirtschaftskreise gewährleisten.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand an den angeknüpft wurde

1.2.1 Einleitung

Seit dem Jahr 2002 kommt es auf dem gesamten Gebiet der Bundesrepublik regelmäßig zu Meldungen über Nachweise des sogenannten Duncker'schen Muskelegels (DME) in Wildfleisch. Im Rahmen der routinemäßigen durchgeführten amtlichen Fleischuntersuchung auf Trichinellen wurde der Muskelegel in den letzten Jahren mehrfach als Zufallsbefund in Wildschweinfleisch nachgewiesen (GROßE und WÜSTE 2006). Bei dem Parasiten handelt es sich um das infektiöse Zwischenstadium, die Mesozerkarie des Saugwurms *Alaria alata*. Die Aufnahme dieser Mesozerkarien, vor allem durch Verzehr von unzureichend erhitzten Froschschenkeln, hat beim Menschen mehrfach zu schwerwiegenden Erkrankungen geführt, in einem Fall sogar mit Todesfolge (FREEMAN et al. 1976; FERNANDES et al. 1976; BEAVER et al. 1977; MCDONALD et al. 1994; KRAMER et al. 1996). Bislang ist nicht auszuschließen, dass der Muskelegel durch infiziertes Wildbret auf den Menschen übertragen werden kann. Eine abschließende wissenschaftliche Bewertung des humanen Expositionsrisikos ist bisher noch nicht möglich. Dem zufolge ist es im Sinne des vorbeugenden Verbraucherschutzes dringend erforderlich, dass das Wildschweinfleisch vor dem Verzehr fleischhygienisch kontrolliert, auf den DME untersucht und begutachtet wird, um

eine Infektionsgefahr für den Verbraucher ausschließen zu können. An dieser Stelle muss die besonders hohe Verantwortung der Jagdausübenden erwähnt werden. Das Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft gruppiert *Alaria alata* in die Sicherheitsstufe 2 (Z) ein, wobei Z für Zoonose steht. Das BfR empfiehlt daher, das Fleisch beim Nachweis des Erregers aus Gründen des vorbeugenden Verbraucherschutzes als genussuntauglich für den menschlichen Verzehr zu beurteilen und nicht für den Verzehr freizugeben. Laut Kapitel VIII der Verordnung (EG) Nr. 854/2004 ist das Fleisch von freilebenden Wild auch dann als genussuntauglich zu erklären, wenn die Untersuchung auf Merkmale hinweist, dass das Fleisch gesundheitlich bedenklich ist und das BfR betont, dass Parasitenbefall zu diesen Merkmalen gehört. Das genussuntaugliche Fleisch muss der unschädlichen Beseitigung zugeführt werden und der gesamte wirtschaftliche Schaden wird allein vom „Primärerzeuger“, dem Jagdausübenden getragen. Leider fehlen bislang viele Informationen über die Prävalenz, die geographische Verteilung, die Befallsstärke und Dissemination im Wirtstier und die Tenazität des Parasiten. Für eine bessere Detektion von *Alaria alata* in Fleischproben wurde am Institut für Lebensmittelhygiene eine neue Methode entwickelt (RIEHN et al. 2010). Mit der sogenannten *Alaria alata mesocercariae migration technique* (AMT) können die Mesozerkarien in verschiedenen Organen und Geweben der paratenischen Wirte sicher identifiziert werden. Durch den Einsatz dieser Methode in der amtlichen Untersuchung besteht so erstmals die Möglichkeit den Duncker'schen Muskelegel einfach und sicher nachzuweisen. Das Bundesinstitut für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) betont ausdrücklich, dass die AMT alle analytischen Anforderungen nach geltendem Gemeinschaftsrecht (VO (EG) 882/2004 Art. 11 Abs. 1 b und Abs. 3) erfüllt und nach AVV LmH Anlage 4 (analog BU oder SU) im amtlichen Rahmen direkt angewendet werden kann. Das Verfahren wurde im Institut für Lebensmittelhygiene optimiert und in diversen Ringversuchen validiert (RIEHN et al. 2010).

1.2.2 Lebenszyklus

Der vollständige Lebenszyklus des Parasiten *Alaria alata* wurde in der Mitte des Zwanzigsten Jahrhunderts erarbeitet (PETROV et al. 1950a, b; POTEKHINA 1950; SAVINOV 1953a, b; SAVINOV 1954). Auch der Zusammenhang zwischen dem Duncker'schen Muskelegel, der bereits 1881 entdeckt wurde, und dem Zyklus von *Alaria alata* konnte erst in diesem Zeitraum erkannt werden (ODENING 1963). MÖHL et al. (2009) haben den Entwicklungszyklus (Abbildung 1) wie folgt zusammengefasst: Mitglieder des Genus *Strigeata* haben üblicherweise einen obligaten 4-Wirtezyklus, jedoch haben sich die *Alaria* spp. zu einem obligatorischen 3-Wirtezyklus mit einem fakultativen vierten Wirt entwickelt (ODENING 1963). Diese Art von Lebenszyklus wurde erstmals von BOSMA (1934) beschrieben. Die adulte Trematode *Alaria alata* parasitiert im Dünndarm der Endwirte. Laut ODENING (1963) können nur Mitglieder (Arten) der Familie *Canidae* als Endwirte für diese Parasitenart fungieren, doch laut aktuelleren Studien kommen auch andere Karnivore wie *Felidae* (BOSMA 1934; IASTREB 2005) und *Mustelidae* (BOSMA 1934; IVANOV 2000; THIESS 2001, 2005) als Endwirte in Frage. Die adulten Trematoden scheiden im Dünndarm der Endwirte unembryonierte Eier aus, welche gemeinsam mit den Faeces in die Umwelt gelangen. Nach zwei Wochen schlüpfen im Wasser aus den Eiern die Miraciden, welche aktiv in die ersten obligatorischen Zwischenwirte eindringen. Diese Zwischenwirte sind Schnecken der Spezies *Planorbis*, *Heliosoma*, *Lymnea* und *Ansius* (RUSZKOWSKI 1922; CORT und BROOKS 1928; BOSMA 1934; ODLAUG 1940; POTEKHINA 1951; PEARSON 1956; NIKITINA 1986; WOYCIK 2001). In den Süßwasserschnecken findet eine multiple Vermehrung statt (HIEPE 1985) und nach circa einem Jahr Reifung lassen die Tochtorsporozysten Zerkarien frei, welche einen gegabelten Schwanz aufweisen (Furozerkarien). Diese Zerkarien schwimmen lebhaft im Wasser umher, dringen aktiv in den zweiten obligatorischen Zwischenwirt ein und entwickeln sich dort weiter zur Mesozerkarie. Beim Eindringen in den Wirt werfen sie ihren Schwanz ab. Der zweite Zwischenwirt kann eine Kaulquappe, ein Frosch oder andere Amphibien sein. Die Amphibien übertragen die Infektion von aquatisch lebenden Tieren auf terrestrisch lebende Wirte (DÖNGES 1969). Durch Aufnahme der Amphibien infiziert sich der Endwirt, in welchem der Parasit eine zyklische transenteropulmoenterale Wanderung vollzieht (ODENING 1963). Er wandert durch die Darmwand in die Bauchhöhle und

passiert das Zwerchfell, um weiter in die Brusthöhle zu gelangen. In der Lunge entwickelt sich die Mesozerkarie weiter zur Metazerkarie. Diese wird hochgehustet, abgeschluckt und gelangt so schließlich wieder in den Dünndarm. Dort entwickelt sie sich innerhalb von 14 bis 35 Tagen (CUCKLER 1940, 1949; SAVINOV 1953b; PEARSON 1956; SHOOP und CORKUM 1983a; SCHNIEDER 2006) zum Adultus um dort wieder Eier abzulegen und den Zyklus zu vollenden (SAVINOV 1953a; CUCKLER 1940, 1949; PEARSON 1956; ODENING 1963; JOHNSON 1968; HIEPE 1985; SCHNIEDER 2006). Diese gesamte Entwicklung vom Ei zum adulten Parasiten kann zwischen 92 und 114 Tage andauern (LUCIUS et al. 1988).

Dieser Lebenszyklus kann durch das Einschalten sogenannter paratenischer Wirte erheblich erweitert werden, da sich die Mesozerkarie ihren Wirten gegenüber sehr unspezifisch verhält. Zunächst wurde dieser Begriff als „hotes d`attente“ (= Wartewirt) von JOYEUX und BAER (1934) eingeführt. Paratenische Wirtsarten sind zum Beispiel Schweine, Waschbären, Rinder, Pferde und Nagetiere. Diese Spezies sind fakultative Mesozerkarienwirte und nicht essentiell für die Entwicklung des Parasiten, vollenden aber den Lebenszyklus aus ökologischer Sicht, da der paratenische Wirt in der Ernährung des Endwirtes eine größere Rolle spielen könnte als der zweite Zwischenwirt (MÖHL et al. 2009). Andererseits kann sich dieser Wartewirt auch als „cul-de-sac“ herausstellen, wenn er nicht zum Nahrungsspektrum der Endwirte gehört und sich somit als Sackgasse für den Parasiten erweist (PEARSON 1956). In den paratenischen Wirten fällt die Mesozerkarie in eine Art „Ruheform“, welche morphologisch durch das Vorhandensein von Penetrationsdrüsen und einer Zyste, welche vom Wirtsgewebe gebildet wird, charakterisiert ist. In diesem Ruhezustand entwickelt sich der Parasit nicht weiter, kann aber monatelang infektiös bleiben, sich ansammeln und nach Aufnahme durch einen Endwirt seine Entwicklung fortsetzen (ODENING 1963; BOCH 1992; MÖHL 2009). Des Weiteren können sich die paratenischen Wirte untereinander mit dem DME infizieren, wobei dieser mehrere solcher Wirtswechsel unbeschadet überstehen kann (MÖHL 2009; MURPHY 2012).

Im paratenischen Wirt vollzieht die Mesozerkarie eine transenteralsomatische Wanderung (ODENING 1963). Sie wandert durch die Darmwand in die Bauchhöhle, weiter in die Muskulatur, vornehmlich der vorderen Körperhälfte, bzw. setzt sich an oder in die unterschiedlichen Organe fest mit einer hohen Affinität zum angrenzenden

Fettgewebe (HIEPE 1985). Aus den Untersuchungen von ODENING (1963) geht hervor, dass sich die Larven in glasklaren, dünnwandigen Zysten vor allem im Fettgewebe des Herzbeutels, der Leber, des Zwerchfells und des Gekröses, außerdem im Fett- und Bindegewebe der Rippenmuskulatur und in Muskeln, Bindegewebe und Sehnen von Schulter-, Nacken-, Hals- und Schlundmuskulatur befanden. Er erkannte diese Zysten bereits mit bloßem Auge als kleine helle Bläschen und mit Hilfe einer Lupe erkannte er innerhalb der Bläschen weiße, bewegliche Mesozerkarien. Zur einwandfreien Diagnose empfiehlt er das Mikroskop zu benutzen.

Eine Verteilung der Mesozerkarie im Wirtskörper durch den Blutkreislauf wird von einigen Autoren ebenfalls in Betracht gezogen. So konnte PEARSON (1956) bei einem experimentell infizierten Fuchs *Alaria canis* Mesozerkarien im Blut der Leber nachweisen. Auch ALLEN und MILLS (1971) sind der Ansicht, dass Mesozerkarien die Lunge über das Blut durch die hintere Hohlvene und die rechte Herzkammer erreichen können. SHOOP und CORKUM (1983a) konnten Mesozerkarien in Herz und Leber, aber keinerlei Schäden an Gefäßen oder Leberkapsel feststellen. Sie gehen daher davon aus, dass die Larven keine aktive Körperwanderung vollzogen haben, sondern passiv über das Blut verteilt wurden. IASTREB et al. (2005) konnten ebenfalls Mesozerkarien im Blut von Hunden und Katzen nachweisen.

Neben dem oralen gibt es laut SCHNIEDER (2006) einen weiteren, transmammären Infektionsweg. Es sind 38 Helminthenspezies bekannt, bei denen eine vertikale Übertragung nachgewiesen wurde. Nur sechs davon gehören zu der Klasse der Trematoden. Für nur vier von diesen ist von einer postnatalen Übertragung über die Muttermilch auszugehen, darunter zählen unter anderem die Arten *Alaria marcianae* und *Alaria alata* (SHOOP 1991, 1994). Der Autor ist der Meinung, dass dieser Übertragungsweg einen signifikanten Mechanismus im Lebenszyklus der Parasiten darstellt. Eindeutige Belege für die transmammäre Übertragung konnten anhand experimenteller Infektionen für Karnivore, Nagetiere und Primaten erarbeitet werden (SHOOP und CORKUM 1983b, 1984, 1987, SHOOP et al. 1990). So konnte nachgewiesen werden, dass Katzen (Endwirt) nach einmaliger Infektion mit Mesozerkarien von *A. marcianae* den Parasiten mit der Muttermilch auf die Neugeborenen von bis zu 5 aufeinander folgenden Würfen übertragen können (SHOOP und CORKUM 1981). Ähnliche Ergebnisse konnten in Versuchen mit Mäusen und

Ratten, die mit Mesozerkarien von *A. marciana* infiziert wurden, erzielt werden (SHOOP und CORKUM 1983, 1984). SHARPILO und TKACH (1989) konnten dies in ihrer Studie für *A. alata* in Russland verifizieren. Klar herausgestellt wurde, dass die vertikale Übertragung nicht nach der F1-Generation abbricht, sondern über mehrere Generationen fortgeführt wird. Der einzige Unterschied zwischen den Versuchen bei Katzen (Endwirt) und Nagetieren (paratenischer Wirt) ist, dass der Parasit sich in der Katze zum Adulten weiterentwickelt, in den Nagetieren die Entwicklung aber nicht fortgeführt wird und der Parasit im mesozerkarialen Stadium verbleibt. Der Stimulus, der die Mesozerkarien dazu veranlasst von ihrem transenteropulmoenteralen Weg abzuweichen, um in die Milchdrüse zu gelangen, ist bislang nicht hinreichend geklärt. Miller (1981) geht allerdings von einem hormonellen Stimulus aus. Der gleiche vertikale Übertragungsweg wurde für Florida-Panther (FOSTER et al. 2009) und Kojoten (PENCE et al. 1988) nachgewiesen.

Im Zuge der transmamären Übertragung konnten SHOOP und CORKUM (1987, 1991) den Begriff *Amphiparatenensis* prägen. Laut ihrer Definition ist ein amphiparatenischer Wirt eine Wirtspezies, die zum einen als Endwirt und zum anderen als paratenischer Wirt fungieren kann. Infiziert sich ein laktierender Endwirt, entwickeln sich die Mesozerkarien nicht weiter zum adulten Parasiten sondern werden an die Jungtiere weitergegeben und entwickeln sich erst in diesen zum Adultus. Somit stellen in ein und derselben Tierart die Muttertiere die paratenischen Wirte und deren Nachkommen die Endwirte dar. Diese Gegebenheiten konnten SHOOP und CORKUM (1983) bei Katzen belegen. Das gleiche Phänomen konnten sie für die Spezies Maus, Waschbär und Primat, welche eigentlich als paratenische Wirte fungieren, nachweisen. Der Unterschied zur Katze besteht darin, dass in den genannten Spezies unter keinen bekannten Umständen der Parasit zum Adultus ausreifen würde (SHOOP und CORKUM 1983, SHOOP et al. 1990). Zusätzlich konnte diese amphiparatenische Strategie von PENCE et al. (1988) bei Kojoten bestätigt werden.

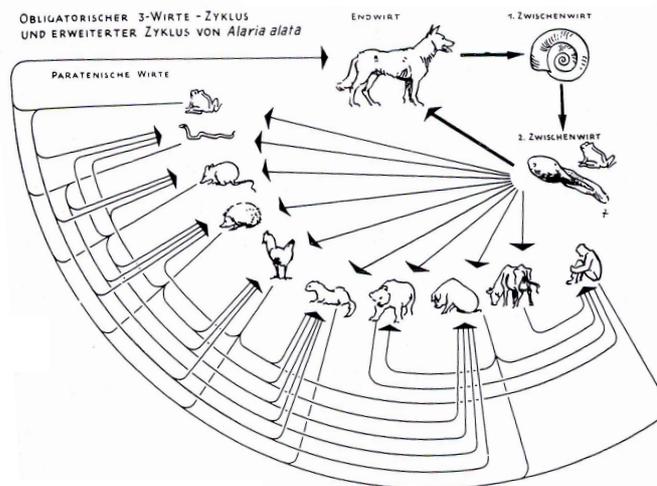


Abbildung 1: Lebenszyklus und mögliche Beziehungen zwischen den Wirten der einzelnen Stadien von *Alaria alata* (ODENING 1963)

1.2.4 Pathogenität und Infektionen des Menschen

Mehrere Autoren waren der Meinung, dass der Duncker'sche Muskelegel keine Gefahr für den Verbraucher darstellt und daher in der Fleischhygiene vernachlässigt werden kann (OSTERTAG und SCHÖNBERG 1955; LERCHE et al. 1957; BEUTLING 2004). ODENING (1961) wies jedoch nach, dass der Muskelegel experimentell auf Affen übertragen werden kann. Dazu verfütterte er eine Kreuzotter (*Vipera berus*), die eine Dosis von 40 Mesozerkarien enthielt, an einen Rhesusaffen (*Macaca mulatta* Shaw). Nach etwa einem Monat konnten während der Sektion des Affen 30 dieser Larven wiedergefunden werden. Unter Abwägung der Besonderheiten des Lebenszyklus von *Alaria alata* kommt ODENING (1963) zu dem Schluss: „Rein theoretisch ist es nun sehr unwahrscheinlich, dass die bezüglich ihrer Wirte so unspezifische Mesozerkarie von *A. alata* vor dem Menschen halt machen würde.“ Dies bestätigt die beiden Autoren SAVINOV (1954) und SUDARIKOV (1959), die eine Infektion des Menschen durch orale Aufnahme von DME-positivem Schweinefleisch ebenfalls für möglich hielten. 1969 wiesen auch HASSLINGER und NAGLER (1969) darauf hin, dass der Parasit für den Menschen potentiell pathogen sei. Einige Jahre später, beschrieben verschiedene Autoren mehrere Fälle der humanen larvalen Alariose, wobei die klinischen Symptome von leichten kutanen und respiratorischen Symptomen bis hin zum anaphylaktischen

Schock mit letalem Ausgang reichten (FALLIS et al. 1973; SHEA et al. 1973; BYERS und KIMURA 1974; WALTERS et al. 1975; FERNANDES et al. 1976; FREEMAN et al. 1976; BEAVER et al. 1977; MCDONALD et al. 1994; KRAMER et al. 1996; HEDGES 2000; BIALASIEWICZ 2000). Wegen der potentiellen Infektiösität des Parasiten gegenüber dem Menschen zählt diese Krankheit zu den Zoonosen (SMYTH 1995). Auch das Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft gruppiert *Alaria alata* in die Sicherheitsstufe 2 (Z) ein, wobei das Z für Zoonose steht (BAFU 2011). In Zusammenhang mit der larvalen Alariose wurde die Infektion des Auges wohl am häufigsten beschrieben.

SHEA et al. (1973) berichtet von einer kanadischen Frau aus Ontario. Sie wurde im Januar 1972 wegen intermittierender Sehstörungen des linken Auges über 6 Jahre in einem Krankenhaus vorstellig. Diese Sehstörungen beschrieb sie initial als schmierig flatternde Linien. Die Ursache dafür konnte von mehreren Ärzten nicht identifiziert werden und so gewöhnte sie sich an die Symptome. Im September 1971 aber verschlechterte sich das Sehvermögen deutlich und im Dezember des gleichen Jahres bemerkte sie einen schattenartigen Punkt auf ihrem Auge, welcher sich wellenförmig und wurmartig bewegte. Im Krankenhaus konnte neben einem retinalen Ödem und oberflächlichen Blutungen ein kleiner weißlicher beweglicher „Wurm“ in der Nähe der Macula diagnostiziert werden. Dieser „Wurm“ wurde rein optisch anhand seiner Größe, seiner Morphologie und seiner Bewegung als Mesozerkarie von *Alaria spp.* bestimmt. In der Anamnese stellte sich heraus, dass die Patientin ihr ganzes Leben lang selbst Frösche gefangen und im eigenen Haushalt Froschschenkel zubereitet hat. Da auch in einer Probe Froschschenkel von 1971 aus der Kühltruhe der Patienten Diplostomularven gefunden werden konnten, lag die Vermutung nahe, dass sie sich über die Frösche mit dem Parasiten infiziert haben musste. Wahrscheinlich wurde die Mesozerkarie mit dem Finger ins Auge übertragen und sie penetrierte anschließend direkt das Auge. Anfängliche Zweifel, dass eine Mesozerkarie über einen Zeitraum von sechs Jahren die beschriebenen Symptome ausgelöst haben soll, konnten durch DÖNGES (1969) beseitigt werden. Er beschrieb Larven, die bis zu sieben Jahre lang überlebten. Nachdem sich das Sehvermögen der Patientin weiter verschlechterte, entschied man sich, die Larve durch Photokoagulation mittels Argon-Laser abzutöten.

