

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. Kurt Pfister

Angefertigt am Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz
(Dr. Lothar Hoffmann)

Dynamik des Zeckenbefalls bei Füchsen in Thüringen

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

von Elisabeth Louise Meyer-Kayser
aus Lima - Peru

München 2013

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Joachim Braun

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Kurt Pfister

Korreferent: Prof. Dr. Armin M Scholz

Tag der Promotion: 09.Februar 2013

Die vorliegende Arbeit wurde nach § 6 Abs. 2 der Promotionsordnung für die
Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München als
kumulative Dissertation gestaltet.

Meinen Kindern

Inhaltsverzeichnis

I.	EINLEITUNG	3
II.	LITERATURÜBERSICHT	4
1.	Der Rotfuchs (<i>Vulpes vulpes</i>).....	4
1.1.	Taxonomische Einordnung	4
1.2.	Geographische Verbreitung.....	4
1.3.	Füchse in Thüringen.....	4
1.4.	Epidemiologische Bedeutung.....	5
1.5.	Füchse und durch Zecken übertragbare Krankheitserreger.....	5
2.	Zecken/Zeckenfauna der Füchse	5
2.1.	Zeckenarten bei Füchsen in Deutschland.....	6
2.1.1.	<i>Ixodes ricinus</i>	6
2.1.1.1.	Habitat und Wirtsspektrum.....	6
2.1.1.2.	Entwicklung	7
2.1.1.3.	Durch <i>I. ricinus</i> übertragbare Erreger	7
2.1.2.	<i>Ixodes hexagonus</i> (<i>Ixodes (pholeoixodes) hexagonus</i> , Leach 1815).....	8
2.1.2.1.	Habitat und Wirtsspektrum.....	8
2.1.2.2.	Entwicklung	9
2.1.2.3.	Durch <i>I. hexagonus</i> übertragbare Erreger	9
2.1.3.	<i>Ixodes canisuga</i> (<i>Ixodes (pholeoixodes) canisuga</i> , Johnston 1849)	10
2.1.3.1.	Habitat und Wirtsspektrum.....	10
2.1.3.2.	Entwicklung	10
2.1.3.3.	Durch <i>I. canisuga</i> übertragbare Erreger.....	11
2.1.4.	<i>Dermacentor reticulatus</i> (Fabricius, 1740).....	11
2.1.4.1.	Habitat und Wirtsspektrum.....	11
2.1.4.2.	Entwicklung	12
2.1.4.3.	Durch <i>D. reticulatus</i> übertragbare Erreger.....	12
III.	MATERIAL UND METHODEN	13
1.	Untersuchungsmaterial.....	13
1.1.	Daten der Füchse	13
1.2.	Absammeln und Untersuchung der Zecken	13
2.	Statistische Analyse	14

2.1.	Statistische Auswertung der Hauptstudie (Modelle).....	14
2.2.	Statistische Auswertung der Nebenstudie (Hypothesentest).....	15
IV.	ERGEBNISSE	16
1.	Veröffentlichungen.....	16
1.1.	Veröffentlichung 1: Ticks and Tick-borne Diseases (2012), 232-239.....	17
1.2.	Veröffentlichung 2: Wien. Tierärztl. Mschr. - Vet. Med. Austria 98 (2011), 292 – 296	39
2.	Ausgewählte, mit Graphiken und Bildern dargestellte Ergebnisse, die nicht in den Publikationen erscheinen	51
V.	DISKUSSION	55
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	60
VII.	SUMMARY.....	61
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS.....	62
IX.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	69
X.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	70
XI.	ANHÄNGE	71
	Anhang 1	71
	Anhang 2	72
XII.	DANKSAGUNG	73

I. EINLEITUNG

Der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) ist unter den Wildtieren das häufigste Raubtier Europas. Außer seiner Bedeutung in der Übertragung von wichtigen Tierseuchen und Zoonosen ist der Rotfuchs, wie auch andere Wildtierarten, ein wichtiger Wirt von Zecken. In den letzten Jahren haben durch Zecken übertragbare Infektionskrankheiten in Deutschland, wie auch in anderen Ländern Europas stark an Bedeutung gewonnen (Süss et al., 2008).

Die Zeckenpopulation der Füchse in Thüringen wurde erstmals in einer Studie im Jahr 1994 untersucht und beschrieben (Liebisch et al., 1997). Dabei wurden *Ixodes ricinus*, *I. hexagonus* und *I. canisuga*-Zecken von erlegten Füchsen abgesammelt und bestimmt.

Der Fuchsbestand in Thüringen ist nach Angaben der Landesforstverwaltung Thüringen in den letzten 15 Jahren nicht gestiegen, doch die Angaben berücksichtigen nicht die Anzahl der Füchse, die in den Städten und urbanen Gebieten lebt. Wie in anderen Ländern Europas nimmt die Anzahl der urbanen Füchse in Thüringen kontinuierlich zu (Gloor et al., 2006, Klein, 2011). Dadurch steigt auch die Möglichkeit des direkten und indirekten Kontaktes zu Haustieren und zu den Menschen.

Mit dem Ziel, eine aktuelle Übersicht zum natürlichen Zeckenbefall der Füchse in Thüringen zu erstellen, wurden während des gesamten Jahres 2009 die an das TLV (Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz) in Bad Langensalza im Rahmen der Tollwutüberwachung angelieferten Füchse auf Zecken untersucht.

Die durchgeführten Untersuchungen sollen einen umfassenden Beitrag zur Dynamik des Zeckenbefalls der Füchse in Thüringen leisten. Das schließt die Jahresentwicklung der Zeckenpopulation bei Füchsen sowie mögliche Zusammenhänge zwischen den Variablen der Fuchspopulation und deren Zeckenbefall ein. Die Studie berücksichtigt auch den Zeckenbefall bei Füchsen mit klinisch manifester Räude.

Weiterhin soll diese Arbeit dazu beitragen, weitergehende Studien an durch Zecken übertragbaren Erreger durchzuführen und zu ermöglichen.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*)

1.1. Taxonomische Einordnung

Systematisch wird der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) in die Klasse der Säugetiere (*Mammalia*) eingeordnet und gehört zur Ordnung der Raubtiere (*Carnivora*), zur Familie der Hundartigen (*Canidae*), zur Gattung *Vulpes* und zur Art *Vulpes vulpes*.

1.2. Geographische Verbreitung

Der Rotfuchs verfügt über das größte natürliche Verbreitungsgebiet aller Säugetiere (MacDonald, 1993). Neben Europa sind auch Teile Nord- und Zentralasiens sowie Nordamerikas eingeschlossen. Der Rotfuchs besiedelt dank seiner hohen Anpassungsfähigkeit die unterschiedlichsten Lebensräume. Er kommt in Küstengebieten, Steppen- und Wüstenregionen, Gebirgen (bis 4500 m), Wald- und Parklandschaften, offenen Kulturlandschaften und in besiedelten Bereichen vor (MacDonald, 1993).

Die höchsten Fuchsdichten finden sich in den Städten (Gloor et al., 2006). Die Siedlungsgebiete der Menschen gelten als jagdberuhigte Zonen und bieten Füchsen ein reichliches Angebot an Nahrung (Gloor et al., 2006). Daher besteht die Möglichkeit von direkten und indirekten Kontakten zu zahlreichen Tierarten und auch zu den Menschen.

1.3. Füchse in Thüringen

Der Fuchsbestand in Thüringen für das Jahr 2009 (Überschneidung der Jagdjahre 2008/2009) wurde auf zirka 24.500 Tiere geschätzt (Quelle: Thüringer Landesforstverwaltung).

Der Fuchs ist flächendeckend in Thüringen verbreitet, auch in menschlichen Siedlungsgebieten, aus denen er nicht mehr wegzudenken ist (Kalla, 2010).

Nach Angaben der Landesforstverwaltung Thüringen des Jahres 2011 ist der Fuchsbestand in Thüringen in den letzten 15 Jahren nicht angestiegen, doch berücksichtigen die Angaben nicht die Füchse, die in den Städten und urbanen Gebieten leben. Die Anzahl der Füchse in besiedelten Gebieten nimmt in

Thüringen (Klein, 2011) so wie in anderen Ländern Europas kontinuierlich zu (Gloor et al., 2006).

1.4. Epidemiologische Bedeutung

Füchse spielen bekannterweise eine wichtige zoonotische Rolle, besonders bei der Tollwut und dem Auftreten des Fuchsbandwurms. Außerdem können Füchse zahlreiche Parasiten und Krankheitserreger an Haustiere und andere Wildtiere übertragen, die Krankheiten und Parasitosen bei diesen verursachen können, wie z. B. Staupe und die *Sarcoptes*-Räude.

1.5. Füchse und durch Zecken übertragbare Krankheitserreger

Die Rolle des Fuchses als Wirt von Zecken, ist im Hinblick auf die durch Zecken übertragbaren Krankheitserreger in Deutschland wenig erforscht.

Vor Beginn dieser Studie wurde bei Füchsen in Deutschland *Borrelia burgdorferi sensu lato* (Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Schöffel et al., 1991) und FSME-Virus (Wurm et al., 2000) mit verschiedenen diagnostischen Verfahren nachgewiesen. Inzwischen sind weitere Erreger von Gewebeproben von Füchsen aus Thüringen nachgewiesen worden (Najm et al., 2012).

In anderen europäischen Ländern wurden *Hepatozoon canis* und *Theileria annae* (Criado-Fornelio et al., 2003; Dezdek et al., 2010; Gimenez et al., 2009), *Anaplasma phagocytophilum* (Pusterla et al., 1999) und *Babesia canis* (Criado-Fornelio et al., 2003) bei Füchsen nachgewiesen.

2. Zecken/Zeckenfauna der Füchse

Zecken gehören zum Stamm Arthropoda, Unterstamm Amandibulata, Klasse Arachnidia, Unterklasse Acari, Ordnung Metastigmata.

Die Ordnung Metastigmata ist in drei Familien eingeteilt: Ixodidae, Argasidae und Nuttalliellidae (Eckert et al, 2008).

Zecken, die auf Füchsen parasitieren gehören zur Familie Ixodidae (Schildzecken), die in Europa hauptsächlich durch die Gattungen *Ixodes* und *Dermacentor* vertreten sind (Arthur, 1963; Hillyard, 1996).

2.1. Zeckenarten bei Füchsen in Deutschland

Zu der Gattung *Ixodes*, die in Deutschland bei Füchsen festgestellt worden ist, gehören die Zeckenarten *Ixodes ricinus*, *Ixodes hexagonus*, *Ixodes canisuga* (Cornely und Schultz 1992; Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Liebisch und Walter, 1986; Schöffel et al., 1991). Aus der Gattung *Dermacentor* ist *Dermacentor reticulatus* und aus der Gattung *Haemaphysalis* eine Nymphe von *Haemaphysalis concinna* beschrieben worden (Liebisch et al., 1997).

Gemeinsamkeit dieser Schildzecken ist der Entwicklungszyklus über 4 Stadien (Ei, sechsbeinige Larve, achtbeinige Nymphe und achtbeiniger Adult). Die Weiterentwicklung zum nächsten Stadium bedarf einer Blutmahlzeit (Dreiwirtigkeit). Danach häuten sie sich, bzw. die vollgesogenen Weibchen beginnen mit der Eiablage. Die Männchen sterben kurz nach der Paarung und die Weibchen nach der Eiablage ab (Arthur, 1963; Hillyard, 1996) (Abb. 1).

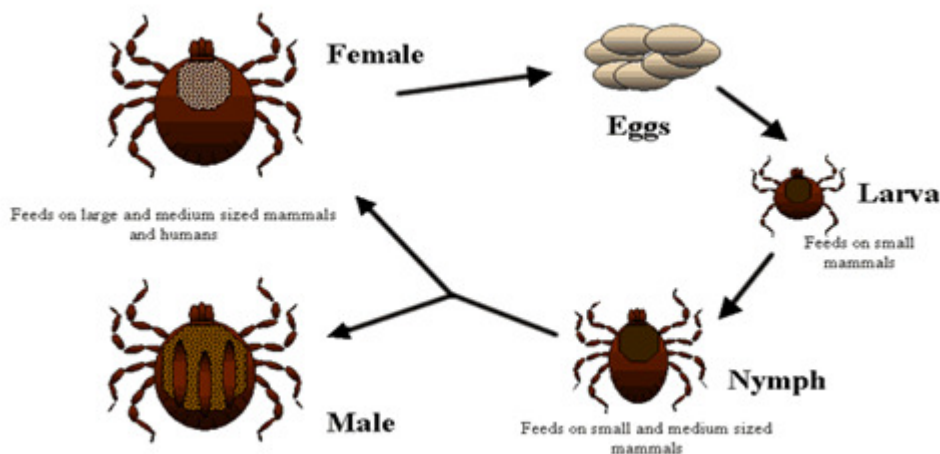


Abb. 1: Lebenszyklus der Zecken der Gattung *Ixodes*

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Life_cycle_of_ticks_family_ixodidae.PNG)

2.1.1. *Ixodes ricinus*

2.1.1.1. Habitat und Wirtspektrum

I. ricinus gehört zu den exophilen Zecken und ist die häufigste Zeckenart Europas. Sie kommt häufig in Laub- und Mischwald-Beständen mit viel Unterholz und an Waldrändern, aber auch in Natur- und Erholungsparks, vor. Ein feuchtes Mikrohabitat in der Vegetation und eine Humusschicht sind für ihre Entwicklung ebenso von Bedeutung, wie die Verfügbarkeit von Wirtstieren und deren Populationsdichte. Je dichter die Vegetationsmatte, desto größer die Zecken-

Bevölkerung (Eckert et al, 2008). Auch in Deutschland ist *I. ricinus* die häufigste und am meisten verbreitete Zeckenart (Süss et al., 2008).

I. ricinus ist in verschiedenen Habitaten weit verbreitet (euryök) und hat ein breites Wirtsspektrum (euryphag) (Liebisch und Liebisch, 1997), welches Menschen, Säugetiere, Vögel und Reptilien einschließt (Arthur, 1963; Hillyard, 1996).

2.1.1.2. Entwicklung

Ihre gesamte Entwicklung (Ei, Larve, Nymphe, Adult) dauert zwischen 1,5 bis 4-5 Jahre (Liebisch und Liebisch, 1997).