Nach einem Monat konnte keine Entzündung durch den toten Wurm festgestellt werden und das Sehvermögen der Frau verbesserte sich deutlich (SHEA et al. 1973).

BYERS und KIMURA (1974) berichten von einem 17jährigen Jungen aus San Francisco, Kalifornien, der wegen eines plötzlich eintretenden Gesichtsfeldausfalles vorstellig wurde. Dem Patienten fiel eine sich aktiv bewegende Larve im Auge auf. Das Auge zeigte nur minimale Reaktionen auf die Larve in der Retina, aber der Patient entwickelte Symptome wie Fieber, Kopf- und Muskelschmerzen und blutigen Husten, die über drei Tage lang anhielten. Nach der Gabe von Antihelminthika starb die Larve ab und löste sich auf. Das Auge reagierte mit einer starken Glaskörperreaktion und einer Makulopathie, das Sehvermögen verschlechterte sich. Nach Prednisolongabe beruhigte sich das Auge innerhalb von 3 Wochen und auch das Sehvermögen verbesserte sich wieder. Leider konnte die Larve nicht näher bestimmt werden und auch die Infektionsquelle konnte nicht eindeutig identifiziert werden (BYERS und KIMURA 1974).

MCDONALD et al. berichten 1994 gleich von 2 Fällen mit humaner intraokulärer Infektion, die von Mesozerkarien von *Alaria spp.* ausgelöst wurden. Beide Patienten waren asiatische Männer aus San Francisco, Kalifornien. Im ersten Fall 1989 wurde ein 35jähriger Mann wegen intermittierend schlechtem Sehvermögen im rechten Auge über die letzten 2 bis 3 Jahre vorstellig. Neben meanderförmigen, pigmentierten Narben und Blutungen in der Retina fand man eine ca. 500 µm große, gelbe Masse, die sich zusammenziehend bewegte. Der Parasit wurde fotografiert und anhand seiner Größe, Morphologie und Bewegung bestimmt. Daraufhin wurde er mit einem Laser photokoaguliert. Das Auge erholte sich kurze Zeit danach und das Sehvermögen des Patienten kam zurück. Im zweiten Fall wurde ein 38jähriger Mann wegen verschwommenen Sehens im linken Auge vorstellig. Man diagnostizierte eine Vaskulitis, eine Retinitis, einen leicht entzündeten Sehnerv und retinale Blutungen. Die Behandlung mit Kortikosteroiden linderte die Symptome zunächst, doch 21 Monate später wurde der Patient erneut vorstellig. Diesmal konnte eine sich bewegende, grau-weißliche Zyste mit einem Durchmesser von 3 mm im Glaskörper entdeckt werden. Darin bewegte sich ein circa 500 µm langer, weißer Parasit. Dieser wurde mittels Vitrektomie aus dem Auge entfernt und im Anschluss wurde die genaue Parasitenart bestimmt. Nach der Operation erholte sich der Patient schnell und auch sein Sehvermögen kam zurück. Die Anamnese

ergab bei beiden Patienten, dass sie mehrmals Froschschenkel in asiatischen Restaurants konsumiert hatten. Da diese in einer Soße oder Tunke serviert wurden, konnten die Patienten nicht sicher sagen, ob die Froschschenkel komplett durchgegart waren. Da keiner der beiden Kontakt zu lebenden Fröschen oder rohen Froschfleisch hatte, geht der Autor davon aus, dass es sich um eine orale Infektion mit Mesozerkarien von *Alaria spp.* handelte (MCDONALD 1994).

BIALASIEWICZ (2000) erwähnt in seiner Abhandlung über Neuroretinitis Mesozerkarien von *Alaria mesocercaria* und *Alaria americana* als einen möglichen infektiösen Auslöser der diffusen unilateralen subakuten Neuroretinopathie (DUSN). Die Patienten mit DUSN sind vor allem in den USA und in Ostasien beobachtet worden, in Europa ist diese Krankheit laut dem Autor eher eine Rarität. Nur bei 25 % der Patienten mit der Verdachtsdiagnose einer DUSN kann zum Zeitpunkt der Erstvorstellung ein mobiler Wurm entdeckt werden. Auch eine spezifische Allgemeinsymptomatik fehlt, wahrscheinlich weil nur wenige Larven oral aufgenommen werden und noch weniger Larven vom Dünndarm in die Blutbahn gelangen. Bei der okulären Symptomatik zeigen 75 % der Patienten Visusverlust. Des Weiteren treten Verschwommensehen, Dyschromatopsie, Netzhaut- und Papillenödeme, Gesichtsfeldausfälle und Blutungen auf. Einige Patienten können Wurmbewegungen wahrnehmen. Als biomikroskopisch fassbare Schäden sind grau-weiße chorioretinale Herde, depigmentierte Areale und chorioretinale Straßen (s.g. „tracks“) beschrieben. Eine sichere Diagnose ist schwierig, da die Augenmanifestation meist eine Spätfolge der hämatogenen Aussaat darstellt und daher selten Zeichen einer Allgemeinerkrankung erkennbar sind. Oft wird durch das Licht der Spaltlampe eine Fluchtreaktion des Parasiten in tiefere Netz- und Aderhautschichten ausgelöst, was die Diagnostik zusätzlich erschwert. Als Therapie empfiehlt der Autor Photokoagulation mittels Laser oder das manuelle Entfernen des Parasiten in einer Pars-plana-Vitrektomie. Zusätzlich wird die Gabe von Kortikosteroide empfohlen. Er empfiehlt weiterhin das Durchgaren von rohen Speisen, wie Fisch, Schlangen und Froschschenkel (BIALASIEWICZ 2000).

Auch bei Tieren wird die Infektion des Auges mit Mesozerkarien von *Alaria spp.* von mehreren Autoren beschrieben. PEARSON (1956) hat in seiner umfassenden Arbeit zu *Alaria spp.* in Ontario zufällig eine Mesozerkarie gefunden, die sich an der Kornea eines Frosches befestigt hatte und begann ins Auge einzudringen. Er ging dieser

Beobachtung aber nicht weiter nach. ASHTON (1969) berichtete von einem Katarrakt bei Süßwasserfischen, ausgelöst durch Trematoden der Familie *Diplostomatidae*. WALTERS et al. (1975) übertrugen Mesozerkarien von *Alaria spp.*, die aus einem Frosch isoliert wurden, auf die Kornea von Kaninchen. Sie stellten fest, dass die Mesozerkarien das Auge penetrierten, im Innern des Auges überlebten und nur wenige Abwehrreaktionen im Auge auslösten. LESTER und FREEMAN (1976) applizierten in ihren Versuchen Zerkarien von *Alaria marcinae* auf die Augen von Ratten, Meerschweinchen, Kaninchen und Fröschen. Diese penetrierten das Auge sofort und nach 24 Stunden wurden noch 10 % und nach 7 Tagen noch 1 % der Zerkarien in den Säugetieraugen wiedergefunden. In den Augen der Frösche überlebten 67 % der Zerkarien die ersten 24 Stunden und 14 % die erste Woche. Die längste Überlebenszeit der Larven betrug im Rattenauge 18 Tage und im Froschaug 28 Tage. Die meisten Larven drangen nur bis zur Bowman'schen Membran vor und die wenigen, die bis ins Stroma eindringen, waren zu 90 % nach drei Tagen wieder verschwunden. Die Autoren vermuten, dass sie zurück auf die Kornea gewandert sind und dort vom Augenlid weggewischt wurden (LESTER und FREEMAN 1976). Ein Jahr später machten sie ähnliche Versuche, die nun auch das menschliche Auge umfassten. Aufgrund der Ergebnisse, gehen die Autoren davon aus, dass die dickere menschliche Kornea nicht von den Zerkarien penetriert werden kann und diese somit nicht von außen, z.B. beim Baden in das Innere des menschlichen Auges gelangen können und lediglich oberflächliche pathologische Veränderungen am Auge hervorrufen (LESTER und FREEMAN 1976).

Zwei Autoren beschreiben Fälle, wo es durch die Mesozerkarie zu Infektionen der Haut kam. BEAVER et al. (1977) sprechen von einem 43jährigen Mann aus Denham Springs, Louisiana. Er wurde im Januar 1975 wegen einer 1 x 1 cm großen intradermalen Masse in der Leistengegend am linken Oberschenkel vorstellig. Nach 3 Wochen fiel eine ähnliche Gewebsveränderung in der linken Lendengegend auf Höhe des Beckenkamms auf. Beide Veränderungen wurden entfernt und pathologisch untersucht. Neben deutlichen Entzündungszellinfiltraten konnten „Würmer“ gefunden werden, die durch Computer-Rekonstruktion anhand von Größe und Morphologie als Mesozerkarien der Unterfamilie *Alariae* bestimmt werden konnten. Der Patient zeigte keine weiteren

Symptome. Durch die Anamnese wurde der Verzehr eines Waschbären und anderer Wildtiere, wie Reh, Hase und Eichhörnchen als mögliche Infektionsquelle identifiziert.

KRAMER et al. (1996) sprechen von einem 38jährigen Mann aus Kalifornien, der kurz nach seinem einwöchigen Kanadaurlaub im Oktober 1993 wegen eines intermittierenden Hautausschlags und Bronchospasmus vorstellig wurde. Auch eine Eosinophilie konnte festgestellt werden. Nach oraler Antihistaminikagabe und Inhalation von Kortikosteroiden klangen die Symptome innerhalb von 6 Wochen ab. Als mögliche Infektionsquelle kam der Verzehr von rohem Gänsefleisch in Kanada in Betracht. Im November 1994 hatte der Mann keine Symptome mehr, es wurde aber ein 1 bis 1,5 cm großer subkutaner Knoten an der Brust entdeckt. In der pathologischen Untersuchung konnte eine Trematoden-Larve identifiziert werden. Es wurde nicht sicher festgestellt ob es sich um *Alaria spp.* oder *Strigea spp.* handelte. Auch die Infektionsquelle für den Knoten war nicht eindeutig zuzuordnen. Da der Mann im Juli Frösche in seiner Umgebung gefangen, zubereitet und gegessen hatte, könnte er sich neben dem rohen Gänsefleisch ebenfalls ein weiteres Mal mit dem Froschfleisch infiziert haben.

1976 beschrieben FERNANDES et al. (1976) und FREEMAN et al. (1976) erstmals eine generalisierte Infektion mit *Alaria spp.* Mesozerkarien. Der 24jährige Patient aus Kanada wurde mit Symptomen wie Fieber, abdominalen Schmerzen, blutigem Husten, Kurzatmigkeit und subkutanen Emphysemen ins Krankenhaus eingeliefert, in welchem er am fünften Tag trotz Behandlung eine disseminierte intravasale Koagulopathie entwickelte und nach Lungen- und Hirnblutungen schließlich einem Hirntod erlag. Diese generalisierte anaphylaktische Reaktion wurde vermutlich durch wiederholte orale Aufnahme von infiziertem Material ausgelöst, da im Körper des Patienten in der pathologischen Untersuchung insgesamt mehrere Tausend Mesozerkarien von *Alaria americana* gefunden wurden. Diese befanden sich im Perikarderguss, im Bronchialsekret und vielen Organen, v.a. in den Lymphknoten. Die Gänge des Parasiten konnten nachverfolgt werden, doch eine entzündliche Reaktion um jeden Parasiten fehlte. Eine für Helmintheninfektionen kennzeichnende Eosinophilie (FREY und LÖSCHER 2005) konnte während der gesamten Krankheitszeit nicht festgestellt werden. Dieses initiale Fehlen ist mit den Untersuchungen von CURTSINGER und SHOOP (1986) zu erklären. Sie zeigten anhand eines Mäusemodells, dass bei es bei einer Infektion mit *Alaria spp.* erst nach ca. 10 Tagen zu einem Anstieg der

eosinophilen Leukozyten kommt. Die Infektionsquelle konnte nicht eindeutig identifiziert werden, jedoch lag der wiederholte Verzehr von Froschschenkeln als auslösende Ursache in dem beschriebenen Fall nahe. Es wurden einige Frösche aus der Umgebung des Patienten untersucht. 5 von 9 Grünfröschen, 3 Leopardfrösche und 7 Ochsenfrösche hatten insgesamt 7500 Mesozerkarien in sich, wovon allein 7000 auf die Ochsenfrösche verteilt waren. Die meisten waren Larven von *Alaria americana*, aber auch einige Larven von *Alaria asisaemoides* und *marciana* konnten gefunden werden. In einem großen Ochsenfrosches konnten allein in dessen Hintergliedmaßen dreitausend Mesozerkarien isoliert werden, welches die hohe Infektionsrate des erkrankten Mannes erklären könnte (FREEMAN et al. 1976).

1.2.5 Tenazität

Die Tenazität von *Alaria* spp. Mesozerkarien wurde gegenüber verschiedene äußerer Einflüsse geprüft. Dabei zeigte der Parasit eine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber physikalischer und chemischer Reize. SHOOP (1985) führte bereits Versuche zum Temperaturverhalten der Mesozerkarie durch und zeigte, dass die Larven stets entlang eines positiven Gradienten zur wärmeren Temperatur hin wandern und zusätzlich ab einer Temperatur von 25° C eine verstärkte Motilität aufweisen. Die Larven legen bei dieser Temperatur Strecken von 2,5 cm in nur 5 Minuten zurück. In Kontrollversuchen wurde der Einfluss andere Umweltreize auf dieses Verhalten ausgeschlossen. Diese Ergebnisse bestätigen die Theorie von MCCUE und THORSON (1964) und THORSON et al. (1964), welche besagt, dass alle Helminthen entlang eines solchen positiven Temperaturgradienten wandern. Die Autoren wiesen nach, dass die Larven sogar soweit wandern, bis sie Temperaturbereiche erreichen, in denen sie absterben. Für die Autoren stellt dies eine fehlgeleitete thermotaktische Reaktion dar. Sie führen diese „Leerlaufreaktion“ darauf zurück, dass den Parasiten eine negative Rückkopplung fehlt. Das genaue Gegenteil zu diesen in vitro Versuchen zeigt das Verhalten des Parasiten in vivo. Denn in lebenden Säugetieren wandern die Mesozerkarien aus dem warmen Magen-Darm-Trakt in distale Körperregionen bis hin zum Unterhautfettgewebe mit niedrigeren Temperaturen (SHOOP 1985). Hinsichtlich der Tenazität gegenüber unterschiedlicher Temperaturen wurden viele Studien durchgeführt, die zwar sehr

unterschiedliche Ergebnisse brachten, jedoch gemeinsam zeigten, dass *Alaria* spp. Mesozerkarien sehr widerstandsfähig gegenüber diverser Temperaturen sind. So überlebten die Mesozerkarien von *A. alata* bei DUNCKER (1896) 3 bis 4 Tage bei Kühlschranktemperatur, zeigten jedoch ab 8° C keinerlei Bewegungen mehr. BUGGE (1942a) konnte bei gleichen Temperaturen noch nach 16 bis 18 Tagen lebende Larven nachweisen. Bei GONZÁLES-FUENTES et al. (2015) überlebten sie 7 bis 13 Tage im Kühlschrank. Die Egel konnten innerhalb dieser Zeit durch Wärme immer wieder stimuliert werden, woraufhin sie erneut Bewegungen zeigten. WALTERS et al. (1975) konnten in ihren Versuchen zeigen, dass die Mesozerkarien bei 8° C bis zu 3 Monaten überlebten. Abwechselndes Abkühlen auf Kühlschranktemperatur und Erwärmen auf Zimmertemperatur überlebten die Parasiten bis zu einem Monat (FREEMAN et al. 1976). In Einfrierversuchen zeigten HASSLINGER und NAGLER (1969) und HIEPE (1985), dass die Larven bei -20° C bis zu 8 Wochen überleben können. Dies bestätigt die Aussage von RAU und GORDON (1978), dass die Mesozerkarien von *Alaria* spp. in ihren poikilothermen Wirten (z.B. in Strumpfbandnattern, *Thamnophis sirtalis sirtalis*) die kanadischen Winter, in welchen es bis zum -15° C kalt wird, überstehen. Bei weiteren Versuchen zur Brauchbarmachung von Fleisch konnten Überlebenszeiten von maximal 2 Stunden (GONZÁLES-FUENTES et al. 2015) bis 5 Tagen (VALLÉE 2006; PORTIER et al. 2011) bei -18° C festgestellt werden.

In Versuchen zur Toleranz gegenüber Wärme zeigten GONZÁLES-FUENTES et al. (2015), dass die Überlebenszeit der Larven umso kürzer ist, je höher die Temperatur ist. So starben die Mesozerkarien von *A. alata* in Ringerlösung bei 60° C nach 3 Minuten ab, während sie bei 30° C hingegen bis zu 28 Stunden überlebten. Bei dem Erhitzen von Fleisch in einer Mikrowelle (8 kW, 2450 MHz) überlebten die Larven Zeiten von 90 Sekunden, in denen das Fleisch eine Temperatur von ca. 63° C erreichte.

JOHNSON et al. (1985) führten Tenazitätsversuche mit *A. arisaemoides*, *A. marciana* und *A. mustelae* gegenüber verschiedenen Medien durch. Sie prüften das Verhalten der Larven im standardisierten NCTC 135-Medium und Triple-Eagle-Medium einzeln oder kombiniert mit Serum von Hühnern, Hunden, Pferden, Kälbern und Menschen. In keinem der Medien entwickelte sich die Mesozerkarie weiter zur Metazerkarie. *A. marciana* wies mit bis zu 27 Tagen die höchste Überlebenszeit in NCTC 135-Medium gemischt mit Kälberserum auf. In den anderen Medien überlebten in der

gleichen Zeit deutlich weniger Mesozerkarien. Auch GONZÁLES-FUENTES et al. (2014b) überprüften das Verhalten der Larven in verschiedenen Medien. Sie konnten zeigen, dass die Larven in 1 %iger NaCl-Lösung bis zu 23 Tage überlebten und in 3 %iger NaCl-Lösung hingegen schon nach 24 Stunden abstarben. Bei hohen Ethanol-Konzentrationen (>8 %) reichte eine Minute Verweilzeit im Medium aus, um die Larven abzutöten. Bei Ethanol-Konzentrationen unter 5 % hingegen überlebten die Larven zwischen 30 und 300 Minuten. Des Weiteren simulierten die Autoren eine menschliche Verdauung mittels der Medien, welche beim Magnetrührverfahren laut VO (EG) Nr. 2075/2005 zur Untersuchung auf Trichinellen eingesetzt werden (8 ml 25 % HCl, 5 g Pepsin). Unter diesen Bedingungen überlebten die *A. alata* Mesozerkarien maximal 120 Minuten.

Im Rahmen der Brauchbarmachung von Fleisch wurde die Tenazität gegenüber verschiedenen Herstellungsverfahren von Fleischprodukten untersucht. So konnten HASSLINGER und NAGLER (1969) und HIEPE (1985) zeigen, dass die Mesozerkarien in Schweinefleisch den Vorgang des Pökeln bis zu 10 Tage überlebten. In Versuchen mit Rohschinken, konnten GONZÁLES-FUENTES et al. (2014a) belegen, dass nach 24 Stunden keine lebenden DME mehr während der Produktionsschritte nachgewiesen werden konnten. In hergestellten und mit DME beimpften Salami und Rohwürsten („Knacker“) wurden innerhalb der ersten 24 Stunden noch mehrere lebende Mesozerkarien gefunden, danach waren allerdings alle Larven abgestorben.

Die Widerstandsfähigkeit der Mesozerkarien gegenüber Trockenheit wurde bislang nur in einer Studie untersucht. In den Versuchen überlebten die Larven nicht länger als 50 bis 60 Stunden bei Trockenheit und zeigten sich daraufhin im Kompressorium völlig reaktionslos (HASSLINGER und NAGLER 1969).