Die Blutmahlzeit dauert bei Larven 3-5 Tage, bei Nymphen 5-7 Tage und bei adulten Weibchen bis zu 13 Tage. Die Kopulation findet auf oder außerhalb des Wirtes statt (Hillyard, 1996). Nach der letzten Blutmahlzeit verkriechen sich die Weibchen in die Vegetation und legen während einem Monat bis zu 3000 Eier (Eckert et al, 2008).

Es besteht Saisonalität in ihrem Vorkommen. Die Aktivitätsphase beginnt bei Temperaturen ab 7°C (Gray, 1984) und dauert in der Regel von März bis Dezember. In den Aktivitätsphasen wandern die Zecken an den Pflanzen hoch und warten auf einen geeigneten Wirt.

2.1.1.3. Durch *I. ricinus* übertragbare Erreger

I. ricinus ist der bedeutendste Überträger von Krankheitserregern in Europa und Vektor von 95% der durch Zecken übertragbaren Krankheiten in Deutschland (Süss et al., 2008). Dazu gehören unter anderem verschiedene bedeutende Viren (FSME, Louping ill-Virus), Bakterien (*Borrelia burgdorferi* s. l. *Anaplasma phagocytophilum*, *Rickettsia helvetica* und Parasiten (insbesondere verschiedene Babesien Arten) (Eckert et al, 2008).

In *I. ricinus* Zecken die von Füchsen abgesammelt wurden, wurde in Deutschland in den vergangenen Jahren *B. burgdorferi* sensu lato nachgewiesen (Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997). Inzwischen wurden weitere Erreger aus abgesammelten *I. ricinus* Zecken von Füchsen aus Thüringen nachgewiesen (Najm et al., 2012).

I. ricinus-Zecken, die in Thüringen durch die Flagg-Methode gewonnen wurden, sind in verschiedenen Studien untersucht worden. Dabei konnte außer *B. burgdorferi* sensu lato (Hildebrandt et al., 2003; Hildebrandt et al., 2010b; Kipp et al., 2006), auch *A. phagocytophilum* (Hildebrandt et al., 2003; Hildebrandt et al., 2010a), *Rickettsia* spp. (Hildebrandt et al., 2010a), *Babesia* spp. (Hildebrandt et al., 2010b) und *Coxiella burnetii* (Hildebrandt et al., 2010c) durch molekulare Methoden nachgewiesen werden.

2.1.2. *Ixodes hexagonus* (*Ixodes (pholeoixodes) hexagonus*, Leach 1815)



Abb. 2: *Ixodes hexagonus* ♀ + ♂ (TLLV 2009)

2.1.2.1. Habitat und Wirtsspektrum

I. hexagonus (die Igelzecke) ist in West- und Mitteleuropa weitverbreitet, wo sie zum Teil als zweithäufigste Zeckenart nach *I. ricinus* auftritt (Arthur, 1963; Hillyard, 1996). Man findet sie in verschiedenen Umgebungen, z. B. im Wald und in Höhlen, aber auch in suburbanen und urbanen Gebieten.

I. hexagonus gehört zu den endophilen Zecken, deren Habitat Bauten oder Nester ihrer bevorzugten Wirte sind. Sie werden gewöhnlich auf dem Wirt oder in dessen Bau gefunden. Selten werden sie im nüchternen Zustand in der Nähe des Baues gefunden (Arthur, 1963).

I. hexagonus hat ein weniger ausgeprägtes Wirtsspektrum als *I. ricinus*. Die meisten ihrer Wirte sind Bewohner von Höhlen und Baue, wie Igel, Fuchs, Iltis, Dachs, aber auch andere Musteliden und Nagetiere (Arthur, 1963; Hillyard, 1996; Liebisch and Walter, 1986) und gelegentlich auch Hunde und Katzen (Földvári et al., 2005; Gothe et al., 1977; Odgen et al., 2000).

2.1.2.2. Entwicklung

Der Lebenszyklus von *I. hexagonus* dauert in der Regel 3 Jahre, kann aber auch etwas länger sein.

Als endophile Zecken sind sie von äußeren Klimabedingungen unabhängig und aufgrund der „Nestwärme“ sind alle Stadien das ganze Jahr über aktiv (Eckert et al, 2008).

Sämtliche Entwicklungsstadien parasitieren meistens an den gleichen Wirten, 6-7 Tage (Larven und Nymphen) und 8 Tage (Weibchen) (Arthur, 1963). Nach der letzten Blutmahlzeit verkriechen sich die Weibchen im Bau und legen innerhalb von 3 Wochen bis zu 1500 Eier. Die Männchen befallen in der Regel keinen Wirt, sondern bleiben im Bau um sich dort mit den vollgesogenen Weibchen zu paaren (Eckert et al, 2008).

2.1.2.3. Durch *I. hexagonus* übertragbare Erreger

Diese Zeckenart ist im Vergleich zu *Ixodes ricinus* auf durch Zecken übertragbare Erreger wenig untersucht worden.

Bis zum Jahr 2010 waren in Deutschland bei abgesammelten *I. hexagonus* Zecken vom Fuchs *B. burgdorferi* sensu lato (Liebisch et al., 1997) und vom Igel *A. phagocytophilum* nachgewiesen worden (Skuballa et al, 2010, Silaghi et al. 2012). Weitere Erreger wurden im Jahr 2011 aus *I. hexagonus*-Zecken von Füchsen aus Thüringen ermittelt (Najm et al., 2012).

2.1.3. *Ixodes canisuga* (*Ixodes (pholeoixodes) canisuga*, Johnston 1849)



Abb. 3 *Ixodes canisuga* ♀ + ♂ (TLLV 2009)

2.1.3.1. Habitat und Wirtsspektrum

I. canisuga (die Fuchszecke) gehört auch zu den endophilen Zecken. Sie ist in ganz Europa verbreitet, aber im Vergleich zu *I. hexagonus* in geringerer Zahl (Hillyard, 1996).

Alle Entwicklungsstadien von *I. canisuga* parasitieren an mittelgroßen bis großen Säugetieren, die Bewohner von Höhlen und Baue sind, besonders häufig an Fuchs und Dachs. Ihr Wirtsspektrum ist geringer als das von *I. hexagonus*. Diese Zeckenart ist auch auf einigen Musteliden und auf Hunden, z.B. Jagdhunde, die Kontakt zu Fuchsbauen hatten, gefunden worden. Bei Katzen ist sie ebenfalls beschrieben worden (Hillyard, 1996).

I. hexagonus und *I. canisuga* werden wegen ihres biologischen Verhaltens kaum durch die Flagg-Methode erfasst.

2.1.3.2. Entwicklung

I. canisuga ist ähnlich wie *I. hexagonus* das ganze Jahr über aktiv. Der Lebenszyklus dauert in der Regel 3 Jahre und alle Entwicklungsstadien befallen die gleichen Wirte.

I. canisuga Männchen sind jedoch noch seltener auf den Wirten zu finden als *I. hexagonus* Männchen (Arthur, 1963).

I. canisuga verfügt über eine relativ dicke Cuticula und toleriert trockenere Lebensbedingungen als *I. ricinus*. Ihr Körper ist dadurch zum Wachstum/Schwellung weniger geeignet. Daher sind ihre Mahlzeiten kürzer und die Eiproduktion geringer (< 800 Eier). Gesogene Weibchen verlassen ihren Wirt und legen die Eier in Spalten auf der Oberfläche der Baue ab (Arthur, 1963).

2.1.3.3. Durch *I. canisuga* übertragbare Erreger

Diese Zeckenart ist auf durch Zecken übertragbare Erreger hin sehr wenig erforscht worden.

Bis zum Jahr 2010 wurde in Deutschland nur *B. burgdorferi* sensu lato bei abgesammelten *I. canisuga* Zecken vom Fuchs nachgewiesen (Liebisch et al., 1997). Im Jahr 2011 wurden weitere Erreger aus *I. canisuga* Zecken von Füchsen aus Thüringen nachgewiesen (Najm et al., 2012).

2.1.4. *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1740)

2.1.4.1. Habitat und Wirtspektrum

D. reticulatus kommt in verschiedenen Ländern Europas häufig vor. Diese Zeckenart bewohnt Grasland, Weiden und Wald (Hillyard, 1996) und hat sich auch an Parklandschaften und städtische Agglomerationen adaptiert (Heile et al., 2006). Ähnlich wie bei *I. ricinus* muss sich diese Zeckenart für die Wirtsfindung auf der Vegetation aufhalten, und ist von den Klimabedingungen abhängig (Arthur 1963).

Adulte Exemplare dieser Zeckenart parasitieren auf verschiedenen großen und mittelgroßen Haus- und Wildsäugetieren, u.a. Hund, Pferd, Rind, Schaf, Reh, Fuchs, Hase und Igel. Teilweise ist sie bei Hunden die zweithäufigste Zeckenart (Dautel et al., 2006). Nymphen und Larven saugen an Nagern und kleinen Säugtieren (Immler, 1973).

Obwohl diese Zeckenart im Jahre 1994 bei Füchsen in Thüringen nicht festgestellt wurde, hat sie sich in den letzten Jahren in Deutschland weiter verbreitet (Heile et al., 2006; Dautel et al., 2006; Silaghi et al., 2011) und gehört inzwischen auch zu den endemischen Zeckenarten Deutschlands (Liebisch et al., 1997).

2.1.4.2. Entwicklung

D. reticulatus hat einen Ein- oder Zweijahreszyklus und kann, je nach individuellem Bedarf, einen zweiten Winter nüchtern verbringen. Diese Zeckenart tritt, ähnlich wie *I. ricinus*, deutlich saisonal auf (Hillyard, 1996).

Die Kopulation findet auf dem Wirt statt. Weibchen saugen 9-15 Tage Blut und danach verkriechen sie sich in die Vegetation, wo sie während 6-25 Tagen, 3000-4500 Eier ablegen (Arthur 1963).

2.1.4.3. Durch *D. reticulatus* übertragbare Erreger

Diese Zeckenart ist als Vektor verschiedener übertragbarer Krankheiten bekannt; insbesondere verschiedene Rickettsien- und Babesien Arten (Silaghi et al. 2011; Beelitz et al. 2012) In Deutschland wird *D. reticulatus* besonders mit der Übertragung der kaninen Babesiose assoziiert (Eckert et al, 2008). Aus abgesammelten *D. reticulatus* Zecken vom Fuchs wurde *B. burgdorferi* sensu lato nachgewiesen (Liebisch et al., 1997) und im Jahr 2011 wurden diese Zecken auf weitere Erreger untersucht (Najm et al., 2012).

III. MATERIAL UND METHODEN

1. Untersuchungsmaterial

Für diese Studie wurden die von den VLÜÄ und den Jägern eingesandten Füchse im Rahmen des Tollwutbekämpfungs- und Fuchsbandwurmüberwachungsprogramms vom 01.01.2009 bis zum 31.12.2009 im TLV Bad Langensalza, auf Zecken untersucht.

Die Daten über den Erlegungsort, das Anlieferungsdatum, sowie die Daten der Füchse wurden aus den eingesandten Formblättern entnommen. Die Daten zu den von jedem Fuchs abgesammelten Zecken wurden zu einem späteren Zeitpunkt auf dem Formblatt ergänzt. (Anlage 1 zeigt ein Beispiel eines ausgefüllten Formblatts).

Die gesamten Daten wurden in einer Excel-Datei festgehalten.

1.1. Daten der Füchse

Die zur Untersuchung angelieferten Füchse stammten aus allen Landkreisen und kreisfreien Städten Thüringens. Insgesamt wurden 1.286 Füchse, auf das Vorhandensein von Zecken untersucht. Gebalgte und stark verwesene Füchse wurden in die Untersuchung nicht einbezogen.

Die Daten über das Geschlecht, das Alter (fünf Altersgruppen, nach Abnutzung des Gebisses bestimmt), den Ernährungszustand (drei Kategorien) und gegebenenfalls besondere Bemerkungen (insbesondere klinisch manifeste Räude) wurden für jedes Tier dokumentiert.

1.2. Absammeln und Untersuchung der Zecken

Vor der Untersuchung auf Zecken wurden die Füchse aus Gründen des Arbeitsschutzes kurz in ein Wasserbad getaucht.

Die am häufigsten von Zecken befallenen Stellen am Fuchs (Kopf, Ohren, Hals, Nacken und Schulter), wurden sorgfältig auf Zecken untersucht. Andere Körperregionen wurden weniger intensiv auf das Vorhandensein von Zecken kontrolliert. Diese Untersuchungstechnik wurde bei allen Füchsen in gleichem Masse durchgeführt, um die Ergebnisse unter den Füchsen vergleichbar zu machen. Die Zecken wurden mit einer Pinzette abgesammelt und in

gekennzeichnete Röhrchen bei -20°C gelagert. Ohrenabschnitte, die stark mit Larven befallen waren (Abb. 4), wurden mit einer Schere entfernt und wie die Zecken gelagert.

Die eingesammelten Zecken wurden mit Ausnahme der Larven, nach Art, Entwicklungsstadium und Geschlecht differenziert. Dabei kamen die Bestimmungsunterlagen von Arthur (1963) und Morel und Perez (1973) zur Anwendung.



Abb. 4: Larvenbefall am Ohr vom Fuchs (TLLV 2009)

2. Statistische Analyse

2.1. Statistische Auswertung der Hauptstudie (Modelle)

Für die statistische Auswertung der Hauptstudie wurden die R Version 2.10.1 (R Development Core Team, 2009) und die R Version 2.13.0 (R Development Core Team, 2011) angewendet.

Ein generalisiertes lineares Modell mit Binominalverteilung und Logit-Link (logistische Regression) wurde verwendet, um den Zusammenhang verschiedener Kovariablen mit der Befallsprävalenz zu untersuchen. Für die Analyse der Befallsintensität wurde, um Überdispersion (was bedeutet, dass die Varianz größer ist als der Erwartungswert) zu berücksichtigen, ein generalisiertes lineares Modell mit Quasi-Poisson-Verteilung, und Log-Link herangezogen. Um gültige

p-Werte zu erhalten, wurden alle gesammelten Variablen in die Auswertung eingeschlossen, die möglicherweise die Zielgröße beeinflussen konnten. Zur Darstellung der monatlichen Befallsintensität wurden Boxplots verwendet.

Für die saisonale Auswertung wurden der Befall während der warmen Monate (April bis September) und der kalten Monate (von Januar bis März, Oktober bis Dezember) verglichen.

Der Befall mit *D. reticulatus* wurde wegen der geringen Befallsrate nicht detaillierter analysiert.

2.2. Statistische Auswertung der Nebenstudie (Hypothesentest)

Die statistische Analyse wurde mit R Version 2.10.1 (R Development Core Team, 2009) durchgeführt. Für den Vergleich der Befallsextenstäten zweier Gruppen (Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Füchsen) wurde der exakte Test von Fisher verwendet. Um die mittlere Befallsintensität von Werten in zwei Gruppen zu vergleichen, kam der Wilcoxon-Rangsummentest zum Einsatz, der zum Mann-Whitney-Test äquivalent ist.

IV. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse werden in zwei Veröffentlichungen präsentiert: eine Basisstudie über die Dynamik des Zeckenbefalls der Füchse in Thüringen im Jahr 2009 (**Veröffentlichung Nr. 1**) und ein gezielter Vergleich zwischen dem Zeckenbefall bei rüdigen und klinisch unauffälligen Füchsen (**Veröffentlichung Nr. 2**).

1. Veröffentlichungen

1.1. Veröffentlichung 1

**Dynamics of tick infestations in foxes in Thuringia,
Germany**

Elisabeth Meyer-Kayser¹, Lothar Hoffmann¹, Cornelia Silaghi², Kurt Pfister²,
Monia Mahling³, Lygia M.F. Passos^{2,4}

Ticks and Tick-borne Diseases (2012), 232-239.

1 Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz
(TLLV), Bad Langensalza, Germany

2 Institut für Vergleichende Tropenmedizin und Parasitologie, Ludwig-
Maximilians-Universität München, Munich, Germany

3 Statistisches Beratungslabor, Institut für Statistik, Ludwig-Maximilians-
Universität München, Munich, Germany

4 Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária-
UFMG, Belo Horizonte, Brazil

Dynamics of tick infestations in foxes in Thuringia, Germany

Elisabeth Meyer-Kayser¹, Lothar Hoffmann¹, Cornelia Silaghi², Kurt Pfister²,
Monia Mahling³, Lygia M.F. Passos^{2,4}

1 Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz
(TLLV), Bad Langensalza, Germany

2 Institut für Vergleichende Tropenmedizin und Parasitologie, Ludwig-
Maximilians-Universität München, Munich, Germany

3 Statistisches Beratungslabor, Institut für Statistik, Ludwig-Maximilians-
Universität München, Munich, Germany

4 Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária-
UFMG, Belo Horizonte, Brazil

Corresponding author:

Lygia M.F. Passos

Chair of Comparative Tropical Medicine and Parasitology

Leopoldstraße 5

80802 Munich

Germany

Tel.: +49 89 21 80 35 14

Fax: +49 89 21 80 36 23

E-mail address: Lygia.Passos@lmu.de

ABSTRACT

This study aimed to provide up-to-date information on the dynamics of tick infestations on foxes in Thuringia, as the most recent information available was published in 1997. Fox carcasses that had been sent to the Thuringian State Authority for Food Safety and Consumer Protection (Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz – TLLV), between January 1st and December 31st, 2009, were examined for the presence of ticks. All ticks collected were stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ before being identified and classified according to their developmental stage and sex. Out of a total of 1286 foxes examined, 989 (76.9%) were infested with ticks. A total of 13,227 ticks were collected from the foxes. The stage most frequently found was the larva (48.1%), followed by the adult (34.1%), and the nymphal stage (17.8%). Regarding the adult stage, *Ixodes ricinus* was the most frequent tick species detected (82.2%), followed by *I. canisuga* (10.8%) and *I. hexagonus* (6.7%). *Dermacentor reticulatus* ticks were very rare (0.3%). With regard to nymphs, *I. canisuga* and *I. hexagonus* were the most frequent tick species found, and this was also assumed for the larval stage. The results indicate the occurrence of tick infestations in foxes throughout the year, mainly by *I. ricinus*, *I. canisuga*, and *I. hexagonus*, with seasonal variations. Foxes were infested by *I. ricinus* ticks significantly more frequently from April to September. This applied to all tick developmental stages, but especially to adults. In contrast to *I. ricinus*, the infestation of foxes with *I. canisuga* and *I. hexagonus* was significantly higher from January to March and from October to December, especially with the immature developmental stages.

Keywords: *Ixodes ricinus*, *Ixodes hexagonus*, *Ixodes canisuga*, *Dermacentor reticulatus*, red fox

Introduction

Among wild animals, the red fox (*Vulpes vulpes*) is the most common predator in Europe. As well as playing an important role in the transmission of several animal diseases and zoonoses, the red fox is one amongst many tick hosts in the environment. As in other European countries, interest in tick-borne diseases has been steadily growing in recent years in Germany (Süss et al., 2008).

The most recent information on tick populations on foxes in Thuringia dates back to 1997 (Liebisch et al., 1997). According to the State Forestry Administration of Thuringia, the number of foxes in Thuringia has not risen in the past 15 years, but the fox stock calculation does not consider foxes that live in cities and suburban areas. The number of urban foxes in Thuringia (Kalla, 2010) as well as in other European regions (Gloor et al., 2006) has been increasing continuously and thus the possibility of direct and indirect contact with domestic animals and humans has also increased.

Ticks infesting foxes belong to the family Ixodidae, represented in Central Europe mainly by the genera *Ixodes* and *Dermacentor* (Arthur, 1963; Hillyard, 1996). In Germany, *I. ricinus*, *I. hexagonus*, and *I. canisuga* have been recorded on foxes (Cornely and Schultz, 1992; Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Liebisch and Walter, 1986; Schöffel et al., 1991). *Dermacentor reticulatus* and *Haemaphysalis concinna* were occasionally found (Liebisch et al., 1997).

I. ricinus is the most common and widespread tick species in Europe. It has a very wide range of hosts, including humans, mammals, birds, and reptiles (Hillyard, 1996), and it is the most important vector of tick-borne diseases in Europe (Süss et al., 2008). The seasonal activity of these ticks depends on weather conditions. Temperatures of 7 °C are sufficient for their activation (Gray, 1984).

I. hexagonus (the hedgehog tick) and *I. canisuga* (the fox tick) have a narrower range of hosts. Most of the hosts are residents of caves and burrows, such as hedgehogs, foxes, polecats, and badgers, but also other Mustelidae, rodents (Arthur, 1963; Hillyard, 1996), and occasionally dogs and cats serve as hosts (Földvári and Farkas, 2005; Gothe et al., 1977; Odgen et al., 2000). These ticks spend the time between their blood meals in the burrows of their hosts, regardless of outside weather conditions. Due to the microclimate of the nest, they are active

throughout the year (Arthur, 1963). In comparison to *I. ricinus*, they have seldom been examined for tick-borne disease agents.

In the previous study from 1997 (Liebisch et al., 1997), *I. ricinus*, *I. hexagonus*, and *I. canisuga* ticks were collected from hunted foxes in Thuringia. Although *D. reticulatus* was not found on foxes in Thuringia at that time, it is known to be endemic in Germany (Heile et al., 2006). It is present in several European countries, and it has become more widespread in recent years (Dautel et al., 2006; Heile et al., 2006; Silaghi et al., 2011), being the second most common tick species infesting dogs (Dautel et al., 2006). As for *I. ricinus*, the adults of this tick must stay on the vegetation and are therefore dependent on weather conditions (Heile et al., 2006).

As the most recent data on ticks of foxes in Thuringia dates back to nearly 15 years ago (Liebisch et al., 1997), the aim of this study was to provide new information about the tick populations infesting foxes in Thuringia and their dynamics over a whole year.

Materials and methods

Fox carcasses sent to the Thuringian State Authority for Food Safety and Consumer Protection (TLLV) by official veterinarians and hunters in Thuringia between 1st January and 31st December 2009 were examined for tick infestation within the scope of the rabies and fox tapeworm monitoring programmes.

Foxes can be hunted in Germany all year round, except for some restrictions during the breeding season (March 1st to June 15th). Autumn and especially winter are the preferred seasons for fox hunting.

Number and origin of foxes

During the experimental period, a total of 1286 foxes were examined, however, the monthly number of submitted fox carcasses was strongly influenced by the hunting season. The highest number of foxes was submitted in January (299 foxes) and the lowest in May (26 foxes). About 3 quarters of the foxes were submitted during the colder months (January to March and October to December) and one quarter during the warmer months (April to September).

Carcasses were packed in individual plastic bags and had an official identification form, detailing the place and date of death by hunting or accident. Carcasses that

could not be dispatched to the laboratory at short notice were kept frozen until examination.

Data on the gender, age range, nutritional condition and special remarks were determined and recorded in individual files. The age range was estimated by tooth wear (Wagenknecht, 1984), and the foxes were divided into 5 age groups: puppies, young foxes, 1–2, 2–3 and >3 years old. The nutritional condition was estimated mainly by considering the subcutaneous fat deposition that covers the bony prominences on carcasses (especially ribs, pelvis, back-bone, and shoulder). Foxes with unobservable, moderately visible, or pronounced bony prominences were accordingly classified into the 3 groups good, normal, and poor body condition.

Since the objective of the study focused on tick populations of foxes, clinically manifest scabies was registered only as a special remark, without further details or additional investigation. However, a few carcasses were examined in more detail, and sarcoptic mange was the only type of mite infestation detected.

Collection and examination of samples

After removal from the bag, each carcass was briefly immersed in a container of water in order to prevent the inhalation of pathogenic dust during the examination and the removal of ticks. The body areas preferred by ticks (head, ears, neck, and shoulders), were examined carefully and all attached ticks were removed using tweezers, placed into identifiable tubes and stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ticks were classified according to their developmental stage and, except for larvae, the tick species was identified using several identification keys (Arthur, 1963; Morel and Perez, 1973).

Statistical analysis

For statistical analysis, R version 2.10.1 (R Development Core Team R, 2009) and R version 2.13.0 (R Development Core Team R, 2011) were used.

A generalised linear model with binominal distribution and logit link (logistic regression) was used to evaluate the effects of several covariates on the infestation prevalence. For the analysis of the infestation intensity, a generalised linear model with quasi-poisson distribution, which accounts for overdispersion, and log link was used. In order to obtain valid *p* values, no model selection was performed

(Hurvich and Tsai, 1990). Instead, we included all collected variables in the evaluation which could conceivably have influenced the target values (Tables 3 and 4). No explanatory variables have been removed from the model afterwards.

Boxplots were performed to display the monthly infestation intensity of each tick species. For seasonal evaluation, infestations during the warm months (April to September) and the cold months (January to March, October to December) were considered. Infestation with *D. reticulatus* was not analysed due to the low infestation prevalence

Results

Fox population and tick infestation

The population of foxes in Thuringia in 2009, overlapping the hunting years 2008/2009 and 2009/2010, was estimated to be approximately 24,500 animals (source: State Forestry Administration of Thuringia). Thus, the number of examined foxes (n = 1286) represents a sample of an estimated 5.2% of the local fox population.

A total of 989 (76.9%) out of the 1286 foxes examined was infested by ticks. The origin of the infested foxes, as determined through the zip code of the site where they were collected, indicates a broad distribution throughout Thuringia. In relation to gender, 683 of the foxes were male and 603 were female; both genders had a similar prevalence of tick infestation. With reference to the nutritional condition, most of the submitted foxes were classified as having normal body condition (n = 1016; 79.0%), followed by good (n = 156; 12.1%) and poor body condition (n = 114; 8.9%).

The most frequent age group was 1–2 years old (n = 591; 46.0%), followed by young foxes (n = 436; 33.9%), 2–3 years old (n = 120; 9.3%), >3 years old (n = 94; 7.3%), and finally puppies (n = 45; 3.5%).

A total of 13,227 specimens of ticks was collected during the experimental period; the stage most frequently found was the larva, followed by adults and nymphs. With regard to the tick species, the most frequent adult tick species was *I. ricinus*, followed by *I. canisuga* and *I. hexagonus*. *D. reticulatus* appeared very rarely with a restricted geographic distribution (only in the east and north of Thuringia).

Nymphal stages were identified most frequently as *I. canisuga*, then *I. hexagonus* and lastly *I. ricinus*. Nymphs of *D. reticulatus* were not found, and some of the nymphs could only be identified as *Ixodes* species, mainly due to damage or excessive desiccation (Table 1).

With regard to the gender of the ticks, *D. reticulatus* had the high-est male/female ratio, followed by *I. ricinus*. Males of *I. hexagonus* were rarely found, and only one *I. canisuga* male was collected during the year (Table 1).

Table 1
Tick load on foxes examined from January to December 2009 in Thuringia, Germany.

Tick species	Number of specimens	Percentage	Males	Females	Male/female ratio (%)
Adults					
<i>I. ricinus</i>	3711	82.23	766	2,945	20.6/79.4
<i>I. canisuga</i>	486	10.77	1	485	0.2/99.8
<i>I. hexagonus</i>	303	6.71	4	299	1.3/98.7
<i>D. reticulatus</i>	13	0.29	6	7	46.2/53.8
Nymphs					
<i>I. ricinus</i>	196	8.31			
<i>I. canisuga</i>	1162	49.28			
<i>I. hexagonus</i>	839	35.58			
<i>Ixodes</i> spp.	161	6.83			
Larvae					
<i>Ixodes</i> spp.	6356				
Total	13,227				

The distribution of the infestation level frequency was overdispersed. Most of the foxes were infested with a small number of ticks (Fig. 1).