FREEMAN et al. (1976) führten einige in vitro Versuche durch, um die Wirksamkeit einiger Medikamente gegenüber den Mesozerkarien von *A. americana* zu prüfen. Die Parasiten stammten von einem kanadischen Mann, welcher sich durch den Verzehr von Froschschenkeln infiziert hatte. Bei den Antiparasitika Bithional und Niridazol reichten minimale Konzentrationen aus, um die Larven innerhalb von 20 Minuten abzutöten. Andere Substanzen, wie Antimon-Tartarate, Chloroquin-PO₄ und Emetin-HCl, zeigten auch in höchsten Konzentrationen keine direkte Wirkung, sodass die Larven noch bis zu 2 Tage weiterlebten.

1.2.6 Wirte des Parasiten – Geographische Verbreitung – Prävalenz

Die unterschiedlichen *Alaria* spp. sind weltweit verbreitet. In Europa und Asien ist bislang nur eine Art, *Alaria alata*, in der Literatur erwähnt, während in Amerika mehrere Arten, *A. arisaemoides*, *A. canis*, *A. marcinae*, *A. mustulae*, *A. nasuae*, *A. taxidae*, erwähnt sind. Das Spektrum an potentiellen Wirten der Trematode ist sehr breit und ist zum einen abhängig von der jeweiligen *Alaria* Art und zum anderen von der geographischen Lage und den geoklimatischen Gegebenheiten. Die diversen Entwicklungsstufen des Parasiten infizieren Schnecken, Amphibien, Reptilien und Säugetiere. Da vor allem Säugetiere meist Gegenstand eingehender parasitologischer Untersuchungen sind, ist insbesondere diese Wirbeltierklasse hinsichtlich der Prävalenz gut erforscht. Vor allem wildlebende Tiere sind häufig infiziert. MEHLHORN (2008) schätzt, dass ca. 30 % der Wildcaniden Träger von *Alaria alata* sind. Die Liste der potentiellen Wirte ist in den letzten Jahren durch neue Funde zusätzlich erheblich erweitert worden.

1) Zerkarienwirte

Die Zerkarie von *Alaria* spp. befindet sich im ersten obligatorischen Zwischenwirt. Diesen stellen verschiedene Gattungen (*Planorbis*, *Anisus*, *Planorbula*, *Helisoma*) der Familie *Planorbidae* (Tellerschnecken) und der Familie *Lymnaea* (Schlammschnecken) dar, die beide zu den *Basommatophora* (Wasserlungenschnecken) gehören. Das Vorkommen von *Alaria alata* im ersten Zwischenwirt wurde bislang nur in Weißrussland untersucht. So ermittelte NIKITINA (1986) für die Gemeine Tellerschnecke (*Planorbis planorbis*) eine Prävalenz von 1,28 % und für die Spitzschlammschnecke (*Lymnaea stagnalis*) eine Prävalenz von 1,7 %. Für diese Untersuchung wurden die Schnecken in ein Wasserbecken gesetzt und das Wasser alle zwei Stunden über drei Tage lang auf Zerkarien untersucht. JOHNSON (1968) fand in Minnesota (USA) Zerkarien von *Alaria marciana* in *Helisoma trivolis* (63,33 %), *Helisoma campanulatum* (100 %) und *Helisoma corpulentum* (71,43 %). Im gleichen Untersuchungsgebiet konnte bei *Planorbula armigera* eine Prävalenz von 16,67 % festgestellt werden (JOHNSON 1979).

2) Mesozerkarienwirte

Die Mesozerkarien der *Alaria* spp. finden sich zum einen in verschiedenen Amphibien, die den zweiten obligatorischen Zwischenwirt darstellen und zum anderen in verschiedenen Amphibien, Reptilien und Säugetieren, die paratenische Wirte darstellen. Tabelle 1 gibt eine kurze Übersicht, über die Arten aus diversen Ordnungen, die als Mesozerkarienwirte fungieren können.

2a) 2. Obligatorischer Zwischenwirt

Anura (Froschlurche) aus der Klasse der Amphibien stellen die zweiten obligatorischen Zwischenwirte dar, in welchen sich die Zerkarie zur Mesozerkarie entwickelt. Bislang sind 24 Arten der Familien *Ranidae* (Echte Frösche), *Bufo* (Echte Kröten), *Pelobatidae* (Europäische Schaufelfußkröten) und *Hylidae* (Baumfrösche) als Träger der Mesozerkarie bekannt. Die Prävalenz von *Alaria alata* Mesozerkarien wurde vor allem in Osteuropa untersucht. So wurden bei verschiedenen Krötenarten in Russland Prävalenzen von bis zu 70 % gefunden (SHIMALOV und SHIMALOV 2001b, d). Im Osten Deutschlands konnte ANDREAS (2006) für diese *Alaria* Art Prävalenzen von 6,1 % beim Teichfrosch (*Rana kl. esculenta*) und bis zu 55,6 % beim Moorfrosch (*Rana arvalis*) nachweisen. SHOOP und CORKUM (1981) fanden in Louisiana (USA) bei verschiedenen Amphibienarten Prävalenzen für *Alaria marciana* zwischen 33,33 und 100 %. In Nordamerika (Arizona und Nord-/Süddakota) lagen die Prävalenzwerte für *Alaria* spp. bei *Rana catesbiana* (Amerikanischer Ochsenfrosch) und *Rana pipiens* (Leopardfrosch) zwischen 4 und 55 % (GOLDBERG et al. 1998, 2001).

b) paratenische Wirte

Die Verbreitung des Parasiten erfolgt nicht nur über die Eier, die der Endwirt mit seinen Fäzes in die Umwelt ausscheidet, sondern auch über paratenische Wirte, die den potentiellen Endwirten als Beute und Nahrung dienen. Sowohl zahlreiche Säugetiere als auch Reptilien und Amphibien sind Wirte für die Mesozerkarien, die sich in ihnen allerdings nicht weiterentwickeln oder vermehren, sondern lediglich anreichern. Über diese paratenischen Wirte kann sich auch der Mensch, welcher selbst ein paratenischer Wirt ist, infizieren. In dieser Hinsicht dürfte das

Wildschwein die wohl bedeutsamste Rolle spielen. Daher überrascht es nicht, dass vor allem Wildschweine häufig Gegenstand von Untersuchungen auf diesen Parasiten sind. Vor allem in den letzten Jahren gab es vermehrt DME-Funde bei dieser Tierart, vorrangig Zufallsfunde während der vorgeschriebenen Untersuchung auf Trichinellen, insbesondere in Deutschland, Frankreich und Osteuropa (JAKSIC 2002; VALLEÉ 2006; 2005; WINKELS 2013). Bei Wildschweinen kommen hohe Befallsraten zustande, weil sie sich omnivor ernähren und neben Fröschen auch paratenische Wirte wie Nager, Reptilien und weitere Amphibien aufnehmen (DÖNGES 1969). Vor allem Gewebe wie Lymphknoten, Kehlkopf, Bauchfell, Zwerchfell und Zunge sind bei Wildschweinen häufig von den Mesozerkarien befallen (WINKELS 2013). Hinsichtlich der Prävalenz des Parasiten bei dieser Tierart hat WINKELS (2013) Ergebnisse aus vielen Gebiete Deutschlands gesammelt. GROßE und WÜSTE (2007) konzentrierten sich auf das Bundesland Brandenburg. Die Prävalenzwerte für *Alaria alata* in Wildschweinen in den unterschiedlichen Regionen lagen zwischen 0,02 und 3,1 %. Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass die Werte in wasserreichen Gebieten signifikant höher liegen als in wasserarmen Gebieten (BUGGE 1942b; WOJCIK et al. 2001). So zeigte die Untersuchung in 2 Jagdgebieten, dass in der wasserreichen Region neben dem Vorkommen der infizierten Zwischen- und Endwirten auch die Infektionsrate bei den paratenischen Wirten hoch war. In der wasserarmen Region fehlten bereits die Zwischenwirte, sodass bei alle anderen Wirten auch keine Infektionen nachweisbar waren. Prävalenzwerte bei anderen paratenischen Wirten wurden v.a. in Weißrussland erfasst. Die Werte variieren zwischen 0,6 % bei *Apodemus agrarius* (Brandmaus; SHIMALOV 2002a) und 11,7 % bei *Talpa europaea* (Europäischer Maulwurf; SHIMALOV und SHIMALOV 2001b). Reptilien und Eidechsen wurden vor allem in Polen auf Mesozerkarien untersucht, wobei die maximale Prävalenz von 22,6 % bei einer Kreuzotter (*Vipera berus*) festgestellt wurde (SHIMALOV 2000b). SHOOP und CORKUM (1981) konnten in Louisiana (USA) bei 87 % der von ihnen untersuchten Schlangenarten (*Agkistrodon piscivorus*, *Coluber constrictor*, *Farancia abacura*, *Lampropeltis getulus*, *Necordia cyclopion*, *Necordia erythrogaster*, *Necordia fasciata*, *Regina rigida*, *Thamnophis proximus*) Mesozerkarien von *Alaria*

marciana finden. In den Schlangen befinden sich die Mesozerkarien insbesondere im Fettkörper. Darüber hinaus konnten ein Chamäleon (*Anolis carolinensis*) und ein Alligator (*Alligator mississippiensis*) experimentell infiziert werden (SHOOP und CORKUM 1981).

Ob Fische auch als paratenische Wirte für *Alaria* spp. fungieren können, ist bislang noch nicht hinreichend geklärt. Es ist bekannt, dass Diplostomatiden-Larven die Linse und den Glaskörper im Fischauge befallen können (ASHTON et al. 1969; HOFFMANN 1976; LEIBOVITZ et al. 1980) und so wiesen RIIS et al. (1981) lebende Mesozerkarien im periokulären Gewebe bei einem Austernfisch (*Opsanus tau*) nach. Bei einem Versuch mit Goldfischen, denen PEARSON (1956) Mesozerkarien von *Alaria canis* fütterte, konnten diese zwar in der Bauchhöhle wiedergefunden werden, allerdings waren alle Larven abgestorben und befanden sich in verschiedenen Stadien der Abkapselung. Weder in der Muskulatur, noch in den Eingeweiden konnten Parasiten nachgewiesen werden. Weitere acht Fischarten wurden von SHOOP und CORKUM (1981) untersucht, doch ließen sich bei keiner von ihnen Mesozerkarien nachweisen.

Tabelle 1: Übersicht der bislang bekannten Wirte des mesozerkarialen Stadiums von *A. alata*

Amphibien	Reptilien	Säugetiere
<p>Ordnung Anura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Ranidae <i>R. arvalis</i> (Moorfrosch); <i>R. catesbeiana</i> (Amerikanischer Ochsenfrosch); <i>R. chiricahua</i> (Chiricahua leopard frog); <i>R. clamitans</i> (Schweifrosch); <i>R. fusca</i> (brauner Grasfrosch); <i>R. kl. esculenta</i> (Teichfrosch); <i>R. palustris</i> (Amerikanischer Sumpffrosch); <i>R. pipiens</i> (Leopardfrosch); <i>R. temporaria</i> (Grasfrosch); <i>R. utricularia</i> (Südlicher Leopardfrosch) • Familie Bufonidae <i>B. americanus</i> (Amerikanische Kröte); <i>B. bufo</i> (Erdkröte); <i>B. calamita</i> (Kreuzkröte); <i>B. viridis</i> (Wechselkröte) • Familie Hylidae <i>H. chrysoscelis</i> (Copes Grauer Grasfrosch); <i>H. cinerea</i> (Amerikanischer Laubfrosch); <i>H. regilla</i> (Pacific tree frog); <i>Pseudacris nigrita</i> (Southern Chorus Frog) • Familie Pelobatidae <i>P. fusca</i> (Knoblauchkröte) 	<p>Ordnung Squamata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie: Viperidae Agkistrodon piscivorus (Wassermokassinotter); <i>Vipera berus</i> (Kreuzotter) • Familie: Colubridae <i>Coluber constrictor</i> (Schwarznatter); <i>Coronella austriaca</i> (Schlingnatter); <i>Lampropeltis getulus</i> (Kettennatter); <i>Natrix natrix</i> (Ringelnatter); <i>Nerodia cyclopion</i> (Grüne Schwimmnatter); <i>N. erythrogaster</i> (Rotbauch-Kukrinatter); <i>N. fasciata</i> (Gebänderte Wassernatter); <i>Thamnophis cyrtopsis</i> (Schwarznacken-Strumpfbandnatter); <i>T. eques</i> (Mexikanische Strumpfbandnatter); <i>T. marcianus</i> (Karierte Strumpfbandnatter); <i>T. proximus</i> (Westliche Bändernatter); <i>T. sirtalis</i> (Gewöhnliche Strumpfbandnatter) • Familie: Lacertidae <i>Lacerta agilis</i> (Zauneidechse); <i>L. vivipara</i> (Waldeidechse); • Familie: Dactyloidae <i>Anolis carolinensis</i> (Amerikanisches Chamäleon) <p>Ordnung Crocodylia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie: Alligatoridae Alligator mississippiensis (Mississippi-Alligator) 	<p>Ordnung Anseriformes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Anatidae <i>Anas boschas</i> (Stockente) <p>Ordnung Rodentia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Muridae <i>Apodemus sylvaticus</i> (Waldmaus); <i>Mus musculus</i> (Hausmaus); <i>Rattus rattus</i> (Hausratte) • Familie Cricetidae <i>Peromyscus leucopus</i> (Weißfußmaus) <p>Ordnung Artiodactyla</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Bovidae <i>Bos taurus</i> (Hausrind) <p>Ordnung Carnivora</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Canidae <i>Cerdocyon thous</i> (Maikong); <i>Pseudalopex gymnocercus</i> (Pampasfuchs) • Familie Felidae <i>Oncifelis geoffroyi</i> (Kleinfleckkatze); <i>Puma concolor</i> (Florida-Panther) • Familie Mustelidae <i>Lontra canadensis</i> (Nordamerikanischer Flussotter); <i>Martes martes</i> (Baummarder); <i>M. zibellina</i> (Zobel); <i>Meles meles</i> (Europäischer Dachs); <i>M. erminea</i> (Hermelin); <i>M. lutreola</i> (Europäischer Nerz); <i>M. nivalis</i> (Mauswiesel); <i>M. putorius</i> (Europäischer Iltis); <i>Taxidea taxus</i> (Silberdachs) • Familie Mephitidae <i>Spilogale putorius</i> (Östlicher Fleckenskunk) • Familie Procyonidae <i>Procyon lotor</i> (Waschbär) • Familie Ursidae <i>Ursus arctos</i> (Braunbär) <p>Ordnung Artiodactyla</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Suidae <i>Sus scrofa</i> (Wildschwein); <i>Sus scrofa domestica</i> (Hausschwein) <p>Ordnung Eulipotyphla</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Talpidae <i>Talpa europaea</i> (Europäischer Maulwurf) • Familie Erinaceidae Erinaceidae (Igel) <p>Ordnung Galliformes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Phasianidae <i>Gallus gallus</i> (Haushuhn) <p>Ordnung Primaten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Cercopithecidae <i>Macaca mulatta</i> (Rhesusaffe) <p>Ordnung Didelphimorphia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Familie Didelphidae <i>Didelphis virginiana</i> (Opposum)

3) Wirte des adulten Parasiten

In den Endwirten entwickelt sich die Mesozerkarie über die Metazerkarie bis hin zum adulten Parasiten, welcher im Dünndarm verweilt und Eier ausscheidet, die wiederum mit dem Kot der Endwirte in die Umwelt gelangen. Aufgrund der Möglichkeit den Parasiten bei den Endwirten im Kot nachzuweisen, ist diese Wirtsgruppe die die wohl am genauesten und meisten studiert wurde.

Der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*), welcher ein weit verbreiteter *Canidae* in Europa ist, stellt den am häufigsten untersuchten Endwirt dar. Die Prävalenzen wurden für *Alaria alata*, *Alaria marciana*, *Alaria spp.*, *Alaria mustelae*, *Alaria arisaemoides* und *Alaria americana* festgestellt. Für *Alaria alata* sind in Deutschland Werte von 15 (NICKEL 1980) bis 30 % (LUCIUS et al. 1988) bekannt, in Polen erreichten sie sogar 76,5 % (FURMAGA 1951). Besonders bei Untersuchungen des Rotfuchses wird die Korrelation zwischen Prävalenzen von *Alaria spp.* und den geoklimatischen Verhältnissen der untersuchten Region deutlich. In wasserreichen Gebieten, wo die obligatorischen Zwischenwirte des Parasiten vorhanden waren, konnten immer höhere Prävalenzwerte für *Alaria spp.* ermittelt werden, als in wasserarmen Gebieten (LOOS-FRANK und ZEHYLE 1982; LUCIUS et al. 1988; STEINBACH et al. 1994; MANKE und STOYE 1998; RAMISZ und BALICKA-RAMISZ 2001; SEGOVIA et al. 2002; BALICKA-RAMISZ et al. 2003; EIRA et al. 2006). WOLFE (2001) konnte darüberhinaus nachweisen, dass die Prävalenzwerte bei Füchsen in der Fortpflanzungszeit (Januar bis Juni) signifikant niedriger sind als die der restlichen Zeit des Jahres (Juli bis Dezember).

Ein weiterer sowohl häufig befallener, als auch häufig untersuchter Endwirt ist der Wolf (*Canis lupus*). Die Prävalenzen für *Alaria alata* liegen hier zwischen 2 % in Spanien (SEGOVIA 2003) und 89 % in Estland (MOKS et al. 2006). *Alaria spp.* ist weltweit betrachtet die wohl häufigste Trematode in den nearktischen (Nordamerika bis Nordmexiko bis Grönland) und paläarktischen (Europa, Nordafrika bis zum Südrand der Sahara und Asien) Wolfspopulationen. Die mittleren Prävalenzen liegen dabei zwischen 3 und 5 % und *Alaria canis* weist mit 5,1 % in den mittleren Breiten die höchste Prävalenz auf (CRAIG und CRAIG 2005). Infizierte Wildschweine stellen die Hauptinfektionsquelle für Wölfe dar, wobei infizierte Kleinnager und Frösche als Überträger der Infektion nicht auszuschließen sind (BAGRADE et al 2009).

Der Marderhund (*Nyctereutes procyonoides*) stellt einen weiteren gut untersuchten Endwirt dar, welcher vor allem in Osteuropa und seit 1960 auch in Ostdeutschland stark verbreitet ist. *Alaria alata* zeigt in dieser Tierart in Ostdeutschland Prävalenzen von über 70 % mit einer Befallsintensität von bis zu 16.200 Parasiten pro Tier und ist somit die wohl am häufigsten nachgewiesene Trematode bei dieser Tierart (THIESS et al. 2001; THIESS 2004). In Osteuropa sind beim Marderhund Prävalenzen zwischen 23,52 % im Wolgadelta (IVANOV und SEMENOVA 2000) und 50,8 % in Polesien (SHIMALOV und SHIMALOV 2002b) bekannt. Weitere Endwirte des Parasiten in Europa sind der Eurasische Luchs (*Lynx lynx*) mit einer Prävalenz von 6 % in Polen (SZCZESNA 2008), der Amerikanische Nerz (*Neovison vison*) mit 12,5 % in Polen (GORSKI 2006) bis 21 % im Wolgadelta (IVANOV 2000), der Fischotter (*Lutra lutra*) mit 2,6 % in Polen (GORSKI 2006) und der Goldschakal (*Canis aureus*) mit 20 % in Griechenland (PAPADOPOULOS 1997). In Steinmardern (*Martes foina*) konnten PFEIFFER et al. (1989) keine *Alaria spp.* nachweisen, obwohl Zwischenwirte vorhanden waren und *Alaria spp.* in Steinmardern aus Nordamerika mit relativ hohen Prävalenzen gefunden wurden.

Auch domestizierte Tiere, wie Hunde (*Canis lupus familiaris*) und Katzen (*Felis silvestris catus*) sind als Endwirte bekannt und wurden hinsichtlich der Prävalenz von *Alaria spp.* untersucht. Auffällig war, dass streunende Tiere im Allgemeinen stärker befallen sind (PAUNOVIC 1994). Die Prävalenzen beim Hund liegen in Europa zwischen 0,43 % in Südschweden (JOGELAND et al. 2002) und 16,67 % in Belgrad (KULISIC et al. 1998). In den USA und Kanada sind Prävalenzen zwischen 7 und 10 % bekannt (ALLEN und MILLS 1971; UNRUH et al. 1973). Katzen wurden bislang nur in Moskau (IASTREB 2005) und Uruguay (CASTRO 2009) untersucht, wobei Prävalenzen von 1,1 % und 25 % festgestellt wurden.