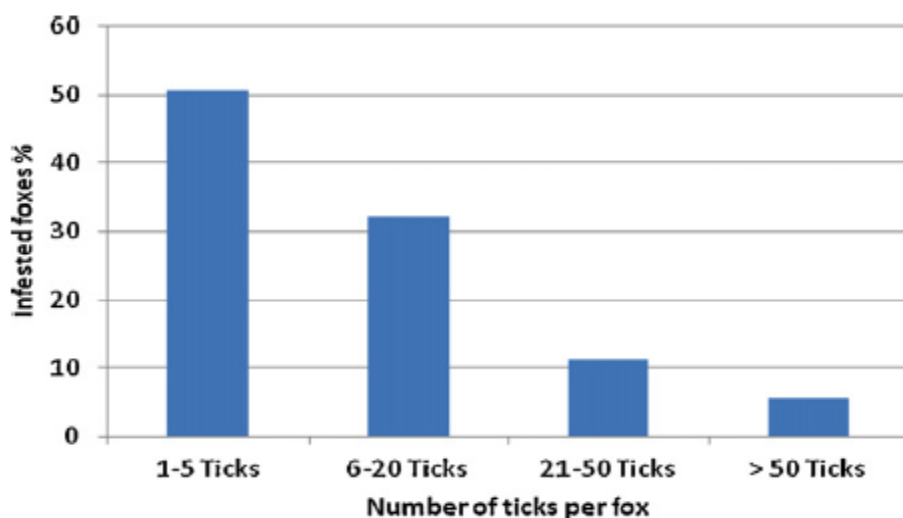


Fig. 1. Distribution of infestation level frequency.

Over 50% of the infested foxes were infested by different developmental stages of ticks at the same time, and mixed species infestations were found in 23.8% of the infested foxes (Table 2). Since larvae were not differentiated, it is assumed that the proportion of mixed infestations was much higher.

A total of 92 (7.2%) foxes had macroscopically diagnosed scabies. The tick infestation prevalence in these animals was higher ($n = 76$; 82.6%) and the intensity of infestation was also higher (2540 ticks/76 foxes) than for foxes without clinically apparent scabies.

Table 2

Tick infestations according to developmental stage and species on foxes examined from January to December 2009 in Thuringia, Germany.

Infestations with different developmental stages	Number of foxes	Percentage
Adults and larvae	63	6.4
Adults and nymphs	161	16.2
Nymphs and larvae	142	14.4
Adults, nymphs, and larvae	142	14.4
Total no. of co-infestations	508	51.4
Mixed infestations		
<i>I. ricinus</i> and <i>I. canisuga</i>	72	7.3
<i>I. ricinus</i> and <i>I. hexagonus</i>	49	4.9
<i>I. canisuga</i> and <i>I. hexagonus</i>	72	7.3
<i>D. reticulatus</i> and <i>I. canisuga</i>	3	0.3
<i>D. reticulatus</i> and <i>I. ricinus</i>	3	0.3
<i>I. ricinus</i> , <i>I. canisuga</i> , and <i>I. hexagonus</i>	36	3.6
Total mixed infestations	235	23.7

Seasonal dynamics of tick infestation (prevalence and infestation intensity)

For seasonal evaluation, infestations during the warm months (April to September) and the cold months (January to March, October to December) were considered.

For the calculation of the monthly dynamics of infestation intensity, only those foxes that were infested with at least one tick of the respective tick species and development stage were considered.

I. ricinus adults infested foxes significantly more frequently during the warm months (Fig. 2, Table 3), and the seasonal variation in the infestation intensity was also significant for this tick species (Fig. 3, Table 3). Infestations with *I. ricinus* nymphs were comparatively low and as with adults, significantly more frequent during the warm months (Figs. 2 and 3, Table 4).

I. hexagonus adults infested foxes throughout the year (Fig. 2, Table 3). However, the infestation intensity during the year was mostly low, without significant differences between warm and cold months (Fig. 3, Table 3). The prevalence of infestation of foxes with *I. hexagonus* nymphs was higher than the infestation with adults and significantly higher during the cold months (Fig. 2, Table 4). No significant differences were observed in the intensity of infestation with these nymphs (Fig. 3, Table 4).

I. canisuga adults infested foxes during the year with a low intensity and were absent during May and July, but infestation was significantly higher during the cold months (Fig. 2, Table 3). The prevalence of infestation with *I. canisuga* nymphs was higher than with adults and also significantly higher during the cold than in the warm months (Fig. 2, Table 4). The intensity of infestation with both developmental stages (nymph, adult) showed no statistically significant differences between warm and cold months (Fig. 3, Tables 3 and 4).

The infestation with larvae was statistically significantly higher during the cold months than during the warm months; the intensity of infestation was also significantly higher during the cold months (Figs. 2 and 3, Table 4).

The infestation with adults of *D. reticulatus* was too low to detect any trends.

Host-associated factors in relation to prevalence and infestation intensity

The effect of sex, nutritional condition, age, and macroscopically diagnosed scabies on infestation with the different tick species and their developmental stages was evaluated. Only statistically significant results were considered.

For the evaluation of the models, a reference group for each variable was selected. For variables with more than 2 groups (age and nutritional condition), the groups 'older than 3 years' and 'good nutritional condition' were defined as reference groups.

The prevalence of infestation with *I. ricinus* adults was found to be significantly lower in female foxes. Puppies and foxes aged 1–2 years were significantly less affected with these ticks than the reference category, foxes which were older than 3 years. The intensity of infestation with *I. ricinus* adults was significantly lower in puppies and young foxes than the reference category, foxes that were older than 3 years (Table 3). The prevalence of infestation with *I. ricinus* nymphs was the

opposite of that seen with *I. ricinus* adults; it was significantly higher in female foxes, and no significant differences were observed between the different age groups (Table 4).

The prevalence of infestation with *I. hexagonus* adults was only found to be significantly higher for foxes with macroscopically diagnosed scabies. The intensity of infestation with these ticks was low throughout the year, and no significant differences were observed in relation to the different parameters (Table 3). *I. hexagonus* nymphs were found to be significantly more frequently and more intensively infesting foxes with macroscopically diagnosed scabies (Table 4).

Table 3

Statistical evaluation of seasonal tick dynamics and host-associated factors with regard to prevalence and infestation intensity of adult ticks. For each tick species, a generalized linear model with the covariates sex, nutritional condition, age, macroscopically diagnosed scabies, and season was performed. For the prevalence, the table gives the estimated odds ratios with 95% confidence interval from the logistic model. For the infestation intensity, the estimated effects of the covariates (the coefficients) and the corresponding standard errors from the quasi-poisson model are displayed. For season, a negative effect means that the infestation rate was higher in warm months (April to September), whereas a positive effect means that it was higher in cold months (January to March, October to December). Intercepts are not shown.

Tick species (stage)	Parameter	Prevalence			Infestation intensity		
		Odds ratio (95% C.I.)	Coefficient	p-Value	Coefficient	Standard error	p-Value
<i>I. ricinus</i> (adults)	Sex: female	0.705 (0.522–0.952)	–0.349	0.0226*	–0.437	0.975	0.6538
	NC: normal	0.711 (0.474–1.067)	–0.341	0.0997	0.004	0.205	0.9848
	NC: bad	0.910 (0.473–1.748)	–0.095	0.7767	–0.037	0.274	0.8914
	NC: good	Reference group					
	Age: 1–2 yrs	0.500 (0.292–0.856)	–0.693	0.0115*	0.112	0.188	0.5516
	Age: 2–3 yrs	0.713 (0.361–1.408)	–0.338	0.3300	0.185	0.216	0.3920
	Age: young fox	0.768 (0.448–1.317)	–0.264	0.3374	–0.417	0.209	0.0461*
	Age: puppies	0.147 (0.056–0.382)	–1.920	<0.001***	–0.920	0.290	0.0016**
	Age: >3 yrs	Reference group					
	Scabies	0.690 (0.361–1.320)	–0.371	0.2619	0.136	0.206	0.5107
	Season	0.018 (0.011–0.030)	–4.016	<0.001***	–1.184	0.131	<0.001***
	<i>I. canisuga</i> (adults)	Sex: female	1.138 (0.754–1.719)	0.130	0.5375	0.249	0.363
NC: normal		1.505 (0.756–2.995)	0.409	0.2444	0.274	0.929	0.7690
NC: bad		1.858 (0.728–4.741)	0.619	0.1950	1.178	1.012	0.2472
NC: good		Reference group					
Age: 1–2 yrs		1.884 (0.779–4.558)	0.634	0.1597	0.328	1.169	0.7798
Age: 2–3 yrs		1.991 (0.706–5.614)	0.689	0.1930	1.534	1.195	0.2024
Age: young fox		1.043 (0.415–2.623)	0.042	0.9284	0.908	1.164	0.4372
Age: puppies		1.260 (0.131–12.141)	0.231	0.8417	1.272	2.420	0.6004
Age: >3 yrs		Reference group					
Scabies		2.286 (1.163–4.496)	0.827	0.0165*	1.513	0.477	0.0020**
Season		4.426 (2.106–9.303)	1.487	<0.001***	0.102	0.653	0.8764
<i>I. hexagonus</i> (adults)		Sex: female	1.285 (0.868–1.903)	0.251	0.211	0.122	0.203
	NC: normal	1.252 (0.606–2.587)	0.255	0.543	0.005	0.434	0.9905
	NC: bad	1.871 (0.761–4.596)	0.626	0.172	0.858	0.518	0.1000
	NC: good	Reference group					
	Age: 1–2 yrs	0.710 (0.356–1.418)	–0.342	0.332	0.738	0.410	0.0744
	Age: 2–3 yrs	0.952 (0.405–2.240)	–0.049	0.910	0.654	0.453	0.1517
	Age: young fox	0.574 (0.278–1.185)	–0.554	0.133	0.421	0.427	0.3256
	Age: puppies	1.513 (0.535–4.283)	0.414	0.435	0.757	0.635	0.2354
	Age: >3 yrs	Reference group					
	Scabies	4.974 (2.808–8.811)	1.604	<0.001***	0.181	0.293	0.5384
	Season	0.771 (0.488–1.217)	–0.260	0.264	0.456	0.243	0.0627

*p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001.

Table 4

Statistical evaluation of seasonal tick dynamics and host-associated factors with regard to prevalence and infestation intensity of nymphs and larvae. For each tick species, a generalized linear model with the covariates sex, nutritional condition, age, macroscopically diagnosed scabies, and season was performed. For the prevalence, the table gives the estimated odds ratios with 95% confidence interval from the logistic model. For the infestation intensity, the estimated effects of the covariates (the coefficients) and the corresponding standard errors from the quasi-poisson model are displayed. For season, a negative effect means that the infestation rate was higher in warm months (April to September), whereas a positive effect means that it was higher in cold months (January to March, October to December). Intercepts are not shown.

Tick species (stage)	Parameter	Prevalence			Infestation intensity		
		Odds ratio (95% C.I.)	Coefficient	p-Value	Coefficient	Standard error	p-Value
<i>I. ricinus</i> (nymphs)	Sex: female	1.581 (1.043-2.396)	0.458	0.0308*	-0.019	0.144	0.8927
	NC: normal	0.785 (0.385-1.602)	-0.242	0.5060	0.036	0.300	0.9050
	NC: bad	0.856 (0.305-2.405)	-0.155	0.7681	0.329	0.367	0.3718
	NC: good	Reference group					
	Age: 1-2 yrs	0.984 (0.437-2.214)	-0.017	0.9680	0.152	0.298	0.6107
	Age: 2-3 yrs	0.762 (0.270-2.153)	-0.272	0.6075	0.259	0.370	0.4862
	Age: young fox	0.921 (0.398-2.137)	-0.082	0.8478	0.430	0.305	0.1611
	Age: puppies	0.978 (0.339-2.816)	-0.027	0.9665	0.007	0.361	0.9844
	Age: >3 yrs	Reference group					
	Scabies	0.630 (0.234-1.692)	-0.463	0.3592	-0.170	0.300	0.5736
	Season	0.184 (0.119-0.285)	-1.691	<0.001***	-0.536	0.164	0.0015**
	<i>I. canisuga</i> (nymphs)	Sex: female	1.373 (1.038-1.816)	0.317	0.0263*	0.121	0.202
NC: normal		0.869 (0.573-1.317)	-0.141	0.5076	-0.240	0.315	0.4472
NC: bad		1.243 (0.677-2.284)	0.218	0.4826	0.342	0.425	0.4222
NC: good		Reference group					
Age: 1-2 yrs		0.760 (0.456-1.264)	-2.275	0.2901	0.397	0.392	0.3122
Age: 2-3 yrs		0.750 (0.388-1.446)	-0.288	0.3900	0.151	0.511	0.7677
Age: young fox		0.791 (0.470-1.330)	-0.235	0.3760	0.227	0.396	0.5677
Age: puppies		0.800 (0.298-2.144)	-0.223	0.6573	-0.531	1.066	0.6190
Age: >3 yrs		Reference group					
Scabies		1.965 (1.177-3.278)	0.675	0.0098**	0.618	0.317	0.0527
Season		1.638 (1.129-2.375)	0.493	0.0093**	-0.032	0.270	0.9063
<i>I. hexagonus</i> (nymphs)		Sex: female	1.216 (0.889-1.665)	0.196	0.2214	0.211	0.239
	NC: normal	1.009 (0.625-1.629)	0.009	0.9700	0.490	0.488	0.3172
	NC: bad	0.607 (0.284-1.296)	-0.499	0.1972	0.710	0.593	0.2329
	NC: good	Reference group					
	Age: 1-2 yrs	0.667 (0.385-1.157)	-0.405	0.1497	0.443	0.463	0.3393
	Age: 2-3 yrs	0.618 (0.297-1.286)	-0.481	0.1981	0.353	0.660	0.5928
	Age: young fox	0.570 (0.322-1.007)	-0.564	0.0530	0.425	0.478	0.3746
	Age: puppies	2.158 (0.867-5.372)	0.769	0.0983	1.237	0.656	0.0607
	Age: >3 yrs	Reference group					
	Scabies	2.482 (1.402-4.395)	0.909	0.0018**	0.992	0.297	0.0010**
	Season	1.760 (1.139-2.720)	0.565	0.0109*	0.333	0.380	0.3814
	Larvae (<i>Ixodes</i> spp)	Sex: female	1.147 (0.903-1.458)	0.137	0.2607	0.304	0.166
NC: normal		1.143 (0.799-1.635)	0.134	0.4635	0.583	0.322	0.0707
NC: bad		1.038 (0.596-1.808)	0.037	0.8958	0.429	0.411	0.2965
NC: good		Reference group					
Age: 1-2 yrs		1.134 (0.712-0.806)	0.126	0.5958	-0.136	0.301	0.6521
Age: 2-3 yrs		1.306 (0.733-2.326)	0.267	0.3655	-0.291	0.419	0.4873
Age: young fox		0.988 (0.614-1.590)	-0.012	0.9617	0.024	0.302	0.9373
Age: puppies		2.331 (1.037-5.243)	0.847	0.0406*	-0.577	0.954	0.5453
Age: >3 yrs		Reference group					
Scabies		1.843 (1.132-3.002)	0.612	0.0140*	0.961	0.230	<0.001***
Season		3.181 (2.279-4.439)	1.157	<0.001***	0.970	0.359	0.0071**

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

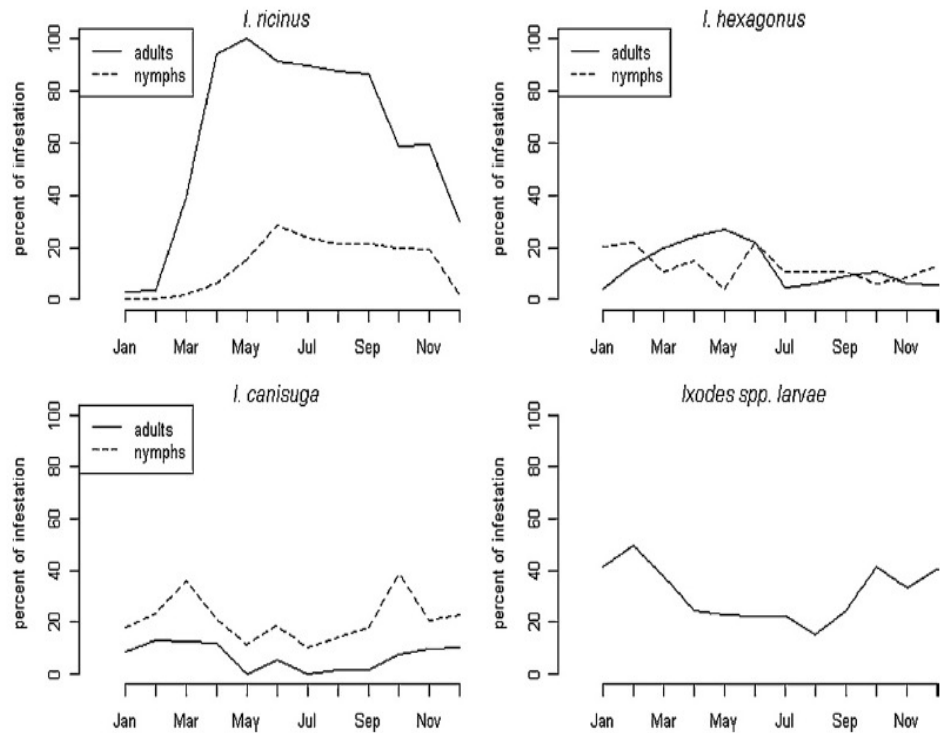


Fig. 2. Monthly infestation rates (prevalence) of *Ixodes ricinus* (adults and nymphs), *I. hexagonus* (adults and nymphs), *I. canisuga* (adults and nymphs) and *Ixodes* spp. larvae on red foxes (*Vulpes vulpes*), from January to December 2009 in Thuringia, Germany.

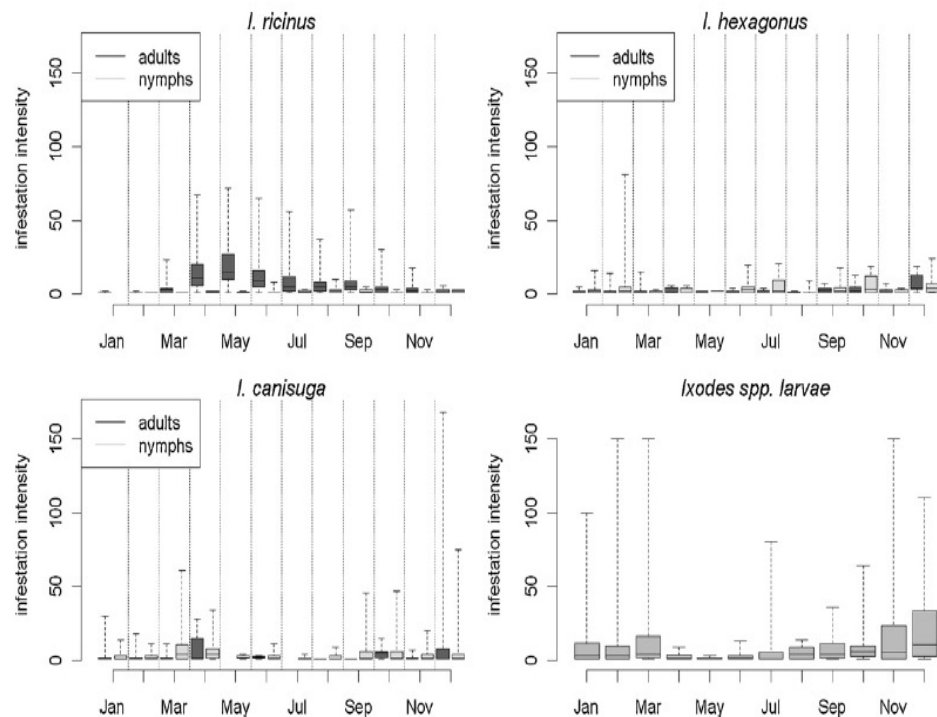


Fig. 3. Boxplots demonstrating the monthly infestation intensity of adults and nymphs of *Ixodes ricinus*, *I. hexagonus* and *I. canisuga*, and larvae of *Ixodes* spp. on red foxes (*Vulpes vulpes*) from January to December 2009 in Thuringia, Germany. Each boxplot illustrates the median (solid line), the 25% and the 75% quantile (lower and upper border), and the minimal and maximal value (whiskers above and below boxplots) for each tick group for each month. Note that no *I. ricinus* nymphs were observed only in January and no *I. canisuga* adults were observed in May and July.

I. canisuga adults infested foxes with macroscopically diagnosed scabies significantly more frequently and intensively than foxes without clinically apparent scabies (Table 3).

The prevalence of infestation with *I. canisuga* nymphs was significantly higher in female foxes and, as with *I. canisuga* adults, these nymphs were found significantly more frequently infesting foxes with macroscopically diagnosed scabies (Table 4).

Respecting larvae, the infestation prevalence was significantly higher in the puppies and in foxes with macroscopically diagnosed scabies. The intensity of infestation with larvae was significantly higher in foxes with macroscopically diagnosed scabies (Table 4).

Discussion

In the present study, 1286 fox carcasses from all districts of Thuringia were examined during the period between January 1st and December 31st, 2009, for the presence of ticks. The results demonstrate seasonal variations and some associations between variables of foxes and their tick populations.

As expected, the infestation of foxes with *I. ricinus* ticks coincides with the seasonal activity of this tick species (Gray, 1984).

The significant seasonal differences in the infestation prevalence during the cold months for *I. hexagonus* nymphs, *I. canisuga* adults and nymphs is probably associated with the periods when foxes were most actively visiting dens (January to March, October to December) (Harris, 1978).

Due to the great similarities between *I. canisuga* and *I. hexagonus* larvae and the damage that occurred to a proportion of them after detaching them from their hosts, it was not possible to clearly differentiate these 2 species as larvae. However, previous studies in Germany (Liebisch et al., 1997) as well as other related studies carried out in England and France (Aubert, 1976; Harris, 1978), identified larvae collected from foxes mainly as *I. canisuga* and *I. hexagonus*. *I. ricinus* larvae could be clearly distinguished in the present study from the other larvae. During the warm months (April to September), only 30 *I. ricinus* larvae were collected from a total of 16 foxes. Consequently, they are not associated with the numerous larvae observed during the cold months (January to March,

October to December). Therefore, it can be assumed that the collected larvae were mainly *I. canisuga* and *I. hexagonus*, which was probably also associated with the periods when foxes were most actively exploring and using dens (January to March, October to December) (Harris, 1978). Aubert (1976) concluded in his study that infestations with *I. hexagonus* and *I. canisuga* depend on the frequency of visits by foxes to soil, which also seems to be the case with our results.

Foxes with macroscopically diagnosed scabies were more often and more intensively infested with the endophilic tick species *I. canisuga* and *I. hexagonus*. No significant difference was observed in the proportion of foxes with scabies between the warm months (April to September) and the cold months (January to March, October to December). These results are similar to those of a preceding study (Meyer-Kayser et al., 2011), obtained by the application of the simple significance test to compare tick infestation between foxes with and without scabies, and they can be most likely explained by a previous observation (Oversauk, 1994). Oversauk stated that foxes with scabies visit dens more often and spend longer periods of time in dens than those not affected by scabies. Moreover, the general weakness and immunosuppression due to scabies makes foxes possibly more vulnerable to tick infestation.

With regard to variables concerning the fox population in association with the tick populations infesting them, most of the results can be explained by the specific behavior of foxes with regard to the frequency of using dens.

Female foxes had significantly lower infestation prevalence with *I. ricinus* adults and significantly higher infestation prevalence with *I. canisuga* nymphs. These results may well be associated with the frequent use of dens by female foxes, especially during the breeding and nursing period (Harris, 1978). This usually occurs from March to May, which partly coincides with the main activity season of *I. ricinus* ticks. In contrast, male foxes do not visit dens during this time, which may therefore lead to a comparatively lower infestation with endophilic ticks and a higher infestation with exophilic ticks. However, these observations do not explain the significantly higher infestation of female foxes with *I. ricinus* nymphs and further, yet unknown, factors influencing the tick infestation rates of foxes have to be assumed.

With regard to nutritional condition, no significant differences were observed in the tick infestation between the different categories.

In relation to the age groups, puppies were infested with *I. ricinus* adults with a significantly lower infestation prevalence and infestation intensity than the reference group (foxes older than 3 years). Moreover, puppies were infested significantly more frequently with larvae than foxes older than 3 years. Foxes are considered as puppies during their first 6 months of life (Harris, 1978). During this period, puppies spend much of their time in dens (Harris, 1978), which may explain the comparatively low infestation with *I. ricinus*. Since the larvae were assumed to be mainly *I. canisuga* and *I. hexagonus*, the higher infestation prevalence with these ticks can probably also be explained by the frequent use of dens by this age group.

Foxes aged 1–2 years were even found to have a significantly lower infestation prevalence with *I. ricinus* adults, and young foxes were found to have a significantly lower infestation intensity with these ticks compared to the reference group (foxes older than 3 years), which had a higher infestation with *I. ricinus* adults.

Whether or not aspects of physiology or territorial behavior are associated with the higher infestation of foxes older than 3 years with *I. ricinus* adult ticks can only be speculated. The effect of host age on the tick infestation was described by Harris (for *I. hexagonus* only) (Harris, 1978). He found that foxes older than 3 years had a higher tick infestation than 1–3-year-old foxes, which could suggest a physiological predisposition in older foxes. However, the infestation of foxes of different age groups with *I. ricinus* ticks has not been described. Probably other factors or the interaction of different factors have more influence on the infestation of foxes by this tick species.

Adult foxes usually remain faithful to their territory, in contrast to young foxes which usually travel long distances searching for new territories after leaving the mother's territory (MacDonald, 1993). The migration to new territories can influence the infestation with *I. ricinus* ticks, but this would certainly depend on the presence/abundance of these ticks in the different territories. Thus, we are of the opinion that the infestation of foxes with *I. ricinus* ticks (mainly adults and

nymphs) is more associated with the population of these ticks in the territories where foxes are active than with host-associated factors.

Regarding the tick species, *I. ricinus*, *I. canisuga*, and *I. hexagonus* have been found in previous studies, but this is the first time that *D. reticulatus* was observed infesting foxes from Thuringia, which supports the theory that the geographical distribution of this tick species is increasing in Germany (Dautel et al., 2006). As expected, immature stages of *D. reticulatus* were not found on foxes, since they mostly feed on rodents and small mammals (Immler, 1973).

With regard to the gender of the ticks, our findings coincide with those reported in related literature (Arthur, 1963; Hillyard, 1996). Males of *D. reticulatus* and *I. ricinus* were frequently found on hosts, since mating often takes place on the host animal. In the case of *I. hexagonus*, it is suggested that mating generally occurs off the host and in the nest. This should explain why males are rarely found on host (Arthur, 1963). This is probably also the case for *I. canisuga*, as males are even rarer on their hosts (Arthur, 1963).

The results of this study are difficult to compare with those of previous studies related to ticks on foxes in Germany (Cornely and Schultz, 1992; Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Liebisch and Walter, 1986; Schöffel et al., 1991). Differences concerning the period of investigation, the number of examined foxes, objectives, and study methodology mean that the results are not objectively comparable.

An interesting observation was the finding of simultaneous infestation with different developmental stages of ticks in more than 50% of the foxes as well as many mixed infestations. Co-feeding represents a potential for the infection of ticks with tick-borne disease agents, independent of the reservoir competence of the host (Randolph et al., 1996). Tick-borne disease agents are often maintained in complex transmission cycles involving different hosts and vectors. Only a few studies have been carried out in Germany to detect tick-borne disease agents in foxes. In those studies, *Borrelia burgdorferi sensu lato* (Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Schöffel et al., 1991) and tick-borne encephalitis virus (Wurm et al., 2000) have been detected with different diagnostic methods. This is not affirmative for the reservoir status of foxes, but shows clearly that the role of

foxes as possible reservoir hosts with regard to tick-borne disease agents in Germany needs further investigation.

Furthermore, in ticks collected from foxes in Germany, *B. burgdorferi sensu lato* was detected in *I. ricinus*, *I. canisuga*, *I. hexagonus*, and *D. reticulatus* ticks (Liebisch et al., 1997).

It has been suggested that endophilic ticks can be more important than exophilic ticks in maintaining tick-borne disease cycles in nature (Oliver et al., 2003). For this reason, it is important that endophilic ticks from foxes will be further examined.

I. ricinus ticks have often been examined in Germany for tick-borne disease agents, in contrast to *I. hexagonus* and *I. canisuga*. The exophilic tick *I. ricinus*, with its wide range of hosts, could play an important role as a bridge vector, transmitting infections from wild to domestic animals and humans (Bown et al., 2003; Oliver et al., 2003).