1.2.7 Nachweisverfahren

Da die adulten Parasiten im Dünndarm der Endwirte verweilen und dort ihre Eier ablegen, können zum einen Eier im Kot mittels Sedimentationsverfahren (PAPAZAHARIADOU et al. 2007; POPIOLEK et al. 2007; SZCZESNA et al. 2008;

BAGRADE et al. 2009; BRIDGER und WHITNEY 2009) und zum anderen die Adulten bei einer Sektion im Dünndarm nachgewiesen werden.

Für den Nachweis der Larven dieser Trematode gibt es verschiedene Möglichkeiten. Einige Autoren berichten davon, dass sie die Mesozerkarien bereits makroskopisch oder nur mit Hilfe einer Lupe im Gewebe identifizieren konnten (BOSMA 1931; BUGGE 1943; ODENING 1960, 1961a, 1963; HIEPE 1985). Unter der Lupe stellten sich im Gewebe dünnwandige, glasklare Zysten dar, in deren Inneren bewegliche Larven zu erkennen waren (BOSMA 1931; BUGGE 1943; ODENING 1961; HIEPE 1985). BAARS (1942) konnte Paraffinblock-Schnittpräparate von Wildschweinmuskulatur anfertigen, in denen große, durch Bindegewebe abgegrenzte Hohlräume lagen, in welchen sich Mesozerkarien befanden.

Mit der vornehmlich für den Nachweis von Trichinellen angewandte Kompressionsmethode konnte DUNCKER 1881 auch Mesozerkarien von *A. alata* nachweisen. Später bedienten sich immer mehr Autoren dieser Methode für den Nachweis des Trematodenstadiums (BAARS 1942; BUGGE 1942 a, b, 1943; HASSLINGER und NAGLER 1969; WITTRÖCK und ULMER 1974). Dieses Kompressionsverfahren sollte seit dem 01.01.2010 nach Einführung der VO (EG) Nr. 2075/2005 nicht mehr in den EU-Mitgliedsstaaten eingesetzt werden. Stattdessen wurde eine Verdauung als Magnetrührverfahren als neue offizielle Referenzmethode zum Trichinellennachweis eingeführt (VO (EG) Nr. 2075/2005 Anhang, Kapitel 1), welche auf einer 30minütigen HCl/Pepsin-Verdauung basiert. Dazu werden die Gewebeproben bei einer Konzentration von 8 +/- 0,25 ml von 25 %igem Hydrochlorid und 5 +/- 0,1 g Pepsin (2000FIP) pro 1 Liter Wasser bei 46 bis 48° C verdaut. Anschließend folgt eine 30minütige Sedimentation des Ansatzes. Das Sediment wird daraufhin unter einem Stereomikroskop / Trichinoskop auf Trichinellen untersucht. Bei dieser Methode kam es zu einigen Zufallsfunden des Duncker'schen Muskelegels (GROßE und WÜSTE 2006; BfR 2007; MÖHL et al. 2009). Viele Nicht-EU-Mitgliedsstaaten wenden weiterhin die Kompressionsmethode zum Nachweis von Trichinellen und somit auch zum Nachweis von *A. alata* Mesozerkarien an. In einer kroatischen Studie konnten mit dieser Methode bei 3 von 120 Wildschweinen Mesozerkarien nachgewiesen werden (JAKSIC et al. 2002).

Auch der Nachweis von Mesozerkarien im Blut lebender Tiere ist möglich. IASTREB et al. (2005) entwickelten eine Methode bei der venöses Blut mit 5 %igem Natriumcitrat im Verhältnis 1:20 versetzt wird. 1 ml Blut wird in einem Zentrifugenröhrchen mit 9 ml destilliertem Wasser versetzt und für 5 Minuten ruhen gelassen, damit die Erythrozyten hämolysieren können. Anschließend wird das Röhrchen für 5 Minuten bei 2000 U/min zentrifugiert. Der Überstand wird verworfen und das Sediment (0,5 ml) auf einen Objektträger überführt. Mit einem Deckgläschen abgedeckt wird es mithilfe einer Stereomikroskops bei 10facher Vergrößerung untersucht. Somit können freie und enzystierte Mesozerkarien nachgewiesen werden.

Da der Nachweis der Larven im Blut aufwendig ist und bei dem Verdauungsverfahren eher nur Zufallsfunde zu verzeichnen sind, bedurfte es einer sicheren Nachweismethode für *A. alata* Mesozerkarien. RIEHN et al. (2010) entwickelten die sogenannte *Alaria alata mesocercariae migration technique* (AMT). Dieses Verfahren geht auf das Larvenauswanderungsverfahren nach Baermann zurück, welches Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt wurde, um Erdproben auf Nematodenlarven zu untersuchen (BAERMANN 1917). Später wurde dieses Verfahren noch oft modifiziert (CORT et al. 1922; DINABURG 1942; PILLMORE 1958, 1959; TODD et al. 1970). Durch die Erkenntnis, dass die Larven von *A. alata* eine hohe Affinität zu Flüssigkeiten zeigen und aktiv aus Gewebe auswandern, konnten RIEHN et al. (2010) das Auswanderungsverfahren weiter modifizieren. Für die AMT (Abbildung 2) wird lediglich ein Glastrichter benötigt, welcher in einem Ständer fixiert wird und am unteren Ende mit einem ca. 10 cm langen Gummischlauch verbunden ist. Dieser wird mit einer Klemme nach Mohr verschlossen. Das Probenmaterial wird in ein Plastiksieb eingefüllt und dieses in den Glastrichter überführt. Der Trichter wird mit 46 bis 48° C warmen Wasser gefüllt, sodass das gesamte Probenmaterial mit Wasser bedeckt ist. Dieser Ansatz wird 45 Minuten ruhen gelassen, damit die Larven aus dem Gewebe auswandern und anschließend in der Flüssigkeit zu Boden sinken können. Nach dieser Migration und Sedimentation werden ca. 20 ml der Flüssigkeit schnell in ein Becherglas abgelassen und unter einem Stereomikroskop auf das Vorhandensein von Mesozerkarien untersucht. In ihrer Studie verglichen die Autoren das Verdauungsverfahren, ein modifiziertes Verdauungsverfahren (mit Pankreatin® und Gallensäure) und die neu entwickelte AMT (RIEHN et al. 2010). Schon bei dem

Vergleich zwischen dem Verdauungsverfahren und dem modifiziertem Verdauungsverfahren zeigten die Larven im modifizierten Verfahren eine höhere Vitalität. Bei der offiziellen Verdauungsmethode waren die Larven sehr geschwächt oder sogar tot. Der direkte Vergleich zeigte, dass die neue AMT bis zu 60 % sensitiver ist als das Referenzverfahren für die Trichinellenuntersuchung (RIEHN et al. 2010). Diese Tatsache scheint im Anbetracht der erheblich unterschiedlichen Biologie von Trichinellen und *Alaria alata* nicht verwunderlich (MÖHL et al. 2009). RIEHN et al. (2010) konnten anhand verschiedener Versuche zeigen:

- der Zerkleinerungsgrad der Gewebeproben hat wenig bis keinen Einfluss auf die Anzahl der in der AMT isolierten DME.
- die Zugabe von Ringer- oder Laktatlösung, einfachem Salz oder Glucose (5 %) erhöht die Anzahl an isolierten DME nicht, sondern verringert sie zunehmend.
- die Auswanderungszeit konnte auf 30 Minuten herabgesetzt werden, ohne dass nennenswerte Verluste in der Anzahl der isolierten DME auffielen.
- die Wärme des Wassers hat einen positiven Einfluss auf die Aktivität und Motilität und somit auf die Auswanderung der Larven aus dem Gewebe.
- da der DME eine Vorliebe für Fett- und Drüsengewebe zeigt, ist die offizielle Gewebeprobe für die Trichinellenuntersuchung (distale Vordergliedmaßen) ungeeignet für die Untersuchung auf den DME. Zwerchfell und Zunge stellen die beste Gewebeprobe für den Nachweis von DME dar.

Zusammenfassend konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass das Trichinellen-Referenzverfahren für den Nachweis von *A. alata* Mesozerkarien ungeeignet ist und die AMT eine einfache, schnelle und kostengünstige Methode für den Nachweis dieser Mesozerkarien darstellt. Die AMT bedarf keinerlei Chemikalien, wodurch eine höhere Überlebensrate und Motilität der Larven garantiert ist, was wiederum die Diagnose erheblich erleichtert, da der DME vor allem durch sein typisches Bewegungsmuster identifiziert werden kann. Darüberhinaus wird durch das Einsparen der Chemikalien das Arbeits- und Umweltrisiko und die Kosten der Untersuchung minimiert. Die AMT kann somit sehr gut als Routineuntersuchung in Veterinärämtern eingesetzt werden (RIEHN et al. 2010). Die Eignung und Praktikabilität der Methode konnte in diversen Ringversuchen validiert werden (RIEHN et al. 2013b).



Abbildung 2: Aufbau eines AMT-Ansatzes

1.2.8 Jagd und Wildverzehr in Deutschland und Sachsen

Die Bundesrepublik Deutschland weist bei einer Gesamtfläche von 357.168 km² eine Jagdfläche von 31,98 Millionen Hektar auf. Laut letzter Meldungen des Deutschen Jagdschutz Verbandes (DJV) aus dem Jahr 2014 stehen dieser Fläche 368.904 deutsche Jagdscheininhaber gegenüber. Im Jagdjahr 2013/14 konnten diese und Jagdgäste aus dem Ausland schätzungsweise ein Rohaufkommen von Wildbret (in Decke / Schwarte) in Höhe von 37.395 Tonnen für die 4 Hauptschalenwildarten Rot-, Reh-, Dam- und Schwarzwild generieren, was einer reinen Wildfleischmenge von 16.021 Tonnen entspricht. Deutschland weist in Europa die größte Schwarzwildpopulation auf (STEINBACH 2010) und so wurden im Jagdjahr 2013/14 474.287 Wildschweine erlegt, was einer Fleischmenge von 18.576 Tonnen entspricht. Diese Menge reicht jedoch nicht aus, um die Nachfrage auf dem nationalen Markt zu

decken, sodass allein im Jahr 2013 1.673 Tonnen Wildschweinfleisch und 17.393 Tonnen anderes Wildfleisch aus der EU und Drittländern importiert werden mussten (DJV 2015). Diese Importzahlen und die Streckendaten ergeben einen ungefähren Verbrauch von ca. 0,45 kg Wildfleisch pro Bundesbürger.

Nach Angaben des Deutschen Jagdschutz Verbandes (DJV) wurde im Freistaat Sachsen für das Jagdjahr 2013/14 eine Wildschweinstrecke von 26.173 Stück ausgewiesen. Sachsen liegt mit 1,7 erlegten Stücken Schwarzwild pro 100 Hektar im gehobenen Mittelfeld der Länderstatistik. Laut einer Wildtiererfassung im Jahre 2011 im Freistaat wurde Schwarzwild in 98 % der beteiligten Jagdbezirke bestätigt, in nur 12 Gebieten kam es nicht vor, sodass man von einer flächendeckenden Verbreitung sprechen kann. In 39 % der untersuchten Gemeinden kam Schwarzwild als Standwild vor, dabei überwiegend in den walddreichen Regionen, wie die Sächsische Schweiz, der Oberlausitz, der Dübener und der Dahleener Heide. In 38 % kam das Schwarzwild sowohl als Stand- als auch als Wechselwild vor, in 19 % nur als Wechselwild. Bei der Auswertung der Jagdbezirke kamen die Autoren zu dem Schluss, dass in den Gebieten mit einem mittleren Flächenverhältnis von Wald zu landwirtschaftlicher Fläche von 50:50 in der Regel das Wild als Standwild vorkommt und in Revieren mit mittlerem Wald-Feld-Verhältnis von 15:85 als Wechselwild. Im dem Jagdjahr 2010/11 konnten ca. 51 % der Landesstrecke ausgewertet werden. Die Zahl der erlegten Wildschweine schwankte von 0 (in 19 Jagdgebieten) bis zu 9 Stück / 100 Hektar (Landkreis Nordsachsen). Die höchste Strecke wurde im Landkreis Sächsischen Schweiz / Osterzgebirge verzeichnet. Auch die Landkreise Nordsachsen, Mittelsachsen, Leipzig, Görlitz und Dresden wiesen hohe Strecken (>2 Stück / 100 ha) auf (Landesjagdverband Sachsen e.V.). Geht man von einem durchschnittlichen Gewicht des Tieres von 41 kg aus, dann ergibt sich allein für den Freistaat Sachsen ein Rohaufkommen von 1.074 Tonnen Wildschweinfleisch. Des Weiteren wurden im Jagdjahr 2013/14 im Freistaat Sachsen 3.581 Stück Rotwild, 809 Stück Damwild und 32.864 Stück Rehwild erlegt, was einem zusätzlichem Wildbretaufkommen von ca. 671 Tonnen entspricht (DJV 2015). In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass das Schwarzwild mit Abstand den Hauptteil des in Sachsen erjagten Wildfleisches darstellt. Wenn man dabei berücksichtigt, dass Sachsen nach den Stadtstaaten Bremen, Hamburg und Berlin das schlechteste Einwohner / Jäger Verhältnis aufweist, zeigen diese Zahlen einerseits wie wildreich die sächsischen

Wälder sind und andererseits wie effizient die Jagd in Sachsen praktiziert wird. Der Wildverzehr in Sachsen spielt wie im gesamten Bundesgebiet eine untergeordnete Rolle im Gesamtfleischverbrauch. Jedoch ist eine zunehmende Positionierung im Bereich der Premium- und Biolebensmittel zu beobachten.

1.2.10 Verbraucherschutz

ODENING (1961) übertrug erfolgreich *A. alata* Mesozerkarien experimentell auf einen Rhesusaffen und schloss daraus, dass auch der Mensch ein potentieller paratenischer Wirt ist. Er legte schon 1963 ausdrücklich nahe, dass eine mögliche Übertragung des Parasiten durch Fleischverzehr auf den Menschen kommuniziert werden müsse. Er hielt es daher für überaus wichtig die Mesozerkarie während der Fleischuntersuchung gezielt zu diagnostizieren und sich nicht wie bislang mit Zufallsfunden zufrieden zu geben. Dazu erschienen ihm fett- und bindegewebsreiche Proben von Rippenmuskulatur, Hals und Schultergürtel sinnvoll. Weiterhin empfahl er positiv untersuchtes Fleisch nicht mehr bedenkenlos für den menschlichen Verzehr freizugeben (ODENING 1963). Vermehrte Zufallsfunden des DME während der Trichinellenuntersuchung vor allem in Brandenburg führten 2002 erneut zur Diskussion über eine mögliche Verbrauchergefährdung (GROßE und WÜSTE 2004, 2005, 2006, 2008). 2007 veröffentlichte das Bundesinstitut für Risikobewertung eine Stellungnahme zu diesem Thema (BfR 2007). Das Bundesinstitut betont, dass für den Menschen die Möglichkeit besteht durch den Verzehr von Wildschweinfleisch an der larvalen Alariose zu erkranken. Im Hinblick auf die Fleischuntersuchung bei frei lebendem Wild (Kapitel VIII der Verordnung (EG) Nr. 854/2004) ist das Fleisch nicht nur im Falle des Vorkommens von Trichinellen, sondern auch dann für genussuntauglich zu erklären, wenn die Untersuchung auf Merkmale (einschließlich Parasitenbefall) hinweist, dass das Fleisch gesundheitlich bedenklich ist. Laut BfR sollte Fleisch, welches positiv auf den DME untersucht wurde aus Gründen des vorbeugenden Verbraucherschutzes als untauglich für den menschlichen Verzehr beurteilt werden. Weiterhin wurde *Alaria alata* vom Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) in die Sicherheitsstufe 2 (Z) eingruppiert. (Z) klassifiziert dabei zoonotische Parasiten, die Wirbeltiere infizieren und in ihnen ein wichtiges Reservoir bilden können, beziehungsweise die von Wirbeltieren auf Menschen und umgekehrt übertragbar sind (BAFU 2011).

2 Material / Methode

2.1 Prävalenzstudie

2.1.1 Material / Probenbeschaffung

Im Zeitraum vom 03.07.2014 (Datum der Erlegung) bis zum 02.08.2015 wurden insgesamt 7.303 Gewebeproben von erlegten Wildschweinen gesammelt. Dabei handelte es sich um Reste von geeigneten Trichinellenproben, die von der Jägerschaft in den 13 Veterinäruntersuchungsämtern des Freistaat Sachsens eingereicht wurden. Die Gewebeproben stammten aus den Bereichen der Zwerchfellmuskulatur, der Zungen und Zwischenrippenmuskulatur und wurden vom Jagdausübenden selbst gewonnen wie es im Rahmen der Trichinellenuntersuchung geläufig ist (nach VO (EG) Nr. 2075/2005, Anh., Kap. ,Nr. 2). Da bei der Durchführung der Verdauungsmethode nach Anhang 1 Kapitel 1 VO (EG) Nr. 2075/2005 nur 5 g des Gewebes benötigt und in den meisten Fällen mehr Gewebe vom Jagdausübenden eingereicht wurde, konnten die Reste in Plastikbeutel verpackt und aufbewahrt werden. Die Plastikbeutel wurden mit der Wildursprungsnummer des jeweiligen Wildschweines gekennzeichnet. Die Veterinärämter Görlitz und Stadt Leipzig untersuchten die bei ihnen eingereichten Proben selbständig. Die Proben der übrigen 11 Veterinärämter wurden vom jeweiligen Amt über die LUA Sachsen in das Institut für Lebensmittelhygiene der Universität Leipzig weitergeleitet. Bis zur Abholung der Proben vom sogenannten LUA-Kurier wurden sie in den Ämtern gekühlt gelagert. Auch bei der LUA wurden sie weiterhin gekühlt gelagert. Nach ihrem Eintreffen im Institut für Lebensmittelhygiene wurden sie bis zu ihrer Untersuchung bei ca. + 4° C gelagert.

2.1.2 Datenerhebung

Anhand des Wildursprungscheines, welcher mithilfe der Wildursprungsnummer jeder Probe eindeutig zugeordnet wurde, konnten alle wesentlichen Daten zu den beprobten Tieren erhoben werden. Neben Erlegungsort und -datum, wurden Altersklasse, Gewicht und Geschlecht protokolliert. Da die Wildursprungsscheine vom Jäger selbst ausgefüllt wurden, muss hier von der Richtigkeit ihrer Angaben ausgegangen werden. Im

Anschluss an die Untersuchung wurden das Datum der AMT-Untersuchung und das Ergebnis mit Anzahl der detektierten Larven pro Probe (i.d.R. 30 g) erfasst.

2.1.3 AMT

Das Probenmaterial wurde mittels der *Alaria alata mesocercariae migration technique* (AMT) (RIEHN et al. 2010) untersucht.