I. ricinus ticks collected by flagging in Thuringia were investigated for tick-borne pathogens in several studies, and *B. burgdorferi sensu lato* (Hildebrandt et al., 2003, 2010b; Kipp et al., 2006), *A. phagocytophilum* (Hildebrandt et al., 2003, 2010a), *Rickettsia spp.* (Hildebrandt et al., 2010a), *Babesia spp.* (Hildebrandt et al., 2010b), and *Coxiella burnetii* (Hildebrandt et al., 2010c) were detected by molecular methods.

The role of foxes as important hosts for endophilic and exophilic ticks needs to be further characterised in terms of tick-borne disease agents and their life cycles. This is especially important, considering that the number of urban foxes continues to increase, and thus the possibility is increasing of direct and indirect contact between foxes, their ticks (and their pathogen agents), and domestic animals and humans.

Conclusions

This study provides information about ticks on foxes in Thuringia and its dynamics over a whole year. Foxes were infested with *I. ricinus*, *I. canisuga*, and *I. hexagonus* ticks throughout the year with seasonal variations. *I. ricinus* ticks infested foxes significantly more frequently during the warmer months (April to September). In contrast, the infestation of foxes with *I. canisuga* and *I. hexagonus*

was significantly higher during the colder months (January to March and October to December), especially with the immature stages.

Furthermore, the application of the statistical models yielded some significant results with respect to the infestation of foxes from different categories (age, gender) and a higher infestation with endophilic species on foxes with clinically manifest scabies.

The results of this study point to the need for additional studies on infection and transmission of pathogens by ticks and on the potential role of foxes and their ticks as reservoirs of tick-transmissible pathogens. The first step for this is provided by the present study which gathered new data about the dynamics of natural tick infestations on foxes in Thuringia, Germany.

Conflict of interest statement

The authors declare that they have no conflict of interest in relation to the work presented in this manuscript.

Acknowledgements

The authors thank the directorship of the TLLV for approving the realisation of the study, Dr. Gabriele Liebisch (Zecklab, Burgwedel) for valuable help on the identification of ticks, Ms. Heidrun Schöll (LMU) for providing literature, Mr. Mario Klein (Thüringer Landesforstverwaltung) for provision of statistical information about the fox population and their development in Thuringia, Ms. Paulina König for help with editing the manuscript, and Dr. Lesley Bell-Sakyi (University of Edinburgh, UK) for revision of the English language.

References

- Arthur, D.R. (Ed.), 1963. British Ticks. Butterworths, London, 23–44, 59–82, 162–168.
- Aubert, M.F., 1976. Parasitism of the fox (*Vulpes vulpes* L.) by Ixodidae (Acarina) in northeast France. Interpretation of the seasonal dynamics of the parasites in relation to the biology of the host. *Acarologia* 17, 452–479.
- Bown, K.J., Begon, M., Bennett, M., Woldehiwet, Z., Ogden, N.H., 2003. Seasonal dynamics of *Anaplasma phagocytophila* in a rodent-tick (*Ixodes trianguliceps*) system, United Kingdom. *Emerg. Infect. Dis.* 9, 63–70.
- Hurvich, C.M., Tsai, C.-L., 1990. The impact of model selection on inference in linear regression. *Am. Stat.* 44, 214–217.

Cornely, M., Schultz, U., 1992. Zur Zeckenfauna Ostdeutschlands. *Angew. Parasitol.* 33, 173–183.

Dautel, H., Dippel, C., Oehme, R., Hartelt, K., Schettler, E., 2006. Evidence for an increased geographical distribution of *Dermacentor reticulatus* in Germany and detection of *Rickettsia* sp. RpA4. *J. Med. Microbiol.* 296, 149–156.

Földvári, G., Farkas, R., 2005. Ixodid tick species attaching to dogs in Hungary. *Vet. Parasitol.* 129, 125–131.

Gloor, S., Bontadina, F., Hegglin, D. (Eds.), 2006. Stadtfüchse. Ein Wildtier erobert den Siedlungsraum, vol. 9–15. Haupt-Verlag, Bern, pp. 165–171.

Gothe, R., Stendel, W., Holm, R., 1977. On the occurrence of *Ixodes canisuga* Johnston, 1848, in Germany, a contribution to the Ixodes-fauna. *Z. Parasitenkd.* 53, 123–128.

Gray, J.S., 1984. Studies on the dynamics of active populations of the sheep tick, *Ixodes ricinus* L. in Co. Wicklow, Ireland. *Acarologia* 25, 167–178.

Harris, S., 1978. Populations of the ticks *Ixodes* (Pholeoixodes) *hexagonus* and *Ixodes* (Pholeoixodes) *canisuga* infesting suburban foxes, *Vulpes vulpes*. *J. Zool. Lond.* 186, 83–93.

Heidrich, J., 2000. Untersuchungen zur Prävalenz von *Borrelia burgdorferi sensu lato* beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) in Ostbrandenburg. Thesis, Doctor of Veterinary Medicine. Freie Universität Berlin, Berlin, Germany.

Heile, C., Heydorn, A.O., Schein, E., 2006. *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794) – distribution, biology and vector for *Babesia canis* in Germany. *Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr.* 119, 330–334.

Hildebrandt, A., Schmidt, K.H., Wilske, B., Dorn, W., Straube, E., Fingerle, V., 2003. Prevalence of four species of *Borrelia burgdorferi sensu lato* and coinfection with *Anaplasma phagocytophila* in *Ixodes ricinus* ticks in central Germany. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* 22, 364–367.

Hildebrandt, A., Krämer, A., Sachse, S., Straube, E., 2010a. Detection of *Rickettsia* spp. and *Anaplasma phagocytophilum* in *Ixodes ricinus* ticks in a region of Middle Germany (Thuringia). *Ticks Tick-borne Dis.* 1, 52–56.

Hildebrandt, A., Pauliks, K., Sachse, S., Straube, E., 2010b. Coexistence of *Borrelia* spp. and *Babesia* spp. in *Ixodes ricinus* ticks in Middle Germany. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 10, 831–837.

Hildebrandt, A., Straube, E., Neubauer, H., Schmoock, G., 2010c. *Coxiella burnetii* and coinfections in *Ixodes ricinus* ticks in central Germany. *Vector Borne Zoonotic Dis.* (Epub ahead of print).

Hillyard, P.D., 1996. Ticks of North-West Europe. In: Kermack, D.M., Barnes, R.S.K. (Eds.), *Synopses of the British Fauna (New Series)*. Crother JH No. 52. FSC Publications, Preston Montford, 74–76, 88–93, 118–119.

Immler, R.M., 1973. Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Zecke *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794) (Ixodidae) in einem endemischen Vorkommensgebiet. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 46, 2–70.

- Kalla, F., 2010. Füchse erobern Thüringer Städte. In: Das Beste aus Thüringen. OTZ.de in Kooperation mit Thüringer Allgemeine und Thüringische Landeszeitung 11.03.2010. Available from <<http://www.otz.de/startseite/detail/-/specific/Fuechse-erobern-Thueringer-Staedte-403866192>> (in German).
- Kipp, S., Goedecke, A., Dorn, W., Wilske, B., Fingerle, V., 2006. Role of birds in Thuringia, Germany, in the natural cycle of *Borrelia burgdorferi sensu lato*, the Lyme disease spirochaete. Int. J. Med. Microbiol. 296, 125–128.
- Liebisch, G., Hoffmann, L., Pfeifer, F., Liebisch, A., 1997. Ticks of the red fox and their significance for Lyme borreliosis. Zbl. Bakt. 286, 246–247.
- Liebisch, A., Walter, G., 1986. Ticks of domestic and wild animals in Germany: on the occurrence and biology of the hedgehog tick (*Ixodes hexagonus*) and the fox tick (*Ixodes canisuga*). Dtsch. Tierärztl. Wochenschr. 93, 447–450.
- MacDonald, D., 1993. Unter Füchsen – Eine Verhaltensstudie, vol. 100. Knesebeck- Verlag, München, p. 128 (in German).
- Meyer-Kayser, E., Hoffmann, L., Silaghi, C., Passos, L.M.F., Mahling, M., Pfister, K., 2011. Tick infestation of foxes in Thuringia with special focus on foxes with scabies. Wiener Tierärztl. Monatsschrift 98, 292–296.
- Morel, P.C., Perez, C., 1973. Morphologie des stades préimaginaux des Ixodidae s. str. d'Europe occidentale. III. Les nymphes des Pholeoixodes Schulze, 1942. In: Cah, O.R.S.T.O.M. (Ed.), Sér. Ent. Méd. Et. Parasitol, pp. 285–291.
- Odgen, N.H., Cripps, P., Davison, C.C., Owen, G., Parry, G.M., Timms, B.J., Forbes, A.B., 2000. The ixodid tick species attaching to domestic dogs and cats in Great Britain and Ireland. Med. VRT Entomol. 14, 332–338.
- Oliver Jr., J.H., Lin, T., Gao, L., Clark, K.L., Banks, C.W., Durden, L.A., James, A.M., Chandler Jr., F.W., 2003. An enzootic transmission cycle of Lyme borreliosis spirochetes in the southeastern United States. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 100, 11642–11645.
- Oversauk, K., 1994. Behavioural changes in free-ranging red foxes (*Vulpes vulpes*) due to sarcoptic mange. Acta Vet. Scand. 35, 457–459.
- Randolph, S.E., Gern, L., Nuttall, P.A., 1996. Co-feeding ticks: epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. Parasitol. Today 12, 472–479.
- R Development Core Team R, 2009. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- R Development Core Team R, 2011. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- Schöffel, I., Schein, E., Wittstadt, U., Hentsche, J., 1991. Zur Parasitenfauna des Rotfuchses in Berlin (West). Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 104, 153–157 (in German).
- Silaghi, C., Hamel, D., Thiel, C., Pfister, K., Pfeffer, M., 2011. Spotted fever group Rickettsia in ticks, Germany. Emerg. Infect. Dis. 17, 890–892.

Süss, J., Klaus, C., Gerstengarbe, F.W., Werner, P.C., 2008. What makes ticks tick? Climate change, ticks, and tick-borne diseases. *J. Travel. Med.* 15, 39–45.

Wagenknecht, E., 1984. Altersbestimmung des erlegten Wildes. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, pp. 130–133 (in German).

Wurm, R., Dobler, G., Peters, M., Kiessig, S.T., 2000. Serological investigations of red foxes (*Vulpes vulpes*) for determination of the spread of tick-borne encephalitis in Northrhine-Westphalia. *J. Vet. Med. B: Infect. Dis. Vet. Public Health* 47, 503–509.

1.2 Veröffentlichung 2

Zeckenbefall bei Füchsen in Thüringen unter besonderer Berücksichtigung von Füchsen mit Räude

E. MEYER-KAYSER¹, L. HOFFMANN¹, C. SILAGHI², L. PASSOS², M. MAHLING² und K. PFISTER²
Wien. Tierärztl. Mschr. - Vet. Med. Austria **98** (2011), 292 – 296

Aus dem Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz¹ (TLLV), Bad Langensalza, dem Institut für Vergleichende Tropenmedizin und Parasitologie² und dem Statistischen Beratungslabor, Institut für Statistik², Ludwig-Maximilians-Universität München

**Zeckenbefall bei Füchsen in Thüringen unter besonderer Berücksichtigung
von Füchsen mit Räude**

E. MEYER-KAYSER¹, L. HOFFMANN¹, C. SILAGHI², L. PASSOS², M.
MAHLING² und K. PFISTER² Wien. Tierärztl. Mschr. - Vet. Med. Austria **98**
(2011), 292 – 296

Aus dem Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz¹ (TLLV), Bad Langensalza, dem Institut für Vergleichende Tropenmedizin und Parasitologie² und dem Statistischen Beratungslabor, Institut für Statistik², Ludwig-Maximilians-Universität München

§Corresponding author

Email addresses:

Elisabeth.Meyer-Kayser@tllv.thueringen.de

Lothar.Hoffmann@tllv.thueringen.de

cornelia.silaghi@tropa.vetmed.uni-muenchen.de

kurt.pfister@tropa.vetmed.uni-muenchen.de

Lygia.Passos@lmu.de

Monia.Mahling@stat.uni-muenchen.de

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, einige Informationen zum natürlichen Zeckenbefall der Füchse in Thüringen vorzustellen, mit Schwerpunkt auf den Zeckenbefall bei Füchsen mit klinisch manifester Räude.

Im Zeitraum vom 1.1.2009 - 31.12.2009 wurden im Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz 1.286 Rotfüchse (*Vulpes vulpes*) auf das Vorhandensein von Zecken untersucht und dabei insgesamt 13.227 Exemplare (4.513 Adulte, 2.358 Nymphen und 6.356 Larven) abgesammelt.

Die eingesammelten Zecken wurden mit Ausnahme der Larven nach Art, Entwicklungsstadium und Geschlecht differenziert. Das Spektrum umfasste die Spezies *Ixodes ricinus*, *I. hexagonus*, *I. canisuga* und *Dermacentor reticulatus*.

Unter den zur Untersuchung angelieferten Füchsen waren regelmäßig Tiere mit klinisch manifester Räude (92 Exemplare; 7,2 %), weitergehende Untersuchungen zur Räude waren jedoch nicht möglich. Bereits während der laufenden Untersuchung, insbesondere jedoch während der Quantifizierung und Artendifferenzierung der Zecken fiel auf, dass bei rädigen Füchsen die Intensität und Zusammensetzung des Zeckenbefalls auffällig stärker auftrat als bei klinisch unauffälligen Tieren.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass Füchse mit Räude häufiger mit Zecken befallen waren als unauffällige Füchse (82,6 % bzw. 76,5 %). Ebenso war der durchschnittliche Zeckenbefall/Fuchs mit Räude signifikant höher als bei klinisch unauffälligen Tieren (33,4 bzw. 11,7 Zecken pro Fuchs).