1. Materialien

- Messer (Friedr. Dick GmbH & Co. KG, Deizisau, Deutschland), Schere und Pinzette
- Schneidbrett (Westfalia Werkzeugcompany GmbH & Co KG, Hagen, Deutschland)
- Mehrtrichterstativ (Eigenbau, für 10 Trichter)
- Glastrichter, Durchmesser 10 cm (Glaswarenfabrik Karl Hecht KG, Sondheim, Deutschland)
- Kunststoffsieb, Durchmesser 9 cm, Ø Maschenweite 335 x 125 µm (Fackelmann GmbH & Co. KG, Hersbruck, Deutschland)
- Gummischlauch, ca. 8 cm lang, Durchmesser 10 mm (Deutsch & Neumann GmbH Laborerzeugnisse, Berlin, Deutschland)
- Quetschhähne nach Mohr, 60 mm (Glaswarenfabrik Karl Hecht KG, Sondheim, Deutschland)
- Bechergläser 50 ml (Glaswarenfabrik Karl Hecht KG, Sondheim, Germany) oder Trichoview 50 ml (MAKRUTZKI et al. 2014)
- Stereomikroskop (Olympus SZX12, Olympus Deutschland GmbH, Hamburg, Deutschland) oder Inversmikroskop (Zeiss PrimoVert, Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Deutschland)
- Larvenzählbecken, aus 3 mm starken Acrylplatten; Seitenwände (lange Seite) 230 x 20 mm; Seitenwände (kurze Seite) 40 x 20 mm; Boden 180 x 40 mm, eingeteilt in 10 x 10 mm große Felder (Robert Kind GmbH, Lichtenfels, Deutschland)
- Lauwarmes Leitungswasser, 40 – 43° C
- Waage (Typ Sartorius BP610, Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Kurzzeitwecker (Roth GmbH & Co.KG, Karlsruhe, Deutschland)

2. Verfahren

- Die Glastrichter wurden im Stativ fixiert und die Gummischläuche an den Trichterstielen angebracht.
- Unter die Schläuche wurde je ein Becherglas / Trichoview zum Ablassen des Sediments platziert.
- In jeden Trichter wurde ein Sieb eingesetzt.
- Die Gewebeproben (i.d.R. 30 g) wurden mit dem Messer grob zerkleinert (Ø 1 cm).
- Das Untersuchungsmaterial wurde in ein Sieb gegeben.
- Der Trichter wurde dann mit etwa 150 ml lauwarmem (40 – 43° C) Leitungswasser aufgefüllt, wobei auf die vollständige Bedeckung des Probenmaterials geachtet wurde.
- Der Probenansatz wurde für 45 Minuten bei Raumtemperatur belassen, damit eventuell enthaltene Larven auswandern konnten.
- Nach dieser Zeit wurden ca. 20 ml Flüssigkeit schnell in das Becherglas / den Trichoview abgelassen.
- Danach wurde die Flüssigkeit mittels Stereomikroskop / Inversmikroskop mit 2,5– bis 4facher Vergrößerung untersucht. Bei verdächtigen Bereichen oder Formen wurde die Vergrößerung erhöht.
- Der DME ist in der Regel an seiner Form und seinem charakteristischem Bewegungsmuster eindeutig zu erkennen (Abbildung 3)

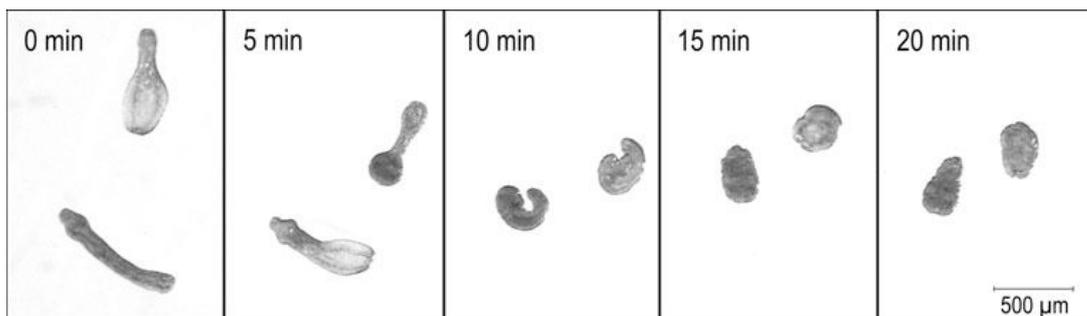


Abbildung 3: Zwei *Alaria alata* Mesozerkarien zu verschiedenen Zeitpunkten. Zu erkennen ist das typische Bewegungsmuster des DME (RIEHN et al. 2010).

3.1.4 Statistische Datenauswertung

Die statistische Auswertung wurde mit der Software GraphPad Prism 4 berechnet. Bei der Infektionsrate / Prävalenz wird der p – Wert nach einem Chi-Square-test angegeben. Der Auswertung wurde dabei ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt. Bei der Ermittlung von Korrelationskoeffizienten zwischen DME-Anzahl und Gewicht der infizierten Tiere und zwischen Prävalenz und Anteil der Wasserflächen der einzelnen Kreise / kreisfreien Städte waren die Werte nicht normalverteilt. Daher wurden eventuelle Korrelationen mithilfe des Spearman-Tests überprüft.

2.2 Monitoring

Verbreitungsschwerpunkte

Anhand der Wildursprungsscheine können die erlegten Tiere zum einem den 13 Landkreisen / kreisfreien Städte und zum anderen genauen Jagdgebieten zugeordnet werden. Durch die Auswertung dieser Informationen von den DME-positiv beurteilten Tieren können geographische Verbreitungsschwerpunkte ermittelt werden. Die Daten aus den Wildursprungsscheinen wurden mit Hilfe des Programms Excel 2011 (Microsoft, Redmond, USA) erfasst, sortiert und ausgewertet. Des Weiteren konnte mit dem Programm Google Earth (Google, Mountain View, USA) eine Karte mit den Jagdgebieten, in denen DME-positive Wildschweine identifiziert wurden, erstellt werden.

2.3 Tenazität

2.3.1 Tenazität von Mesozerkarien in gefrorenem Fleisch im Hinblick auf verschiedene Temperatur- und Zeit-Profile

Als Ausgangsmaterial für diesen Versuch diente das infizierte Fleisch von hochpositiven Wildschweinen. Insgesamt wurden fünf Versuche durchgeführt. Das Fleisch wurde in 25 Einzelproben zu je 30 g portioniert und in jede Probe wurden fünf vitale Larven eingesetzt. Alle Proben wurden einzeln verpackt und beschriftet. Die Proben wurden anschließend bei -19°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) eingefroren und über einen Zeitraum von 3 bis 7 Tage gelagert und täglich untersucht. An jedem Untersuchungstag wurden je drei Proben

mittels AMT untersucht und die Tenazität der Mesozerkarien anhand ihrer Motilität überprüft.

2.3.2 Toleranz gegenüber Kochsalz, Nitritpökelsalz und Pfeffer (Rohwurstherstellung)

Auch für diesen Versuch diente hochpositives Wildschweinfleisch als Ausgangsmaterial. Das Fleisch (1,5 kg) wurde in Würfel mit 1 cm Kantenlänge geschnitten und in 3 Gruppen (je 500 g) geteilt. Der ersten Gruppe wurde nichts (Kontrollgruppe), der zweiten Gruppe 12 g Kochsalz und der dritten Gruppe 12 g Nitritpökelsalz und 1,5 g schwarzer Pfeffer zugesetzt. Im Anschluss wurden diese Massen in Kunststoffdärme (Kaliber 40 mm) abgefüllt. Insgesamt wurden so 30 Würste nach Art einer groben Mettwurst hergestellt. Die Würste reiften 24 h hängend bei Raumtemperatur, wurden dann in einer Räucheranlage für 60 min getrocknet und abschließend bei 22° C und 75 % geräuchert. Abschließend wurden die Proben mittels der AMT untersucht und die detektierten Larven hinsichtlich ihrer Motilität untersucht und die Tenazität bewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Prävalenz

Über den Zeitraum vom 03.07.2014 bis zum 02.08.2015 wurden insgesamt 7.303 Wildschweine aus ganz Sachsen mittels der AMT untersucht. Von diesen 7.303 Tieren wurden insgesamt 243 (3,33 %) Tiere positiv auf den DME getestet. Bezogen auf die 13 einzelnen Landkreise / kreisfreien Städte im Freistaat Sachsen variieren diese Prävalenzen stark. Die Prävalenzwerte beziehen sich allerdings nur auf die Tiere, die tatsächlich mit der AMT untersucht wurden und nicht auf alle im Freistaat erlegten und auf Trichinellen untersuchten Wildschweine. Die Werte stellen also keine absoluten Zahlen für den jeweiligen Kreis / kreisfreie Stadt dar. Die verschiedenen Kreise haben nicht alle im gleichen Zeitraum Proben untersucht bzw. für die Untersuchung an unser Institut gesandt. Zusätzlich war die Anzahl an untersuchten Tieren innerhalb der einzelnen Kreise sehr unterschiedlich, was zum einen an den unterschiedlichen

Gesamtstrecken des jeweiligen Kreises und zum anderen an der unterschiedlichen Länge des Untersuchungszeitraumes liegt. Die Prävalenzwerte einzelner Kreise können aufgrund dieser geringen oder auf den Jahresverlauf gesehen lückenhaften Daten eventuell geringfügig über- bzw. unterschätzt sein. Des Weiteren sollte erwähnt werden, dass die Proben aus dem Landkreis Görlitz vorselektiert wurden. Da in diesem Landkreis das DME-Problem klar erkannt wurde und aktuell nach Lösungen gesucht wird, teilen die Verantwortlichen den Kreis in verschiedene Risiko-Zonen ein. Die untersuchten Proben stammen aus den risikoreicheren Zonen, sodass die Prävalenz dieses Landkreises wahrscheinlich überschätzt wird.

In 3 Kreisen / kreisfreien Städten (Dresden, Zwickau und Chemnitz) wurde bei keinem Tier DME nachgewiesen (Prävalenz 0 %). In den anderen 9 Kreisen / kreisfreien Städten lagen die Prävalenzen zwischen 0,18 und 27,73 %. Die Prävalenzen der 13 Kreise / kreisfreien Städte mit dem jeweiligen Untersuchungszeitraum und der jeweiligen Anzahl an beprobten Tiere ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die statistische Auswertung zeigte, dass die Prävalenzen innerhalb der 13 Kreise / kreisfreien Städte signifikante Unterschiede aufweisen ($p < 0,0001$; Abbildung 4). Für die weitere Analyse wurden die 13 Kreise in 3 Gruppen eingeteilt. In der Gruppe 1 bestehend aus Görlitz und Bautzen weisen die Kreise Prävalenzen deutlich über 20 % auf. In der Gruppe 2 bestehend aus Landkreis Leipzig, Stadt Leipzig, Meißen und Nordsachsen, weisen die Kreise Prävalenzen von über 1 % auf. In der Gruppe 3, bestehend aus Dresden, Chemnitz, Zwickau, Vogtland, Mittelsachsen, Erzgebirge und der Sächsischen Schweiz, weisen die Kreise Prävalenzen zwischen 0 und 1 % auf. Innerhalb der jeweiligen Gruppe waren keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Prävalenz nachweisbar (Gruppe 1 $p = 0,1623$; Gruppe 2 $p = 0,3963$; Gruppe 3 $p = 0,6686$). Beim Vergleich der 3 Gruppen zueinander wurde deutlich, dass sich alle Gruppen signifikant voneinander unterscheiden ($p < 0,0001$).

Tabelle 2: Übersicht der 13 Kreise / kreisfreien Städte mit jeweiligem Untersuchungszeitraum, Anzahl untersuchter Tiere und Prävalenz.

Kreis	Zeitraum	n	positive	%
Landkreis Leipzig	22.07.2014-05.07.2015	1776	38	2,14
Stadt Leipzig	02.07.2014-28.06.2015	280	3	1,07
Dresden	16.07.2014-26.03.2015	19	0	0
Görlitz	03.07.2014-02.08.2015	552	125	22,65
Zwickau	19.07.2014-16.06.2015	650	0	0
Meißen	03.01.2015-28.06.2015	240	7	2,92
Vogtland	14.06.2014-24.06.2015	552	1	0,18
Bautzen	29.01.2015-23.06.2015	220	61	27,73
Chemnitz	09.10.2014-10.11.2014	10	0	0
Mittelsachsen	30.07.2014-09.07.2015	1064	1	0,09
Nordsachsen	17.07.2014-04.07.2015	86	3	3,49
Erzgebirge	21.10.2014-18.04.2015	154	1	0,65
SächsischeSchweiz / Osterzgebirge	12.07.2014-19.05.2015	1700	3	0,18
alle 13 Kreise	03.07.2014-02.08.2015	7303	243	3,33

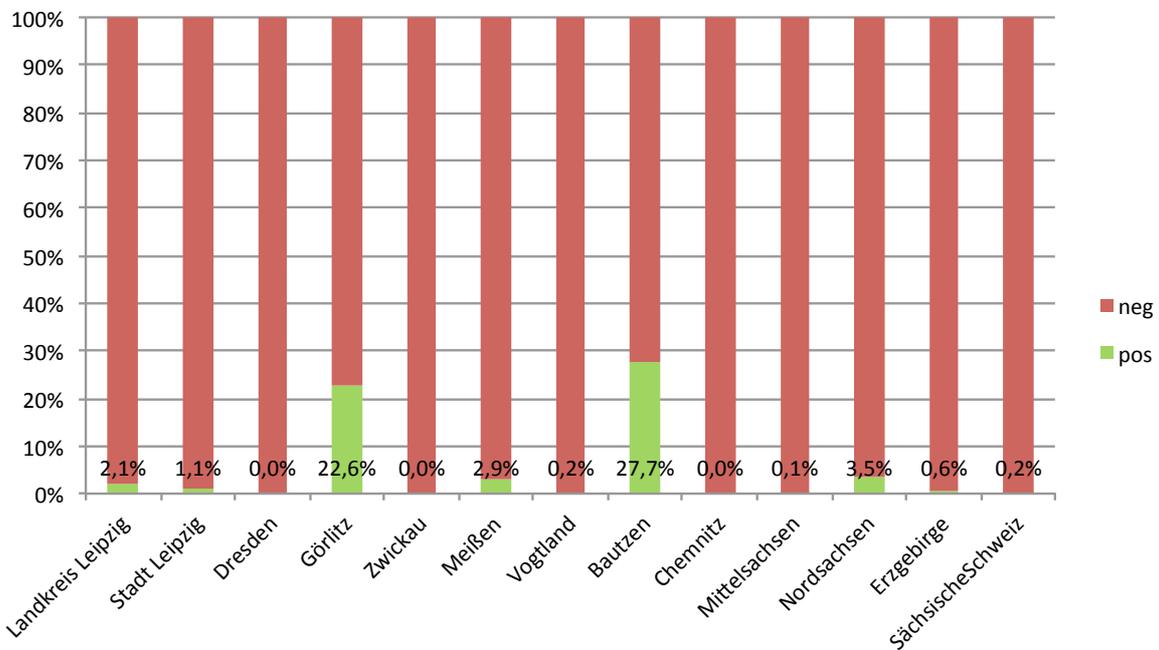


Abbildung 4: Balkendiagramm zur Übersicht der prozentualen Anteile (Y-Achse) an positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren in den 13 Kreisen / kreisfreien Städten (X-Achse).

Altersklassen

In Tabelle 3 ist eine Übersicht der Altersklassen nach Kreisen / kreisfreien Städten getrennt mit jeweiligen Untersuchungszahlen und Prävalenzen zu finden. Von den 7.303 Tieren wurden anhand der von den Jägern ausgefüllten Wildursprungsscheinen 3.063 der Altersklasse (AK) 0, 3.222 der AK 1, 891 der AK 2, 54 der AK 3 und 6 der AK 4 zugeordnet. Bei 67 Tieren war keine Altersklasse angegeben, auch die Gewichtsangabe bei diesen Tieren fehlte, sodass sie keiner AK zugeordnet werden konnten. In Sachsen ist das Einordnen von Wildschweinen in die AK 3 oder 4 schon seit Langem nicht mehr üblich, allerdings wurde von der Richtigkeit der von den Jägern ausgefüllten Wildursprungsscheine ausgegangen und daher diese Daten so übernommen. Im gesamten Freistaat konnten bei 71 (2,3 %) Tieren der AK 0, bei 141 (4,4 %) Tieren der AK 1, bei 28 (3,1 %) Tieren der AK 2 und bei 2 (3,7 %) Tieren der AK 3 DME nachgewiesen. In den 6 Tieren der AK 4 konnten keine DME isoliert werden. Von den 67 (1,5 %) Tieren, die keiner Altersklasse zugeordnet werden konnten, ist ein Tier als positiv bewertet worden.

Für die statistische Auswertung wurden die Altersklassen 3 und 4 der AK 2 zugeordnet, da diese Einteilung tatsächlich fachlich korrekt wäre. Zunächst wurden die Altersklassen aller Wildschweine aus Sachsen verglichen (Abbildung 5 und 6). Dabei wurde ein signifikanter Unterschied ($p < 0,0001$) zwischen der AK 0 und AK 1 nachgewiesen. Alle anderen Altersklassen unterschieden sich nicht signifikant voneinander (AK 0 und 2 $p = 0,1867$; AK 1 und 2 $p = 0,1149$). Des Weiteren wurden die Altersklassen innerhalb der drei zuvor gebildeten Kreis-Gruppen miteinander verglichen. Hierbei konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden (Gruppe 1 $p = 0,9686$; Gruppe 2 $p = 0,5856$; Gruppe 3 $p = 0,2570$; Abbildungen 7,8 und 9).

Tabelle 3: Übersicht der Altersklassen nach Kreisen / kreisfreien Städte mit jeweiligen Untersuchungszahlen und Prävalenzen.

Kreis	n / positive	%	AK 0	%	AK 1	%	AK 2	%	AK 3	%	AK 4	%	o.A.	%
Landkreis Leipzig	1776 / 38	2,14	751 / 17	2,3	790 / 14	1,8	205 / 5	2,4	23 / 2	8,7	4 / 0	0	3 / 0	0
Stadt Leipzig	280 / 3	1,07	154 / 1	0,7	88 / 2	2,3	35 / 0	0	1 / 0	0	-	-	2 / 0	0
Dresden	19 / 0	0	3 / 0	0	6 / 0	0	4 / 0	0	-	-	-	-	6 / 0	0
Görlitz	552 / 125	22,65	162 / 42	25,9	330 / 70	21,2	51 / 13	25,5	1 / 0	0	-	-	8 / 0	0
Zwickau	650 / 0	0	331 / 0	0	216 / 0	0	91 / 0	0	5 / 0	0	1 / 0	0	6 / 0	0
Meißen	240 / 7	2,92	66 / 0	0	135 / 5	3,7	33 / 2	6,1	2 / 0	0	-	-	4 / 0	0
Vogtland	552 / 1	0,18	209 / 0	0	252 / 0	0	81 / 1	1,2	5 / 0	0	-	-	5 / 0	0
Bautzen	220 / 61	27,73	40 / 8	20,0	153 / 46	30,1	21 / 6	28,6	3 / 0	0	-	-	3 / 1	33,3
Chemnitz	10 / 0	0	6 / 0	0	1 / 0	0	1 / 0	0	-	-	-	-	2 / 0	0
Mittelsachsen	1064 / 1	0,09	482 / 0	0	459 / 1	0,2	107 / 0	0	5 / 0	0	-	-	11 / 0	0
Nordsachsen	86 / 3	3,49	14 / 0	0	44 / 3	6,8	27 / 0	0	1 / 0	0	-	-	-	-
Erzgebirge	154 / 1	0,65	77 / 1	1,3	57 / 0	0	18 / 0	0	-	-	-	-	2 / 0	0
Sächsische Schweiz	1700 / 3	0,18	768 / 2	0,3	691 / 0	0	217 / 1	0,5	8 / 0	0	1 / 0	0	15 / 0	0
alle 13 Kreise	7303 / 243	3,33	3063 / 71	2,3	3222 / 141	4,4	891 / 28	3,1	54 / 2	3,7	6 / 0	0	67 / 1	1,5

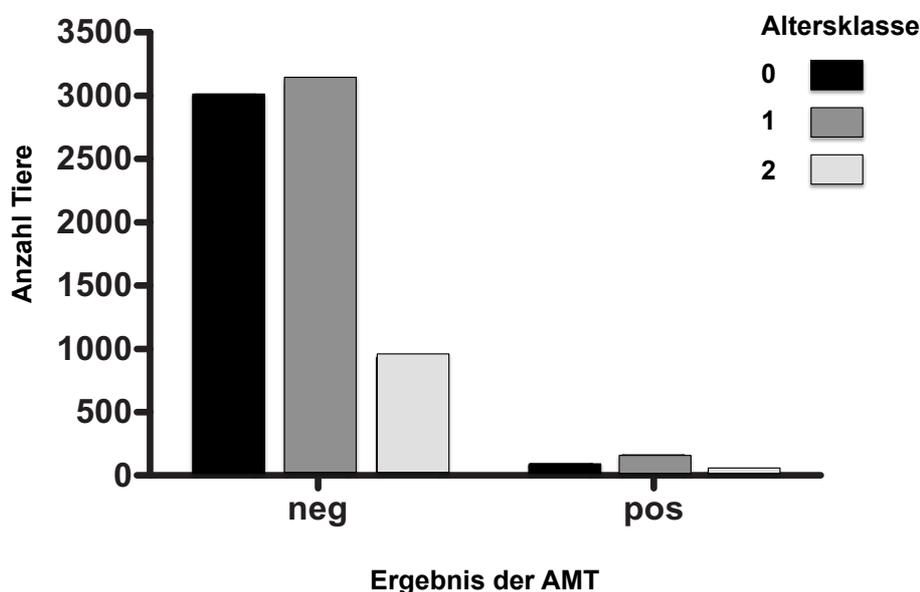


Abbildung 5: Balkendiagramm zur Übersicht des Untersuchungsergebnisses (X-Achse) aller in Sachsen untersuchten Tiere (Y-Achse) in den Altersklassen 0 (schwarz), 1 (grau) und 2 (hellgrau).