Bezüglich des Spektrums ist festzuhalten, dass Füchse mit Räude signifikant häufiger und intensiver mit den endophilen Zecken *I. hexagonus* und *I. canisuga* befallen waren. Hingegen war die Befallsrate mit *I. ricinus* -Zecken tendenziell höher bei klinisch unauffälligen Füchsen, während die *I. ricinus* -Befallsintensität bei rädigen Tieren ebenfalls höher war. Die Auwaldzecke *D. reticulatus* trat nur bei 7 klinisch unauffälligen Füchsen auf.

Mischinfestationen waren signifikant häufiger bei Füchsen mit klinisch manifester Räude.

Die Rolle der Füchse, einschließlich der räudigen Füchse, als wichtige Wirte für endophile und exophile Zecken, muss in Bezug auf durch Zecken über tragbare Krankheiten und deren Lebenszyklus in Zukunft weiter erforscht werden.

Summary

Tick infestation of foxes in Thuringia with special focus on foxes with scabies

Introduction

The objective of the present study was to present some data on the natural tick infestations of foxes in the region of Thuringia, with emphasis on the tick infestation in foxes with clinical manifest scabies.

Material and methods

From 1st of January to 31st of December 2009, 1,268 red foxes (*Vulpes vulpes*) were examined for the presence of ticks in the diagnostic laboratory for food safety and consumer protection of Thuringia (Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz-TLLV). A total of 13,227 ticks were collected from foxes (4,513 adults, 2,358 nymphs and 6,356 larvae).

The ticks were differentiated according to their developmental stage, gender and tick species, except for larvae. The spectrum included *Ixodes ricinus*, *I. hexagonus*, *I. canisuga* and *Dermacentor reticulatus*.

Results

Regularly scabies was observed and macroscopically diagnosed amongst the foxes that were sent to the laboratory (92; 7.2 %). Further laboratory examinations for the diagnosis of scabies were not realized. During the tick collection and especially during the quantification and differentiation of the ticks, it became evident that foxes with manifest clinical scabies had a conspicuously stronger infestation intensity and often a different tick population than clinically unapparent foxes.

The comparison of the results showed that foxes with scabies were more often infested with ticks than clinically unapparent foxes (82.6 % and 76.5 %, respectively) and that the intensity of infestation was also higher than in clinically unapparent foxes, with an average of 33.4 (2,540/76) ticks per fox.

Discussion

With regard to the tick spectrum, foxes with scabies were infested significantly higher and more intensive with the endophilic ticks *I. hexagonus* and *I. canisuga*. In contrast, the infestation rate with *I. ricinus* seemed higher in clinically unapparent foxes, but the infestation intensity was also higher in foxes with macroscopically scabies. *D. reticulatus* was only found on 7 clinically unapparent foxes.

Mixed infestations were significantly more frequent in foxes with manifest clinical scabies.

The role of foxes, including foxes with scabies, as important hosts for endophilic and exophilic ticks, needs to be further characterized in terms of tick-borne disease agents and their life cycle.

Einleitung

Die Zeckenpopulation der Füchse in Thüringen wurde bereits in einer Studie im Jahr 1994 untersucht und beschrieben (LIEBISCH et al., 1997). In der vorliegenden Studie zum Zeckenbefall der Füchse in Thüringen fiel bereits während der laufenden Untersuchung, besonders jedoch während der Quantifizierung und Artendifferenzierung der Zecken auf, dass bei räudigen Füchsen (92 von 1.286; 7,2 % der erfassten Tiere) die Intensität und Zusammensetzung des Zeckenbefalls im Vergleich mit klinisch unauffälligen Tieren differierte.

Der Zusammenhang zwischen Füchsen mit Räude und einem stärkeren Befall mit bestimmten Endoparasiten ist in Deutschland von SCHÖFFEL et al. (1991) und SCHUSTER et al. (2001) beschrieben worden. Nach unseren Kenntnissen ist der Zusammenhang zwischen räudigen Füchsen und deren Zeckenbefall bisher nicht untersucht worden.

Der auffällig stärkere Zeckenbefall bei Füchsen mit Räude in einer Basisstudie (MEYER-KAYSER et al., unveröffentlichte Daten) im Zusammenhang mit dem steigenden Interesse an durch Zecken übertragbaren Krankheiten, veranlasste uns, die Zeckenpopulation bei räudigen Füchsen genauer zu analysieren.

Material und Methode

Im Zeitraum vom 1.1.2009-31.12.2009 wurden im Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz 1.286 Rotfüchse (*Vulpes vulpes*) im Rahmen des Programms zur Überwachung der Tollwutfreiheit und des Monitorings auf *Echinococcus multilocularis* zusätzlich auf das Vorhandensein von Zecken untersucht.

Die angelieferten Füchse stammten aus allen Kreisen und kreisfreien Städten Thüringens.

Zu jedem Fuchs wurden die Daten über den Erlegungs- oder Unfallort, Anlieferungsdatum, Geschlecht, Alter (5 Altersgruppen: Welpen, Jungfüchse, Füchse 1 - <2 Jahre, Füchse > 2 - <3 Jahre und Füchse > 3 Jahre), Ernährungszustand (3 Kategorien: mager, normal und sehr gut) und gegebenenfalls

besondere Bemerkungen (z.B. Räude) in einer Excel-Datei festgehalten (Microsoft Excel 2007).

Da das Ziel der Studie die Zeckenpopulation der Füchse betraf, wurde bei den Füchsen die klinisch manifeste Räude nur als Bemerkung, ohne weitergehende Untersuchungen und Angaben zur Räude erfasst. Bei vereinzelt Untersuchungen wurde jedoch ausschließlich der *Sarcoptes*-Räude Befall nachgewiesen.

Die eingesammelten Zecken wurden mit Ausnahme der Larven nach Art, Entwicklungsstadium und Geschlecht differenziert (ARTHUR, 1963; MOREL u. PEREZ, 1973).

Die Daten zu den Füchsen und deren Zecken wurden getrennt nach Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Füchsen bewertet und verglichen, um die Unterschiede zwischen beiden Gruppen deutlich zu erkennen.

Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mit R Version 2.10.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009) durchgeführt. Für den Vergleich von Befallsextenstität in 2 Gruppen wurde der exakte Test von Fisher verwendet. Um die mittlere Befallsintensität von Werten in 2 Gruppen zu vergleichen, kam der Wilcoxon-Rangsummentest zum Einsatz, der dem Mann-Whitney-Test äquivalent ist.

Ergebnisse

Insgesamt wurde bei 92/1.286 Füchsen (7,2 %) makroskopisch Räude festgestellt. Der Anteil der mit Räude angelieferten Tiere zeigte beim Vergleich zwischen den warmen Monaten (April-September) und den kalten Monaten (Januar-März, Oktober-Dezember) keine statistisch signifikanten Unterschiede (7,6 % bzw. 7,0 %; $p=0,71$).

Füchse mit Räude waren häufiger, jedoch nicht statistisch signifikant, mit Zecken befallen als unauffällige Tiere (82,6 % bzw. 76/92 gegenüber 76,5 % bzw. 913/1194; $p=0,20$).

Des Weiteren waren weibliche Füchse mit Räude ebenfalls häufiger, aber ohne statistisch signifikanten Unterschiede mit Zecken befallen als männliche (85,7 % bzw. 80,0 %; $p= 0,58$). Bei klinisch unauffälligen Tieren war der Zeckenbefall

zwischen den Geschlechtern sehr ähnlich (76,3 % bei Rüden und 76,6 % bei Fähen, $p=0,89$).

Beim Vergleich der Ergebnisse in Bezug auf die verschiedenen Altersgruppen zeigte sich, dass nur Füchse mit Räude der Altersgruppe Jungfüchse signifikant häufiger mit Zecken befallen waren (90,0 %) als klinisch unauffällige Tiere derselben Altersgruppe (70,2 %; $p=0,02$).

Die Einbeziehung der 3 Kategorien für Ernährungszustand in der Analyse ergab, dass der Ernährungszustand der Füchse mit Räude signifikant schlechter war ($p<0,001$) als bei klinisch unauffälligen Tieren. Allerdings gab es keine signifikanten Differenzen bezüglich des Zeckenbefalls zwischen rüudigen und klinisch unauffälligen Tieren der verschiedenen Gruppen (Tab. 1).

Der Vergleich der Befallsextenstität in Bezug auf Zeckenart und Entwicklungsstadium zeigt, dass Füchse mit Räude signifikant häufiger mit adulten *I. canisuga* (17,4.%; $p=0,003$), *I. canisuga*-Nymphen (35,9 %; $p<0,001$), adulten *I. hexagonus* (33,7 %; $p<0,001$), *I. hexagonus*-Nymphen (25,0 %; $p=0,016$) und *Ixodes spp.*-Larven (48,9 %; $p=0,018$) befallen waren. Klinisch unauffällige Füchse waren dagegen tendenziell, aber nicht signifikant höher mit adulten *I. ricinus* und Nymphen befallen (38,4 % bzw. 9,0 %). *D. reticulatus* wurde nur bei 7 klinisch unauffälligen Tieren nachgewiesen (Tab.2).

Tab. 1: Vergleich zwischen Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Füchsen in Bezug auf die Daten zur Prävalenz der mit Zecken befallenen Füchse

Parameter	Füchse mit Räude %	unauffällige Füchse %	p-Wert
Anteil	7,2 (92/1286)	92,8 (1194/1286)	
Prävalenz	82,6 (76/92)	76,5 (913/1194)	0,20
Geschlecht			
Rüden	80,0 (40/50)	76,3 (483/633)	0,60
Fähen	85,7 (36/42)	76,6 (430/561)	0,25
Altersgruppe			
Welpen	100,0 (2/2)	90,7 (39/43)	1
Jungfuchs	90,0 (27/30)	70,2 (285/406)	0,02
1-≤2 Jahre	82,2 (37/45)	78,0 (426/546)	0,58
>2-≤3 Jahre	62,5 (5/8)	80,4 (90/112)	0,36
>3 Jahre	71,4 (5/7)	83,9 (73/87)	0,34
Ernährungszustand			
normal	81,0 (34/42)	76,7 (747/974)	0,71
sehr gut	0 (0/1)	72,9 (113/155)	0,28
schlecht	85,7 (42/49)	81,5 (53/65)	0,62

Tab. 2 : Vergleich der Befallsextenstität zwischen Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Tieren in Bezug auf den Zeckenbefall nach Zeckenart und Entwicklungsstadium: *I. ricinus*-Adulte, *I. ricinus*-Nymphen, *I. hexagonus*-Adulte, *I. hexagonus*-Nymphen, *I. canisuga*-Adulte, *I. canisuga*-Nymphen, *D. reticulatus* und Larven *Ixodes* spp. abgesammelt vom Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) in Thüringen

Zeckenart	räudige Füchse %	unauffällige Füchse %	p-Wert
<i>D. reticulatus</i> -Adulte	0	0,6 (7/ 1194)	1
<i>I. ricinus</i> -Adulte	35,9 (33/92)	38,4 (458/1194)	0,658
<i>I. ricinus</i> -Nymphen	6,5 (6/92)	9,0 (108/1194)	0,567
<i>I. canisuga</i> -Adulte	17,4 (16/92)	7,7 (92/1194)	0,003
<i>I. canisuga</i> -Nymphen	35,9 (33/92)	20,0 (239/1194)	<0,001
<i>I. hexagonus</i> -Adulte	33,7 (31/92)	7,9 (94/1194)	<0,001
<i>I. hexagonus</i> -Nymphen	25,0 (23/92)	14,8 (177/1194)	0,016
Larven	48,9 (45/92)	36,1 (431/1194)	0,018

Tab. 3: Vergleich der Befallsintensität zwischen Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Tieren in Bezug auf den Zeckenbefall nach Zeckenart und Entwicklungsstadium: *I. ricinus*-Adulte, *I. ricinus*-Nymphen, *I. hexagonus*-Adulte, *I. hexagonus*-Nymphen, *I. canisuga*-Adulte, *I. canisuga*-Nymphen, *D. reticulatus* and Larven *Ixodes* spp. abgesammelt vom Rotfuchs (*Vulpes vulpes*)

Zeckenart	räudige Füchse %	unauffällige Füchse %	p-Wert
<i>D. reticulatus</i> -Adulte	0	1,9 (13/7)	nicht getestet
<i>I. ricinus</i> -Adulte	9,3 (306/33)	7,4 (3405/458)	0,859
<i>I. ricinus</i> -Nymphen	2,2 (13/6)	1,7 (183/108)	0,354
<i>I. canisuga</i> -Adulte	16,9 (271/16)	2,3 (215/92)	0,027
<i>I. canisuga</i> -Nymphen	9,4 (311/33)	3,6 (851/239)	0,105
<i>I. hexagonus</i> -Adulte	4,0 (124/31)	1,9 (179/94)	<0,001
<i>I. hexagonus</i> -Nymphen	10,3 (238/23)	3,4 (601/177)	0,012
Larven	27,9 (1255/45)	11,8 (5101/431)	0,003

Tab. 4: Vergleich zwischen Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Füchsen in Bezug auf Mischinfestationen (der gleichzeitige Zeckenbefall mit Adulte und/oder Nymphen verschiedener Zeckenarten)

Mischinfestationen	Füchse mit Räude %	unauffällige Füchse %	p-Wert
<i>I. ricinus</i> u. <i>I. canisuga</i>	3,9 (3/76)	7,6 (69/913)	
<i>I. ricinus</i> u. <i>I. hexagonus</i>	10,5 (8/76)	4,5 (41/913)	
<i>I. canisuga</i> u. <i>I. hexagonus</i>	22,4 (17/76)	6,0 (55/913)	
<i>D. reticulatus</i> u. <i>I. canisuga</i>	0	0,3 (3/913)	
<i>D. reticulatus</i> u. <i>I. ricinus</i>	0	0,3 (3/913)	
<i>I. ricinus</i> u. <i>I. canisuga</i> u. <i>I. hexagonus</i>	11,8 (9/76)	3,0 (27/913)	
Mischinfestationen gesamt	48,7 (37/76)	21,7 (198/913)	< 0,001

Der durchschnittliche Zeckenbefall/Fuchs mit Räude war signifikant höher ($p < 0,001$) als bei klinisch unauffälligen Tieren (33,4 bzw. 11,7).