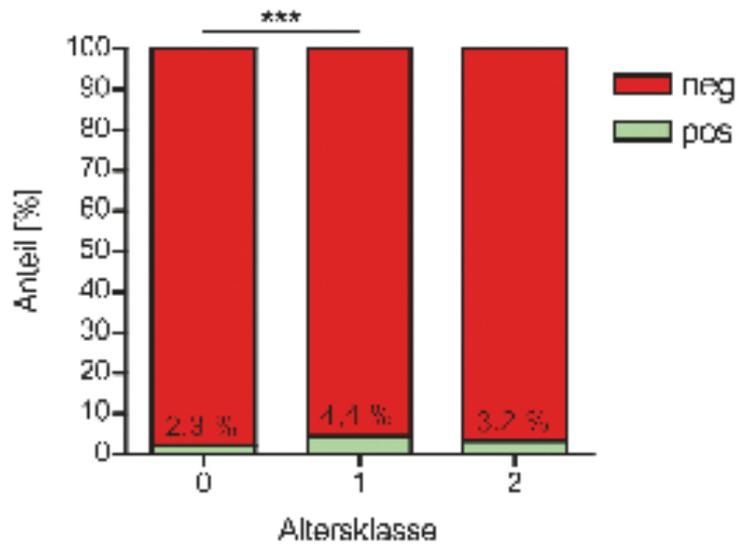


Abbildung 6: Balkendiagramm zur Übersicht des prozentualen Anteils (Y-Achse) der positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tiere aus Sachsen in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse).

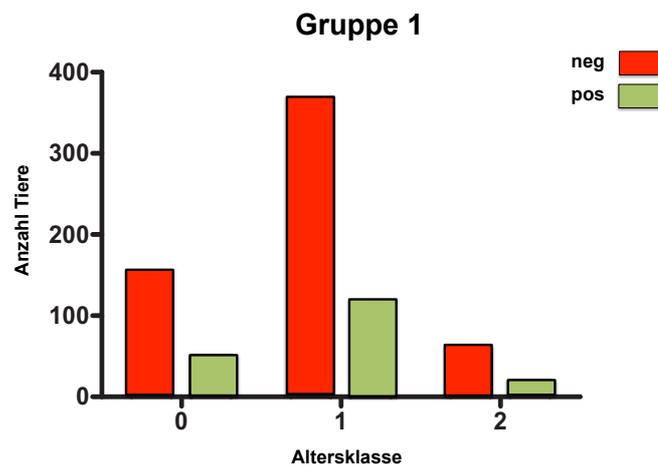


Abbildung 7: Balkendiagramm zur Übersicht von positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren (Y-Achse) in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse) in Gruppe 1 (Görlitz und Bautzen).

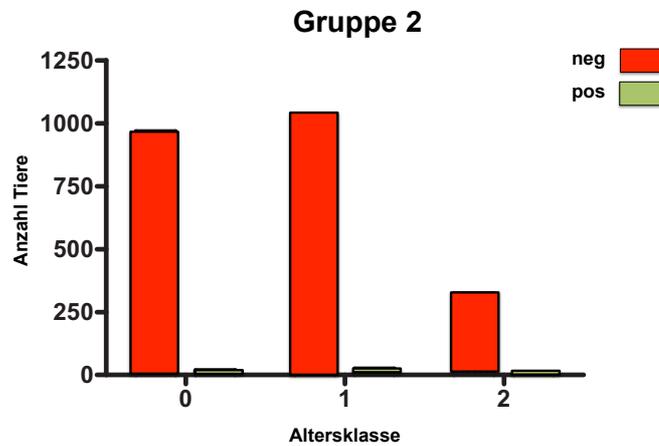


Abbildung 8: Balkendiagramm zur Übersicht von positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren (Y-Achse) in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse) in Gruppe 2 (Landkreis Leipzig, Stadt Leipzig, Meißen, Nordsachsen).

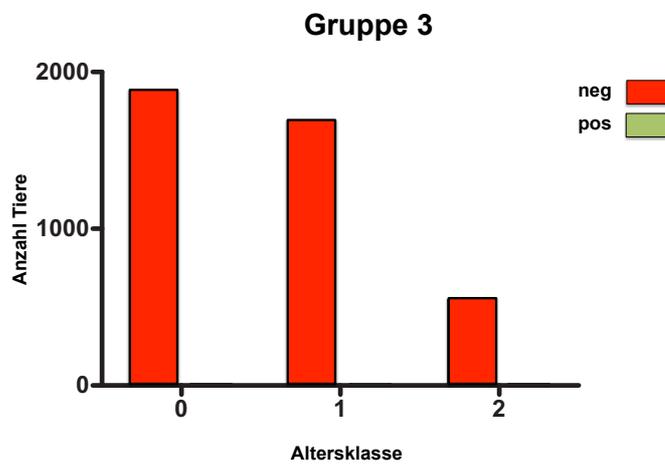


Abbildung 9: Balkendiagramm zur Übersicht von positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tieren (Y-Achse) in den Altersklassen 0, 1 und 2 (X-Achse) in Gruppe 3 (Dresden, Zwickau, Vogtland, Chemnitz, Mittelsachsen, Erzgebirge, Sächsische Schweiz).

Geschlecht

In Tabelle 4 ist eine Übersicht der Untersuchungszahlen und Prävalenzen nach Kreisen / kreisfreien Städten und Geschlecht der Tiere gegeben. Von den 7.303 Tieren waren 3.911 (53,6 %) männlichen und 3.305 (45,3 %) weiblichen Geschlechts. Bei 87 (1,2 %) Tieren wurde kein Geschlecht angegeben. Im gesamten Freistaat konnten bei 130 (3,3 %) männlichen Tieren und bei 111 (3,40 %) weiblichen Tieren DME nachgewiesen werden. Von den 87 Tieren, bei denen kein Geschlecht angegeben war, sind 2 (2,3 %) positiv bewertet worden.

Statistisch gab es hinsichtlich der Befallshäufigkeit zwischen den Geschlechtern keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,9875$; Abbildung 10).

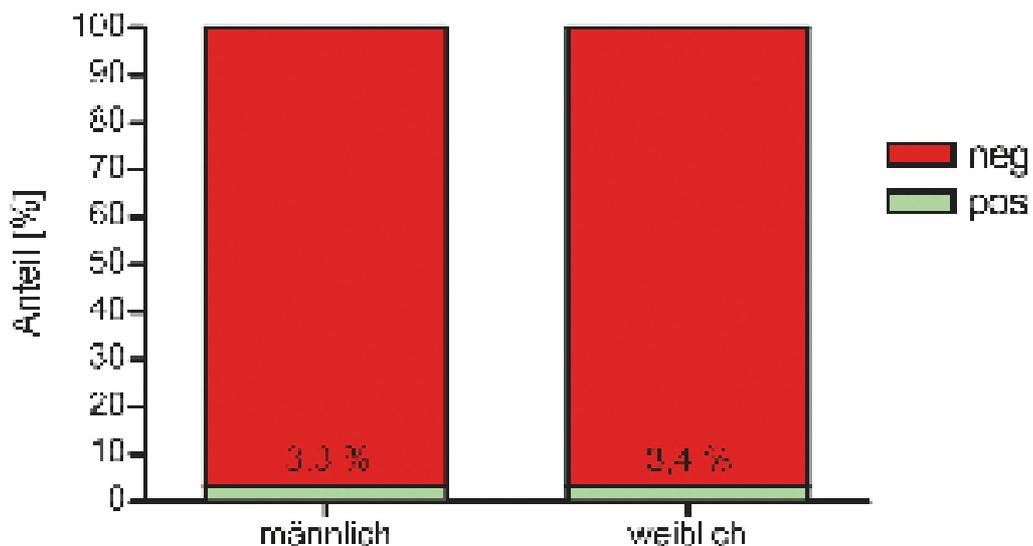


Abbildung 10: Balkendiagramm zur Übersicht des prozentualen Anteils (Y-Achse) der positiv (grün) und negativ (rot) untersuchten Tiere aus Sachsen männlichen und weiblichen Geschlechts (X-Achse).

Tabelle 4: Übersicht der Geschlechter nach Kreisen / kreisfreien Städte mit jeweiligen Untersuchungszahlen und Prävalenzen

Kreis	n/positive	%	m	%	W	%	o.A.	%
Landkreis Leipzig	1776 / 38	2,14	952 / 16	1,7	814 / 22	2,7	10 / 0	0
Stadt Leipzig	280 / 3	1,07	133 / 1	0,8	141 / 2	1,4	6 / 0	0
Dresden	19 / 0	0	8 / 0	0	5 / 0	0	6 / 0	0
Görlitz	552 / 125	22,65	301 / 69	22,9	247 / 56	22,7	4 / 0	0
Zwickau	650 / 0	0	333 / 0	0	311 / 0	0	6 / 0	0
Meißen	240 / 7	2,92	140 / 4	2,9	99 / 3	3	1 / 0	0
Vogtland	552 / 1	0,18	299 / 0	0	243 / 1	0,4	10 / 0	0
Bautzen	220 / 61	27,73	129 / 37	28,7	89 / 23	25,8	2 / 1	50,0
Chemnitz	10 / 0	0	2 / 0	0	5 / 0	0	3 / 0	0
Mittelsachsen	1064 / 1	0,09	615 / 0	0	432 / 1	0,2	17 / 0	0
Nordsachsen	86 / 3	3,49	48 / 1	2,1	36 / 2	5,6	2 / 0	0
Erzgebirge	154 / 1	0,65	77 / 0	0	74 / 0	0	3 / 1	33,3
SächsischeSchweiz / Osterzgebirge	1700 / 3	0,18	874 / 2	0,2	809 / 1	0,1	17 / 0	0
alle 13 Kreise	7303 / 243	3,33	3911 / 130	3,3	3305 / 111	3,4	87 / 2	2,3

Jahresverlauf

Wie in Abbildung 11 dargestellt, gibt es im Jahresverlauf hinsichtlich des Auftretens des DME einige Schwankungen. Deutlich erkennbar sind gehäufte DME-Nachweise in den Monaten April, Mai und Juni, wobei zwischen den Monaten März und April ein erkennbarer Anstieg und im Monat Juli ein erkennbarer Abfall zu verzeichnen ist. Diese gehäuften Nachweise könnten mit der Amphibienwanderung, welche vornehmlich in den Monaten März, April und Mai stattfindet, in Verbindung gebracht werden. Zu dieser Zeit treten Frösche, die als zweiter Zwischenwirt die Mesozerkarie der Trematode auf die Wildschweine überträgt, zeitlich und mengenmäßig gehäuft auf. Somit ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Wildschweine Frösche aufnehmen zu dieser Zeit höher. Die hingegen geringe Nachweishäufigkeit in den Monaten August, September und Oktober könnte mit der Tatsache assoziiert sein, dass die Wildschweine sich zu dieser Zeit überwiegend in den Maisfeldern aufhalten und dort ihre Nahrung suchen.

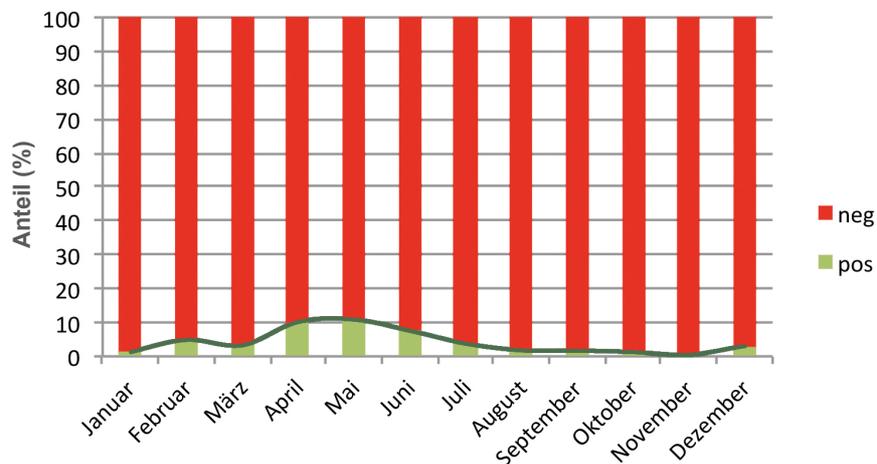


Abbildung 11: Jahresübersicht des DME-Vorkommens im Freistaat Sachsen. Angeben sind prozentuale Anteile (Y-Achse) von negativ (rot) und positiv (grün) untersuchten Wildschweinen in den einzelnen Monaten (X-Achse).

Prävalenz vs. Wasserfläche

In Tabelle 5 ist ein Überblick zu der Gesamtfläche, der Wasserfläche und dem sich daraus ergebenden Anteil der Wasserfläche zur Gesamtfläche der 13 Kreise / kreisfreien Städte dargestellt. Zusätzlich werden Anzahl der untersuchten Tiere, Anzahl der positiv bewerteten Tiere und die sich daraus ergebende Prävalenz angegeben. Der prozentuale Anteil an Wasserflächen zur Gesamtfläche der Kreise / kreisfreien Städte wurde mit der Prävalenz der jeweiligen Kreise mit Hilfe des Spearman-Tests verglichen. Bei einem $r = 0,8283$ ergab sich ein starker Zusammenhang ($r^2 = 0,6972$) zwischen der Wasserfläche und der Prävalenz (Abbildung 12).

Tabelle 5: Übersicht zur Gesamtfläche, Wasserfläche und dem sich daraus ergebenden Anteil der Wasserfläche zur Gesamtfläche der 13 Kreise / kreisfreien Städte. Zusätzlich werden Anzahl der untersuchten Tiere, Anzahl der positiv untersuchten Tiere und die sich daraus ergebene Prävalenz angegeben.

Kreis	n/positive	%	Kreisfläche (km ²)	Wasserfläche (km ²)	Anteil Wasserfläche von Gesamtfläche (%)
Landkreis Leipzig	1776 / 38	2,14	1647	43,7	2,7
Stadt Leipzig	280 / 3	1,07	297	11	3,7
Dresden	19 / 0	0	328	6,8	2,1
Görlitz	552 / 125	22,65	2106	59,2	2,8
Zwickau	650 / 0	0	949	9,9	1
Meißen	240 / 7	2,92	1452	31,9	2,2
Vogtland	552 / 1	0,18	1412	17,4	1,2
Bautzen	220 / 61	27,73	2391	94,8	4
Chemnitz	10 / 0	0	221	2,3	1
Mittelsachsen	1064 / 1	0,09	2113	23,9	1,1
Nordsachsen	86 / 3	3,49	2020	42,6	2,1
Erzgebirge	154 / 1	0,65	1828	20,24	1,1
SächsischeSchweiz	1700 / 3	0,18	1654	18	1,1
alle 13 Kreise	7303 / 243	3,33	18420	381,6	2,1

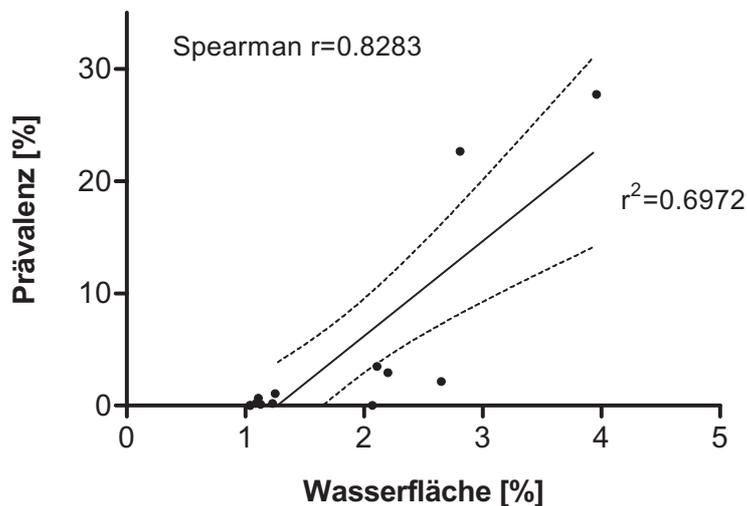


Abbildung 12: Diagramm zur Korrelation von Wasserfläche und Prävalenz der 13 Kreise / kreisfreien Städte. Die Prävalenz wird auf der Y-Achse in % und der Anteil der Wasserfläche an der Gesamtfläche des Kreises auf der X-Achse in % angegeben. Die Punkte stellen die 13 Kreise dar.

Befallsintensität

Aus den Proben (i.d.R. 30 g Zwerchfell) der 243 positiv untersuchten Wildschweinen konnten insgesamt 1.367 DME isoliert werden. Das Minimum lag bei 1 und das Maximum bei 268 isolierten DME pro Probe. Durchschnittlich lag die Befallsintensität bei 5,6 DME. Es wurde eine Korrelation zwischen Anzahl isolierter DME in der Gewebeprobe (ca. 30 g) zum Gewicht des positiv getesteten Wildschweines mit Hilfe des Spearman-Tests überprüft (Abbildung 13). Bei einem $r = 0,16$ ergab sich kein Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern ($r^2 = 0,004$).

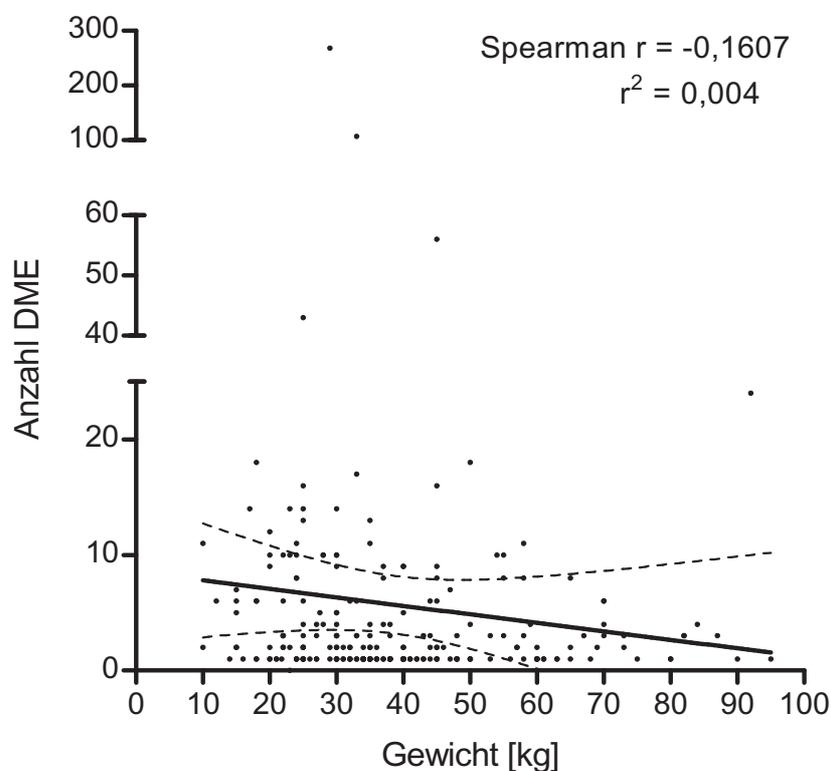


Abbildung 13: Diagramm zur Korrelation von Anzahl der aus positiv untersuchten Wildschweinen isolierten DME (Y-Achse) und deren Körpergewicht (X-Achse).

3.2 Monitoring

3.2.1 Verbreitungsschwerpunkte

Insgesamt zeigt sich, dass das Vorkommen von DME maßgeblich mit stehenden Gewässern assoziiert ist. Hierbei sind vorrangig die bereits seit mehreren Jahrhunderten bestehende Fischzuchtteiche der Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft zu nennen. Die in diesem Gebiet liegenden Landkreise Görlitz und Bautzen weisen mit Abstand die höchsten Findungsraten auf. Da es sich bei diesem Gebiet ebenfalls um ein recht waldreiches Gebiet handelt, bieten sich gute Lebensbedingungen für die Endwirte des DME.

Aber auch regional kann es Schwerpunkte geben, was sich anhand des Landkreises Leipzig zeigen lässt. Insgesamt 32 von 38 positiv getesteten Wildschweinen aus diesem Landkreis konnten einem kleinen Gebiet zwischen den Städten Böhlen, Belgershain und Borna zugeordnet werden. Auch in diesem Bereich ist durch die Renaturierung von Bergbaufolgelandschaften eine Seelandschaft entstanden, die anscheinend die Habitatsansprüche des DME erfüllt.

Ein ähnliches Bild einer starken Zonierung zeigt sich im Landkreis Bautzen (Abbildung 14), der eine sehr hohe Zahl an positiv getesteten Wildschweinen aufweist. Nur drei der 61 positiv getesteten Proben konnten einem Jagdgebiet südlich der Autobahn A4 zugeordnet werden. Dabei handelt es sich um eine schwach positive (1 DME) Probe aus dem Bereich Cunewalde und 2 schwachpositive Proben aus dem Bereich Neukirch/Oberlausitz. Der Rest der positiven Proben liegt in einem Gebiet zwischen den Städten Kamenz, Oßling und Lohsa sowie entlang der Kreisgrenze an der Bundesstraße B156.

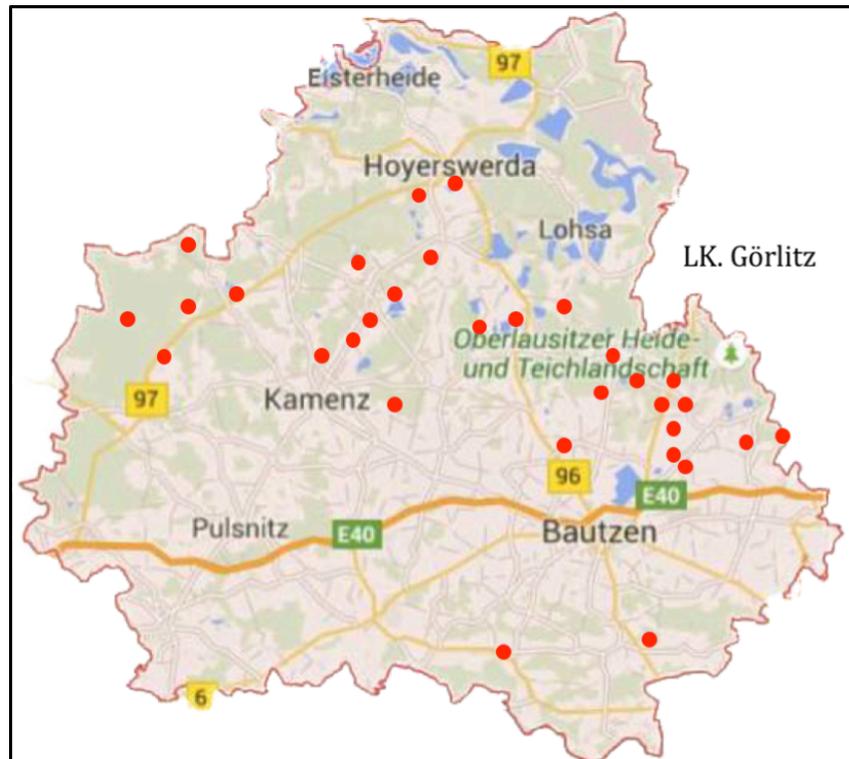


Abbildung 14: Verteilung der DME-Funde im Landkreis Bautzen

Daran anschließend erstreckt sich dieses Gebiet weiter in den Landkreis Görlitz (Abbildung 15). Im Landkreis Görlitz ist hierbei eine ähnliche Verteilung vorzufinden wie im Landkreis Bautzen. Die positiven Probenbefunde ballen sich im nördlich der Autobahn 4 gelegenen Teil des Landkreises. Hierbei sind durchgängige Funde von der Westgrenze des Landkreises bis an die bundesdeutsche Grenze im Osten zu verzeichnen. Sehr häufig sind Funde um die Ortschaften Klitten, Kreba, Quolsdorf und Horka zu verzeichnen. In den 2 Landkreisen können somit die vor allem durch pflanzenreiche Fischzuchtteiche geprägten Gebiete als deutlicher Verbreitungsschwerpunkt identifiziert werden. Im Landkreis Meißen sind die 5 DME-Nachweise im Wesentlichen entlang der Ostgrenze des Kreises zu finden und schließen somit an das Verbreitungsgebiet des Landkreises Bautzen an. Auch in diesem Bereich erfüllt die Moritzburger Teichlandschaft offensichtlich die Habitatsansprüche des DME.

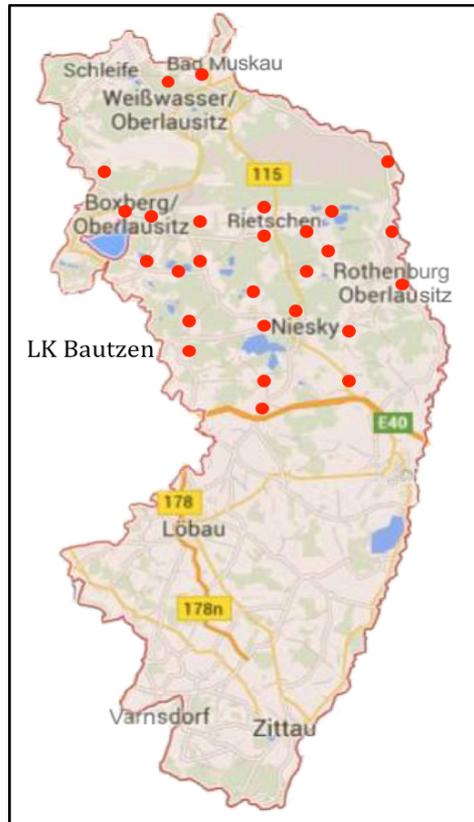


Abbildung 15: Verteilung der DME Funde im Landkreis Görlitz

Das komplette Gegenteil der stark belasteten Kreise Görlitz und Bautzen zeigen Landkreise wie z.B. der Vogtlandkreis, Mittelsachsen, Stadt Leipzig, Erzgebirgskreis und Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Dort konnten trotz großer Probenzahlen und flächig gut verteilten Proben nur insgesamt 7 DME-positive Wildschweine bestätigt werden. Geografisch ließen sich keine Schwerpunkte aus diesen Funden ableiten.

Der Landkreis Nordsachsen weist ebenfalls eine relativ geringe Anzahl an DME-Funden (3) auf, jedoch sind diese auffällig in sehr gewässerreichen Gebieten im Norden und Osten des Kreises gelegen.

Keine DME konnten in den Kreisen Chemnitz, Dresden und Zwickau nachgewiesen werden. Allerdings ist hierbei festzuhalten, dass von den Veterinärämtern Dresden und Chemnitz sehr wenige Proben über einen sehr begrenzten Zeitraum eingegangen sind.

Abschließen ist darauf hinzuweisen, dass eine Aussage zu Verbreitungsschwerpunkten des DME nur getroffen werden konnte, wenn auch tatsächlich Proben in ausreichendem Maße aus dem entsprechenden Landstrich eingegangen sind. Aufgrund der Zonierung

der Fleischuntersuchungsgebiete und einer somit nicht überall gegebenen Zentralisierung der Trichinellenuntersuchung ist eine umfassende Aussage nur im geringen Umfang möglich.

3.3 Tenazität

3.3.1 Tenazität von Mesozerkarien in gefrorenem Fleisch im Hinblick auf verschiedene Temperatur- und Zeit-Profile

Bei einer Lagerung bei $-19,0^{\circ}\text{C}$, erreichten die Fleischstücke nach 0,5, 1,0 und 1,5 Stunden eine Innenkerntemperatur von $-4,0^{\circ}\text{C}$, $-7,8^{\circ}\text{C}$ und $-10,6^{\circ}\text{C}$. Zu diesen Zeitpunkten waren die Mesozerkarien teilweise noch vital. Nach 2 Stunden waren alle Larven abgestorben, obwohl die innere Kerntemperatur des Fleisches noch nicht die Soll-Temperatur des Gefrierens erreicht hatte (Abbildung 16). Auch nach 24 Stunden konnten keine lebenden Larven mehr nachgewiesen werden. Eine längere Gefrierzeit als 24 Stunden oder niedrigere Temperaturen führten in unseren Versuchen also zu einer definitiven Inaktivierung der Larven. PORTIER et al. (2011) zeigten hingegen, dass eine *A. alata* Mesozerkarie noch nach fünf Tagen bei $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ lebte. Zusätzlich beschrieb HIEPE (1985), dass *A. alata* Mesozerkarien in Schweinefleisch bis zu 8 Wochen bei -20°C überlebten. Unsere Untersuchungsergebnisse und die von anderen Autoren variieren also stark. Daher müssen die von uns durchgeführten Versuche sicherlich erweitert und wiederholt werden, um sichere Aussagen über die Tenazität treffen zu können. Erwiesen ist, dass das Einfrieren zur Inaktivierung von Parasiten in Fleisch genutzt werden kann. Bei einer Erhöhung der Probengröße ist es erforderlich die Gefrierzeit zu verlängern, um die beabsichtigte Zieltemperatur im Kern zu erreichen.

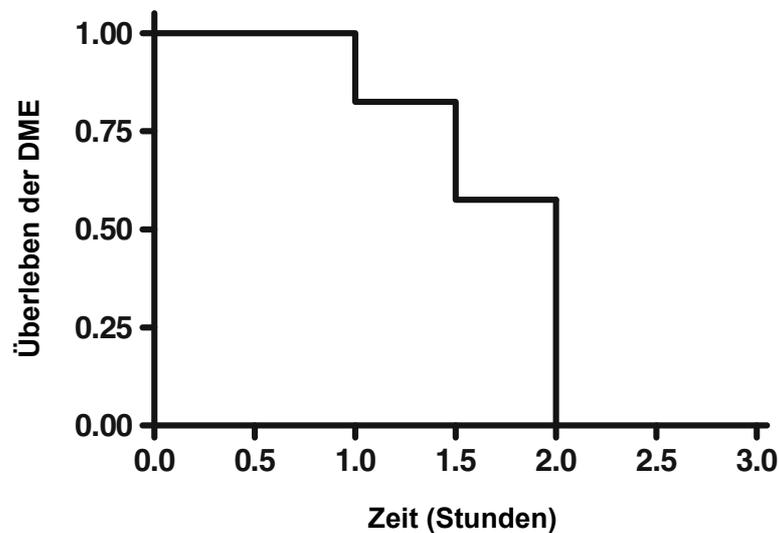


Abbildung 16: Überleben der *A. alata* Mesozerkarien (n = 125) bei einer Temperatur von $-18\pm 2^\circ \text{C}$.

3.3.2 Toleranz gegenüber Kochsalz, Nitritpökelsalz und Pfeffer (Rohwurstherstellung)

Es zeigte sich, dass nach 24 Stunden weiterhin lebende Larven aus den Würsten aller 3 Gruppen isoliert werden konnten. Danach, ab dem 1. Untersuchungstag waren keine lebenden Mesozerkarien mehr in den Würsten nachweisbar.

Unsere Daten zeigen, dass in einem frühen Stadium der Produktion von Rohwürsten die Mesozerkarien noch lebend und aktiv sein können. Dieser Umstand gewinnt an Bedeutung, wenn kurzgereifte Produkte wie z.B. die Knackwurst direkt nach der Herstellung „roh“ verzehrt werden. Dies stellt eine nicht selten Praxis unter den Verbrauchern dar. Obwohl empfohlen wird diese Produkte vor dem Verzehr zu erwärmen, werden sie häufig vom Verbraucher als verzehrsfertige Produkte wahrgenommen, daher werden Rohwürste meist ohne richtiges Kochen gegessen. Einige Bevölkerungsgruppen unterliegen dabei einem deutlich höheren Risiko, sich mit DME zu infizieren. Dazu gehören insbesondere Wildfleisch-Verbraucher und Jäger. Daher ist für die Prävention von Infektionen eine eingehende Aufklärung der Verbraucher und Jäger notwendig, vor allem bei denjenigen, die Wildtierfleisch roh und

ungekocht verzehren. Die zuständigen Behörden sollten das Problem prüfen und eine Reihe von Maßnahmen vorschlagen, die die Verfahrenstechnik soweit verbessern, dass Wildfleisch-Produkte sicher für den menschlichen Verzehr erzeugt werden.

4 Zusammenfassung

Seit dem Jahr 2002 kommt es auf dem gesamten Gebiet der Bundesrepublik regelmäßig zu Meldungen über Nachweise von Mesozerkarien des parasitären Saugwurms *Alaria alata* in Wildfleisch. Der so genannte Duncker'sche Muskelegel kann durch infiziertes Wildbret auch auf den Menschen übertragen werden. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sprach sich in seiner Stellungnahme Nr. 027/2007 vom 1. Juli 2007 mit Hinweis auf das zoonotische Potential des Parasiten, dafür aus, dass Fleisch, in welchem die Mesozerkarie des Saugwurms *Alaria alata* nachgewiesen wurde, aus Gründen des gesundheitlichen Verbraucherschutzes als untauglich für den menschlichen Verzehr zu beurteilen ist (BfR 2007). Informationen zur Vorkommenshäufigkeit und geographischen Verbreitung des DME, vor allem im Freistaat Sachsen, waren jedoch bislang noch lückenhaft. Das Hauptziel des aktuellen Forschungsvorhaben war es die Prävalenz und Verbreitungsschwerpunkte von DME-infizierten Wildschweinen in Sachsen zu ermitteln.

Dazu wurden im Zeitraum vom 03.07.2014 bis 02.08.2015 Proben von 7.303 Wildschweinen aus allen 13 Kreisen / kreisfreien Städten Sachsens gesammelt und mit Hilfe der *Alaria alata mesocercariae migration technique* (AMT) untersucht. Im Ganzen konnten 243 Wildschweinen detektiert werden, welche den DME aufwiesen. Somit weist Sachsen eine Gesamtprävalenz von 3,33 % auf, welche sich allerdings nur auf die mit der AMT untersuchten Wildschweine bezieht und nicht für die Gesamtstrecke des Jahres gilt. Die Prävalenzen in den einzelnen Kreisen / kreisfreien Städte variiert beträchtlich. In 3 Kreisen (Dresden, Zwickau, Chemnitz) wurde kein DME nachgewiesen (0 %), in 4 Kreisen (Vogtland, Mittelsachsen, Erzgebirge, Sächsische Schweiz / Osterzgebirge) lag die Nachweisrate unter 1 %, in 4 Kreisen (Landkreis Leipzig, Stadt Leipzig, Meißen, Nordsachsen) lag die Nachweisrate über 1 % und 2 Kreise (Bautzen, Görlitz) wiesen Werte von über 20 % auf. Mit Hilfe der statistischen Auswertung konnte gezeigt werden, dass ein starker Zusammenhang zwischen den Nachweisraten und dem Anteil der Wasserflächen zu den Gesamtflächen der Kreise besteht. Aus den 243 DME-positiven Wildschweinen wurden insgesamt 1.367 Mesozerkarien isoliert. Durchschnittlich wurden somit 6 DME pro Probe (i.d.R. 30 g Zwerchfell) detektiert. Aus vielen Proben konnte nur 1 DME isoliert werden, allerdings gab es auch höchstpositive

Proben, in denen 107 und 268 DME gefunden wurden. Im Jahresverlauf ist deutlich zu erkennen, dass es in den Monaten April, Mai und Juni erhöhte Nachweisezahlen von DME-infizierten Wildschweinen gab.

Als Schwerpunkte konnten die Bereiche der Oberlausitzer Teichlandschaft in den Landkreisen Görlitz und Bautzen sowie die daran anschließende Moritzburger Teichlandschaft identifiziert werden. Im Landkreis Leipzig liegt ein weiterer Schwerpunkt im Großraum Borna-Rötha. Deutlich zu erkennen ist die unmittelbare Nähe zu vielen und großen Wasserflächen.

Anhand der Tenazitätsstudie konnte gezeigt werden, dass bei Temperaturen im Gefrierschrank nach 2 Stunden keine vitalen DME mehr nachweisbar waren. Bei der Herstellung von Rohwürsten waren nach 24 Stunden alle Mesozerkarien abgestorben. Da sich diese Ergebnisse nicht mit denen anderer Autoren in der Literatur decken, sollte die Tenazität des DME in weiteren, zusätzlichen und ergänzenden Versuchen überprüft werden. Erst dann können gesicherte Aussagen zur Tenazität des DME und Brauchbarmachung von DME-infiziertem Fleisch getroffen werden.

5 Literaturverzeichnis

Allen JR, Mills JH. *Alaria arisaemoides* in Saskatchewan dogs. *Can Vet J.* 1971; 12: 24–28.

Ashton N, Brown N, Easty D. Trematode Cataract in Fresh Water Fish. *J Small Animal Practice.* 1969; 10: 471–478.

BAFU (Hrsg.): Einstufung von Organismen: Bakterien, Viren, Parasiten und Pilze. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1114;2011 <www.bafu.admin.ch/uv-1114-d>

Bagrađe G, Kirjušina M, Vismanis K, Ozoliņš J. Helminth parasites of the wolf *Canis lupus* from Latvia. *JHL.* 2009; 83: 63–68.

Balicka-Ramisz A, Ramisz A, Pilarczyk B, Bienko R. Fauna of gastro-intestinal parasites in red foxes in Western Poland. *Medycyna Weterynaryjna.* 2003; 59: 922–925.

Beaver P, Little M, Tucker C, Reed R. *Mesocercaria* in the skin of man in Louisiana. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* 1977; 26: 422–426.

Beutling D, Brodowski G. *Lehrbuch der Schlachtier- und Fleischuntersuchung* (25 Tabellen. Stuttgart: Parey; 2004.

Bialasiewicz AA. Neuroretinitis. *Der Ophthalmologe.* 2000: 374–391.

Boch J, Supperer R, Eckert J, Kutzer E, Rommel M, Bürger HJ, Körting W. *Veterinärmedizinische Parasitologie.* 4. Aufl. Berlin und Hamburg: Parey; 1970.

Bosma NJ. The life history of the trematode *Alaria mustulae* sp. nov. *American Microscopical Society.* 1934; 53: 116–153.

Bugge G. Das sogen. Muskeldistomum, *Agamodistomum suis*, ein Bewohner der Bauchhöhle. *Tierärztliche Rundschau.* 1942; 48: 146–151.

Bugge G. Der Muskelegel Dunckers beim Frosch. Zeitschrift Fleisch-Milchhygiene. 1942; 73–76.

Byers B, Kimura SJ. Uveitis after death of a larva in the vitreous cavity. American journal of ophthalmology. 1974; 77: 63–66.

Castro O, Venzal JM, Félix ML. Two new records of helminth parasites of domestic cat from Uruguay: *Alaria alata* (Goeze, 1782) (Digenea, Diplostomidae) and *Lagochilascaris major* Leiper, 1910 (Nematoda, Ascarididae). Veterinary Parasitology. 2009; 160: 344–347.

Cort WW, Brooks ST. Studies of the holostome cercariae from Douglas Lake, Michigan. Transactions of the American Microscopical Society. 1928; 47: 179–221.

Craig PS, Craig HL. Helminth parasites of wolves (*Canis lupus*): a species list and an analysis of published prevalence studies in Nearctic and Palaeartic populations. J helminthol. 2005; 79: 95–103.

Cuckler A. Studies on the migration and development of *Alaria* spp. (Trematoda: Strigeata) in the definitive host. J Parasitol Suppl. 1940; 26: 36.

Cuckler A. Morphological and biological studies on certain strigeid trematodes of mammals. Summaries of Ph D Theses, Univ of Minnesota, Minneapolis, Minn. 1949; 4: 45–47.

Curtsinger CL, Shoop WL. Eosinophil levels in *Alaria marcianae* (Trematoda) infected mice. The Journal of Parasitology. 1986; 72: 477–478.

Deutscher Jagdverband e.V. (DJV) (Hrsg.). DJV-Handbuch Jagd 2015. Bonn: DJV-Service und Marketing GmbH; 2014.

Dönges J. Entwicklungs- und Lebensdauer von Metacercarien. Z. F. Parasitenkunde (Zeitschrift für Parasitenkunde). 1969; 31.

Duncker H. Die Muskel-Distomeen. Berl tierärztl Wschr. 1896; 24: 279–282.

Eira C, Vingada J, Torres J, Miquel J. The Helminth Community of the Red Fox, *Vulpes vulpes*, In Dunas de Mira (Portugal) and its effect on host condition. Wildl. Biol. Pract. 2006; 2.

Fallis AM, Freeman RS, Walters J. What Eyes Reveal: The Light of the body is the Eye. *Canadian Journal of Public Health*. 1973; 64: 238–245.

Fernandes BJ, Cooper JD, Cullen JB, Freeman RS, Ritchie AC, Scott AA, Stuart PF. Systemic infection with *Alaria americana* (Trematoda). *Can Med Assoc J*. 1976; 115: 1111–1114.

Foster GW, Kinsella JM, Sheppard BJ, Cunningham MW. Transmammary Infection of Free-Ranging Florida Panther Neonates by *Alaria marcianae* (Trematoda: Diplostomatidae). *Journal of Parasitology*. 2009; 95: 238–239.

Freeman RS, Stuart PF, Cullen SJ, Ritchie AC, Mildon A, Fernandes BJ, Bonin R. Fatal human infection with mesocercariae of the trematode *Alaria americana*. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 1976; 25: 803–807.

Furmaga S, Wysocki E. On the helminthofauna of foxes in the Lublin voivodships territory. *Annales Universitatis Mariae Curie - Sklodowska / D*. 1951; 6: 97–123.

Goldberg SR, Burse CR, Cheam H. Helminths of Two Native Frog Species (*Rana chiricahuensis*, *Rana yavapaiensis*) and One Introduced Frog Species (*Rana catesbeiana*) (Ranidae) from Arizona. *The Journal of Parasitology*. 1998; 84: 175–177.

Goldberg SR, Burse CR, McKinnell RG, Tan IS. Helminths of Northern Leopard frogs, *Rana pipiens* (ranidae) from North and South Dakota. *Western North American Naturalist*. 2001; 61: 248–251.

González-Fuentes H, Hamedy A, Borell E von, Luecker E, Riehn K. Tenacity of *Alaria alata* mesocercariae in homemade German meat products. *International Journal of Food Microbiology*. 2014; 176: 9–14.

González-Fuentes H, Hamedy A, Koethe M, Borell E von, Luecker E, Riehn K. Effect of temperature on the survival of *Alaria alata* mesocercariae. *Parasitology Research*. 2015; 114/3: 1179–1187

González-Fuentes H, Riehn K, Koethe M, Borell E von, Luecker E, Hamedy A. Effects of in vitro conditions on the survival of *Alaria alata* mesocercariae. *Parasitol Res*. 2014; 113: 2983–2989.

Górski P, Zalewski A, Lakomy M. Parasites of carnivorous mammals in Białowieża Primeval Forest. *Wiadomości Parazytologiczne*. 2006; 52: 49–53.

Große K, Wüste T. Funde des Dunckerschen Muskelegels bei der Trichinenuntersuchung mittels Verdauungsverfahrens. 5. Fleisch- und Geflügelfleischhygienetagung; 2005 März; Berlin, Deutschland.

Hasslinger MA, Nagler M. Zur Bedeutung des "Duncker'schen Muskelegels" (*Agamodistomum suis*, Stiles 1908). *Fleischwirtschaft*. 1969; 49: 1062–1063.

Hedges TR. Diffuse unilateral subacute neuroretinopathy. *Principles and practice of ophthalmology clinical practice*. 2000; 3: 2167–2171.

Hiepe T. *Lehrbuch der Parasitologie (Veterinärmedizinische Helminthologie)*. Jena: G. Fischer; Fischer; 1985.

Hoffman GL. *Parasites of North American freshwater fishes*. 2nd ed. Ithaca, N.Y.: Comstock Pub. Associates; 1999.

Iastreb VB, Gorokhov VV, Shestakov AM. To the detection of the trematode mesocercariae *Alaria alata* in the blood of domestic dogs and cats. *Meditainskaia parazitologija i parazitarnye bolezni*. 2005; 48–51.

Ivanov VM, Semenova NN. Parasitological consequences of animal introduction. *Russ J Ecol*. 2000; 31: 281–283.

Jakšić S, Uhitil S, Vučemilo M. Nachweis von Mesozerkarien des Saugwurms *Alaria alata* im Wildschweinefleisch. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*. 2002; 48: 203–207.

Jogeland P, Raue H, Petersson U. Inventering av anpartesparasiter hos hundar i Skane 1999-2000 (Inventory of internal parasites in dogs in Skane 1999-2000). *Svensk Veterinartidning*. 2002; 54: 635–637.

Johnson AD. Morphology and Life History of *Alaria mustelae* Bosma 1931 (Trematoda: Diplostomatidae) from Minnesota Mustelids. *The Journal of Parasitology*. 1979; 65: 154–160.

Johnson AD. Survival of Mesocercariae of *Alaria arisaemoides*, *A. marciana*, and *A. mustelae*. Transactions of the American Microscopical Society. 1985; 104: 172–177.

Johnson AD. Life History of *Alaria marciana* (La Rue, 1917) Walton, 1949 (Trematoda: Diplostomatidae). The Journal of Parasitology. 1968; 54: 324–332.

Joyeux C, Baer J. Les hôtes d'attente dans le cycle évolutif des helminthes. Biol Med Paris. 1934; 24: 482–506.

Andreas K. Helminthen einheimischer Froschlurche. [Dissertation med. vet]. Berlin: Freie Univ. Berlin; 2006.

Kramer MH, Eberhard ML, Blankenberg TA. Respiratory symptoms and subcutaneous granuloma caused by mesocercariae: a case report. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 1996; 55: 447–448.

Kulisic Z, Pavlovic I, Milutinovic M, Aleksic-Bakrac N. Intestinal parasites of dogs and role of dogs in epidemiology of larva migrans in the Belgrade area. *helminthologia*. 1998; 35: 79–82.

Leibovitz L, Riis RC, Georgi ME. Digenetic trematode infection. Journal of the American Veterinary Medical Association. 1980; 177: 40,42.

Lerche M. Lehrbuch der tierärztlichen Lebensmittelüberwachung : mit 670 Abb. und 15 Bunttaf. / . 3. Aufl. Hannover: Schaper; 1957.

Lester RJ, Freeman RS. Survival of two trematode parasites (*Diplostomum* spp.) in mammalian eyes and associated pathology. Canadian journal of ophthalmology. Journal canadien d'ophtalmologie. 1976; 11: 229–234.

Loos-Frank B, Zeyhle E. The intestinal helminths of the red fox and some other carnivores in Southwest Germany. Z. Parasitenkd. (Zeitschrift für Parasitenkunde Parasitology Research). 1982; 67: 99–113.

Löscher T, von Sonnenburg F. Parasitosen, In: Therapie innerer Krankheiten von G. Paumgartner und G. Steinbeck , 11. Aufl. Berlin: Springer; 2005.

Lucius R, Böckeler W, Pfeiffer AS. Parasiten der Haus-, Nutz- und Wildtiere Schleswig-Holsteins: Parasiten der inneren Organe des Rotfuchses (*Vulpes vulpes*). Zeitschrift für Jagdwissenschaft. 1988; 34: 242–255.

Manke KJ, Stoye M. Parasitological studies of red foxes (*Vulpes vulpes* L.) in the northern districts of Schleswig-Holstein. Tierärztliche Umschau. 1998; 53: 207–214.

McCue JF, Thorson RE. Behavior of Parasitic Stages of Helminths in a Thermal Gradient. The Journal of Parasitology. 1964; 50: 67.

McDonald HR, Kazacos KR, Schatz H, Johnson RN. Two cases of intraocular infection with *Alaria mesocercaria* (Trematoda). American journal of ophthalmology. 1994; 117: 447–455.

Mehlhorn H, Aspöck H. Encyclopedia of parasitology. 3rd ed. Berlin, New York: Springer; 2008.

Miller GC. Helminths and the transmammary route of infection. Parasitology. 1981; 82: 335.

Möhl K, Grosse K, Hamedy A, Wüste T, Kabelitz P, Lücken E. Biology of *Alaria* spp. and human exposition risk to *Alaria mesocercariae*-a review. Parasitology Research. 2009; 105: 1–15.

Moks E, Jõgisalu I, Saarma U, Talvik H, Jarvis T, Valdmann H. Helminthologic survey of the wolf (*canis lupus*) in Estonia, with an emphasis on *Echinococcus granulosus*. Journal of Wildlife Diseases. 2006; 42: 359–365.

Murphy TM, O'Connell J, Berzano M, Dold C, Keegan JD, McCann A, Murphy D, Holden NM. The prevalence and distribution of *Alaria alata*, a potential zoonotic parasite, in foxes in Ireland. Parasitol Res. 2012; 111: 283–290.

Nickel S, Hiepe T, Hansel U, Jurke E. Parasites in the DDR. 5. The occurrence of helminths in the red fox (*Vulpes vulpes* L.). Angew Parasitol. 1980; 21: 94–100.

Nikitina EN. Trematode larvae in snails of Lake Glubokoe. Hydrobiologia. 1986; 141: 139-141.

Odening K. Der "Duncker'sche Muskelegel" kann experimentell auf Affen übertragen werden. Monatshefte für Veterinärmedizin. 1961; 16: 395–399.

Odening K. Zur Diagnostik der Mesocercarie von *Alaria alata*, eines möglichen Parasiten des Menschen in Europa, an Hand experimenteller Befunde beim Affen. 1963; 5: 385–390.

Odlaug TO. Morphology and Life History of the Trematode, *Alaria intermedia*. Transactions of the American Microscopical Society. 1940; 59: 490–510.

Ostertag Rv. Lehrbuch der Schlachtier- und Fleischuntersuchung einschliesslich der tierärztlichen Lebensmittelüberwachung für Tierärzte und Studierende der Veterinärmedizin. In 2. Aufl. völlig neu bearb. von Fritz Schönberg. Stuttgart: Enke; 1955.

Papadopoulos H, Himonas C, Papazahariadou M, AntoniadouSotiriadou K. Helminths of foxes and other wild carnivores from rural areas in Greece. *J helminthol.* 1997; 71: 227–231.

Paunovic V. Helminthoses of dogs in the municipality of Zrenjanin. *Vet glas.* 1994; 48: 905–908.

Pearson JC. Studies on the life cycles and morphology of the larval stages of *Alaria arisaemoides* Augustine and Uribe, 1927 and *Alaria canis* LaRue and Fallis, 1936 (TREMATODA: DIPLOSTOMIDAE). *Canadian Journal of Zoology.* 1956; 34: 295–386 // 295–387.

Pence DB, Knowlton FF, Windberg LA. Transmission of *Ancylostoma caninum* and *Alaria marcianae* in coyotes (*Canis latrans*). *Journal of Wildlife Diseases.* 1988; 24: 560–563.

Petrov AM, Dubnickij AA. Sables-metacercarial alariosis (russ.). *Karakulevodstvo I Zverovodstvo.* 1950a; 3: 70–71.

Petrov AM, Dubnickij AA. Die Metazerkarien-Alariose der Zobel (russ.). *Trudy vsesojuznogo Instituta Gel'mintologii im Akad K I Skrjabina.* 1950b; 4: 20–22.

Pfeiffer AS, Böckeler W, Lucius R. Parasiten der Haus-, Nutz- und Wildtiere Schleswig-Holsteins: Parasiten der inneren Organe des Steinmarders (*Martes foina*). Zeitschrift für Jagdwissenschaft. 1989; 35: 100–112.

Portier J, Jouet D, Ferté H, Gibout O, Heckmann A, Boireau P, Vallée I. New data in France on the trematode *Alaria alata* (Goeze, 1792) obtained during *Trichinella* inspections. Parasite. 2011; 18: 271–275.

Potekhina LF. The life cycle of *Alaria alata* and alariosis in foxes and dogs (russ.). Doklady Akad Nauk SSSR. 1951: 325–327.

Potekhina LP. The life-cycle of *Alaria alata*, a parasite of foxes and dogs. Trudy vsesojuznogo Instituta Gel'mintologii im Akad K I Skryabina. 1950; 4: 7–17.

Ramisz A, Balicka-Ramisz A. The prevalence of *Alaria alata* in red foxes (*Vulpes vulpes* L.) in the western part of Poland. Tierärztliche Umschau. 2001; 56: 423–425.

Rau ME, Gordon DM. Overwintering of helminths in the garter snake (*Thamnophis sirtalis sirtalis*). Can. J. Zool. 1978; 56: 1765–1767.

Riis RC, Georgi ME, Leibovitz L, Smith JS. Ocular metacercarial infection of the oyster toadfish, *Opsanus tau* (L.). J Fish Diseases. 1981; 4: 433–435.

Ruszkowski J. Die postembryonale Entwicklung von *Hemistomum alatum* Dies. auf Grund experimenteller Untersuchungen. Bull Intern Acad Polon Sci Classe Sci Math Nat Sér B. 1922: 237–250.

Savinov VA. Die Besonderheiten der Entwicklung von *Alaria alata* (Goeze, 1782) im Körper des End- und Reservewirtes (russ.). Raboty po Gel'mintologii k 75-letju Akad K I Skryabina. 1953a: 611–616.

Savinov VA. Die Entwicklung von *Alaria alata* (Goeze, 1782) im Körper der Hunde (russ.). Trudy vsesojuznogo Instituta Gel'mintologii im Akad K I Skryabina. 1953b; 5: 63–64.

Savinov VA. Zu Frage einiger Besonderheiten der Stadienentwicklung der Strigeata und der Rolle der verschiedenen Wirte in dieser Entwicklung (russ.). Učen Zap vologodsk ped Inst. 1954; 15: 245–306.

Schnieder T, Supperer R, Boch J. Veterinärmedizinische Parasitologie. 6., vollst. überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Parey; 2006.

Segovia J, Guerrero R, Torres J, Miquel J, Feliu C. Ecological analyses of the intestinal helminth communities of the wolf, *Canis lupus*, in Spain. *Folia Parasitol.* 2003; 50: 231–236.

Segovia J, Torres J, Miquel J. The red fox, *Vulpes vulpes* L., as a potential reservoir of zoonotic flukes in the Iberian Peninsula. *Acta Parasitologica.* 2002; 47: 163–166.

Sharpilo VP, Tkach VV. Transmammary transmission of mesocercariae of *Alaria alata* (Trematoda: Alariidae) by lactating paratenic hosts to the offspring. *Vestnik Zoologii.* 1989; 5: 81–83.

Shea M, Maberley AL, Walters J, Freeman RS, Fallis AM. Intraretinal larval trematode. *Transactions - American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology. American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology.* 1973; 77: OP784-91.

Shimalov V. Helminth fauna of the European mole (*Talpa europaea* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie. *Parasitology Research.* 2001; 87: 790–791.

Shimalov V. Helminth fauna of the European polecat (*Mustela putorius* Linnaeus, 1758) in Belorussian Polesie. *Parasitology Research.* 2002; 88: 259–260.

Shimalov V. Helminth fauna of the racoon dog (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) in Belorussian Polesie. *Parasitology Research.* 2002; 88: 944–945.

Shimalov VV, Shimalov VT. Helminth fauna of snakes (Reptilia, Serpentes) in Belorussian Polesye. *Parasitology Research.* 2000; 86: 340–341.

Shimalov VV, Shimalov VT. Helminth fauna of toads in Belorussian Polesie. *Parasitology Research.* 2001; 87: 84.

Shoop WL. Vertical Transmission in the Trematoda. *Journal of the helminthological society of washington.* 1994; 61: 153–161.

Shoop WL. Vertical transmission of helminths: Hypobiosisisand amphiparatenesis. *Parasitology Today.* 1991; 7: 51–54.

Shoop WL, Corkum KC. Transmammary infection of paratenic and definitive hosts with *Alaria marcianae* (trematoda) mesocercariae. *The Journal of Parasitology*. 1983b; 69: 731–735.

Shoop WL, Corkum KC. Epidemiology of *Alaria marcianae* mesocercariae in Louisiana. *The Journal of Parasitology*. 1981; 67: 928–931.

Shoop WL, Corkum KC. Pathway of mesocercariae of *Alaria marcianae* (Trematoda) through the mammary glands of lactating mice. *The Journal of Parasitology*. 1984; 70: 333–336.

Shoop WL, Corkum KC. Maternal transmission by *Alaria marcianae* (Trematoda) and the concept of amphiparatenesis. *The Journal of Parasitology*. 1987; 73: 110–115.

Shoop WL, Font WF, Malatesta PF. Transmammary transmission of mesocercariae of *Alaria marcianae* (Trematoda) in experimentally infected primates. *The Journal of Parasitology*. 1990; 76: 869–873.

Shoop WL. In vitro Migration of *Alaria marcianae* (Trematoda) Mesocercariae in a Thermal Gradient. *The Journal of Parasitology*. 1985; 71: 728–731.

Shoop WL, Corkum KC. Migration of *Alaria marcianae* (Trematoda) in Domestic Cats. *The Journal of Parasitology*. 1983a; 69: 912.

Smyth JD. Rare, New and Emerging Helminth Zoonoses. In: Muller R, Baker JR, Rollinson D, Hrsg. *Advances in parasitology*. London, New York: Elsevier; Academic Press; 1995. p. 1–45.

Steinbach G, Welzel A, v. Keyserlingk M, Stoye M. Zur Helminthenfauna des Rotfuchses (*Vulpes vulpes* L.) in Südniedersachsen Teil 1: Nematoden und Trematoden. *Z. Jagdwiss.* 1994: 30–39.

Steinbach HJ. Schwarzwild - Wehrhaftes Wild. 2010 (zitiert vom 27.04.2012): Deutsche Jagdzeitung. <<http://www.djz.de/447,708/>>

Sudarikov VE. Die biologischen Besonderheiten der Trematoden der Gattung *Alaria*. *Trudy gel'mintol Labor Akad Nauk SSSR*. 1959; 9: 326–332.

Szczęsna J, Popiołek M, Schmidt K, Kowalczyk R. Coprological Study on Helminth Fauna in Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) From the Białowieża Primeval Forest in Eastern Poland. *Journal of Parasitology*. 2008; 94: 981–984.

Thiess A. Untersuchungen zur Helminthenfauna und zum Vorkommen von *Trichinella* sp. beim Marderhund (*Nyctereutes procyonoides*) in Brandenburg]. Berlin; 2004.

Thiess A, Schuster R, Nockler K, Mix H. Helminth findings in indigenous racoon dogs *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834). *Berl Münch Tierärztl Wochenschr*. 2001; 114: 273–276.

Unruh, D. H. A., King JE, Allen JR, Eaton, R. D. P. Parasites of Dogs from Indian Settlements in Northwestern Canada: A Survey with Public Health Implications. *Can J Comp Med*. 1973; 37: 25–32.

Vallée I, Ferte H, Jouet D, Polack B, Laine-Prade V, Mace P. Identification of the trematode *Alaria alata* in wild boar in east of France. *European Multikolloquium of Parasitology*. 2006.

Walters JC, Freeman RS, Shea M, Fallis AM. Penetration and Survival of Mesocercariae (*Alaria* spp.) in the mammalian eye. *Canad. J. Ophthal*. 1975; 10: 101–106.

Winkels L. Untersuchungen zum Nachweis von Mesozerkarien des Duncker'schen Muskelegels (*Alaria alata*) im Rahmen der amtlichen Fleischuntersuchung]. Leipzig: Universität Leipzig; 2013.

Wójcik AR, Franckiewicz-Grygon B, Zbikowska E. Badania nad inwazją *Alaria alata* (Goeze, 1782) w województwie kujawsko-pomorskim. *Wiadomości parazytologiczne*. 2001; 47: 423–426.

Wolfe A, Hogan S, Maguire D, Fitzpatrick C, Vaughan L, Wall D, Hayden TJ, Mulcahy G. Red foxes (*Vulpes vulpes*) in Ireland as hosts for parasites of potential zoonotic and veterinary significance. *The Veterinary record*. 2001; 149: 759–763.

Danksagungen

Das Forschungsprojekt „Prävalenz und Tenazität des Duncker’schen Muskelegels in verschiedenen Wildtierspezies in Sachsen“ (51-9210.71/145) wurde mit Mitteln des Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) gefördert.

Unser Dank gilt Frau Lia Kieker, Herrn Heiko Wellner sowie Herrn Lutz Gumpert für die technische Mitarbeit. Für die Unterstützung beim Probentransport möchten wir uns bei der sächsischen Landesuntersuchungsanstalt (LUA), im Besonderen bei Frau Regina Junker recht herzlich bedanken.

Wir möchten an dieser Stelle allen Veterinärämtern für ihre Unterstützung und engagierte Mitarbeit danken.

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt Bautzen, Bahnhofstr. 7, 02626 Bautzen

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt Chemnitz , Eslasser Str. 8, 09120 Chemnitz

Veterinär- und Lebensmittelüberwachungsamt Dresden, Burkersdorfer Weg 18, 01189 Dresden

Landratsamt Erzgebirgskreis, Referat Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt, Wettinerstr. 61 08280

Landratsamt Görlitz, Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt, Georgewitzer Straße 58, 02708 Löbau

Veterinär- und Lebensmittelaufsichtsamt Leipzig, Theodor-Heuss-Str. 43, 04328 Leipzig

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt Landkreis Leipzig, Stauffenbergstraße 4, 04552 Borna

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt Meißen, Dresdner Str. 25, 01662 Meißen

Landratsamt Mittelsachsen Abteilung 33 Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt,
Am Landratsamt 3, 09648 Mittweida

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt Nordsachsen,
Richard-Wagner Straße 17, 04509 Delitzsch

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinärdienst Sächsische Schweiz- Osterzgebirge,
Dr. - Friedrich- Str. 2, 01744 Dippoldiswalde

Landratsamt Vogtlandkreis, Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt,
Stephanstr. 9, 08606 Oelsnitz

Lebensmittelüberwachungs- und Veterinäramt Zwickau, Chemnitzer Str. 29, 08371
Glauchau