Für die Berechnung der Befallsintensität wurden nur diejenigen Füchse in Betracht gezogen, die mindestens eine Zecke der jeweiligen Spezies und des entsprechenden Stadiums hatten. Füchse mit Räude waren mit allen Zeckenarten, außer *D. reticulatus*, intensiver befallen. Diese Tiere waren signifikant intensiver mit *I. canisuga*-Adulten (16,9/Fuchs; $p = 0,027$), *I. hexagonus*-Adulten (4,0/

Fuchs; $p < 0,001$), *I. hexagonus*-Nymphen (10,3/Fuchs; $p= 0,012$) und *Ixodes spp.*-Larven (27,9/Fuchs; $p=0,003$) befallen. Die Differenzen der Befallsintensität mit adulten *I. ricinus* und Nymphen waren dagegen verhältnismäßig gering und nicht signifikant. Der Befall mit *I. canisuga*-Nymphen wies ebenfalls keinen signifikanten Unterschied auf (Tab. 3).

Mischinfestationen (gleichzeitiger Befall mit Adulten und/oder Nymphen verschiedener Zeckenarten) wurden signifikant häufiger ($p<0.001$) bei räudigen Füchsen (48,7.%) als bei klinisch unauffälligen Tieren (21,7 %) festgestellt. Der gleichzeitige Zeckenbefall mit 2 und 3 Zeckenarten wurde öfters bei räudigen Füchsen (36,8 % bzw. 11,8 %) als bei klinisch unauffälligen (18,7 %, bzw. 3,0 %) beobachtet (Tab. 4).

Diskussion

Füchse mit Räude waren häufiger und intensiver mit Zecken befallen als klinisch unauffällige Tiere. Mit Räude befallene Füchse halten sich öfter, zu anderen Zeiten und für deutlich längere Zeit im Bau auf als solche ohne Räude (OVERSAUK, 1994). Das könnte erklären, warum diese Füchse häufiger und intensiver mit den endophilen Zecken *I. canisuga* und *I. hexagonus* befallen waren. Larven (ausgenommen *I. ricinus*) wurden in dieser Studie nicht differenziert, aber auf Grund von Ergebnissen anderer Studien, kann man davon ausgehen, dass es sich dabei auch hauptsächlich um *I. canisuga* und *I. hexagonus* handelt (AUBERT, 1976; HARRIS, 1978; LIEBISCH et al., 1997). *I. ricinus*-Larven können dagegen sicher von den anderen Larven unterschieden werden. Diese konnten nur bei 16 Füchsen festgestellt werden (insgesamt 30 *I. ricinus*-Larven).

Möglicherweise sind räudige Füchse auch durch den Haarverlust und den entsprechenden Verlust der Schutzfunktion des Haarkleides anfälliger für Zeckenbefall. Die Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens und der Kondition als Folge der Räude, wie auch von MORNER (1992), LITTLE et al. (1998) und NEWMANN et al. (2002) beschrieben, könnte möglicherweise eine erhöhte Empfänglichkeit für Zecken verursachen. Analog wie bereits von SCHÖFFEL et al. (1991) und SCHUSTER et al. (2001) betreffend Endoparasitenbefall und Räude beschrieben, ist auch ein Zusammenhang zwischen Räude und Zeckenbefall beim Fuchs durchaus möglich, wenn auch schwer überprüfbar.

Räudige Füchse der Altersgruppe Jungfüchse waren signifikant häufiger mit Zecken befallen als die anderen Altersgruppen. Es kann nur spekuliert werden, dass die häufige Erkundung von Bauten, die für dieses Alter beschrieben ist, um ihr Revier zu etablieren (HARRIS, 1978), zu einem höheren Zeckenbefall beiträgt.

Der Anteil an räudigen Füchsen, die für die Tollwutuntersuchung angeliefert wurden (7,15 %), entspricht laut Auskunft des Forstamtes in Thüringen (KLEIN, 2011) nicht dem tatsächlichen Ausmaß des Räudebefalls in der Fuchspopulation. Dieser soll nach den obigen Angaben wesentlich höher sein. Der verhältnismäßig geringe Anteil an räudigen Füchsen wird damit begründet, dass die Fuchsräude hauptsächlich in urbanen Gebieten verbreitet ist, die nicht zu den Jagdgebieten gehören. Obwohl räudige Füchse eine leichte Beute für Jäger wären, sind sie kein begehrtes Jagdopfer und werden oft nicht erlegt. Besonders Jäger, die mit Hunden jagen, vermeiden den Kontakt mit räudigen Füchsen. Schließlich gelangen Füchse, die auf Grund der Räude bereits spontan sterben und nicht gejagt werden, wie auch viele die dem Verkehr zum Opfer fallen, relativ selten zur Tollwutuntersuchung.

Der Anteil von Mischinfestationen war bei Füchsen mit Räude ebenfalls signifikant höher als bei klinisch unauffälligen Tieren.

Es wird postuliert, dass durch Co-feeding sich Zecken mit einigen durch Zecken übertragbaren Erregern infizieren können, unabhängig von der Reservoir-Kompetenz des Wirtes (RANDOLPH et al, 1996). Die Reservoir-Kompetenz des Fuchses ist bisher sehr wenig untersucht worden.

Im Hinblick auf die zunehmenden Kenntnisse und die Bedeutung der durch Zecken übertragbaren Krankheiten, sollte die Rolle des Fuchses als Wirt von endophilen und exophilen Zecken in Zukunft näher erforscht werden. Ebenfalls müsste die Vektorkompetenz der endophilen Zecken *I. canisuga* und *I. hexagonus* weiter untersucht werden.

Literatur

ARTHUR, D.R. (1963): British ticks. Butterworths, London.

AUBERT, M.F. (1976): Parasitism of the fox (*Vulpes vulpes* L.) by Ixodidae (Acarina) in northeast France. Interpretation of the seasonal dynamics of the parasites in relation to the biology of the host. *Acarologia* 17, 452-479.

HARRIS, S. (1978): Poulations of the ticks *Ixodes (Pholeoixodes) hexagonus* and *Ixodes (Pholeoixodes) canisuga* infesting suburban foxes, *Vulpes vulpes*. Journal of Zoology (London) 186, 83-93.

KLEIN, M. (2011): Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Thüringer Landesforstverwaltung (persönl. Mitteilung).

LIEBISCH, G., HOFFMANN, L., PFEIFER, F., LIEBISCH, A. (1997): Ticks of the red fox and their significance for *Lyme borreliosis*. Zentralblatt für Bakteriologie 286, 246-247.

LITTLE, S.E., DAVIDSON, W.R., HOWERTH, E.W., RAKICH,

P.M., NETTLES, V.F. (1998): Diseases diagnosed in red foxes from the southeastern United States. Journal of Wildlife Diseases 34, 620-624.

MOREL, P.C., PEREZ, C. (1973): Morphologie des stades préimaginaux des Ixodidae s. str. d'Europe occidentale. III –Les nymphes des Pholeoixodes Schulze, 1942. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol., vol. XI, n° 4, 285-291.

MORNER, T. (1992): Sarcoptic mange in Swedish wildlife. Revue Scientifique et Technique 11, 1115-1121.

NEWMANN, T.J., BAKER, P.J., HARRIS, S. (2002): Nutritional condition and survival of red foxes infected with sarcoptic mange. Canadian Journal of Zoology 80, 154-161.

OVERSAUK, K. (1994): Behavioural changes in free-ranging red foxes (*Vulpes vulpes*) due to sarcoptic mange. Acta Veterinaria Scandinavica 35, 457-459.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RANDOLPH, S.E., GERN, L., NUTTALL, P.A. (1996): Co-feeding ticks: epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. Parasitology Today 12, 472-479.

SCHÖFFEL, I., SCHEIN, E., WITTSTADT, U., HENTSCHE, J. (1991): Zur Parasitenfauna des Rotfuchses in Berlin (West). Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 104, 153-157.

SCHUSTER, R., WANJEK, C., BARTNIK, C., WITTSTATT, U., BAUMANN, M., SCHEIN, E. (2001): Leberegelbefall und Räude beim Rotfuchs in Berlin. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 114, 193-196.

2. Ausgewählte, mit Graphiken und Bildern dargestellte Ergebnisse, die nicht in den Publikationen erscheinen

Abb.5: Monatlicher Anteil der mit Zecken befallenen Füchse an den angelieferten Füchsen. Der Anteil der angelieferten Füchse wird durch die Breite der Balken dargestellt. Der Anteil der befallenen Füchse erkennt man an der Höhe des roten Anteils.



Abb. 6: Erlegungsorte der mit Zecken befallenen Füchse in Thüringen

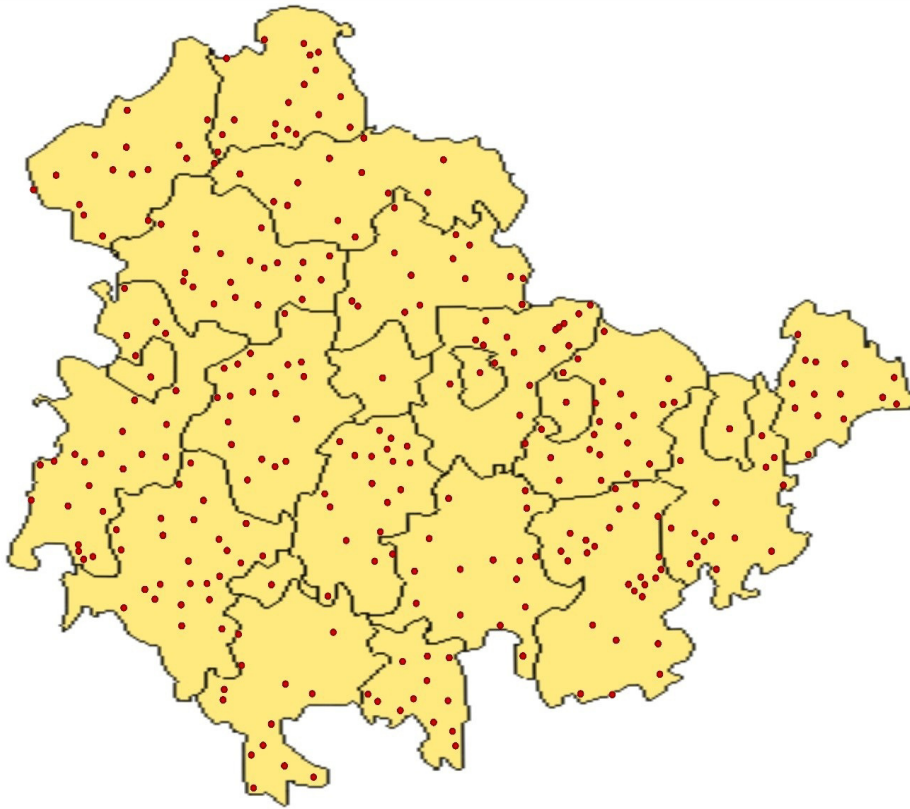
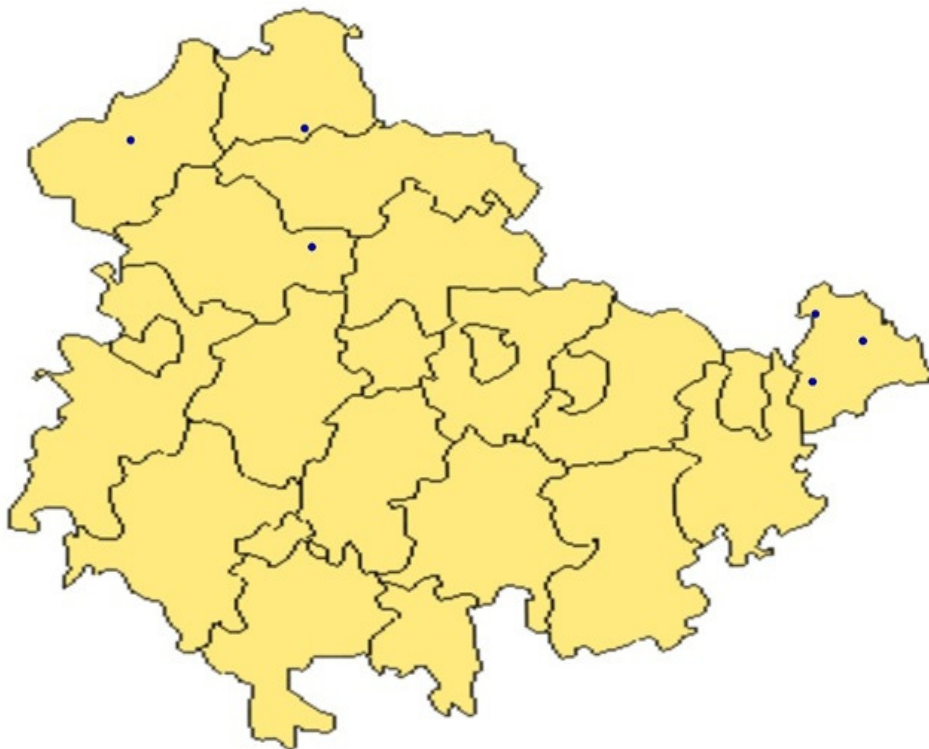
Abb. 7: *D. reticulatus* Befall bei Füchsen in Thüringen

Abb. 8: Paarung *I. hexagonus* (♀) mit *I. ricinus* (♂) (TLLV 2009)



Abb. 9 a, b, c: Zeckenbefall bei Füchsen mit klinisch manifester Räude





V. DISKUSSION

Die monatliche Anzahl der zur Untersuchung angelieferten Füchse war sehr unterschiedlich und steht im Zusammenhang mit den bevorzugten Jahreszeiten für die Fuchsjagd. Etwa $\frac{3}{4}$ der Füchse wurde in den kalten und $\frac{1}{4}$ in den warmen Monaten des Jahres angeliefert.

Es wurden überwiegend Zecken der Gattung *Ixodes* nachgewiesen (*I. ricinus*, *I. canisuga* und *I. hexagonus*), die von anderen Autoren beim Fuchs in Deutschland auch beschrieben worden sind (Cornely and Schultz 1992; Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Liebisch and Walter, 1986; Schöffel et al., 1991). Dabei zeigte sich dass diese Zeckenarten in Thüringen weitverbreitet vorkommen.

Dagegen konnte erstmalig gegenüber den früheren Untersuchungen *D. reticulatus* bei Füchsen in Thüringen festgestellt werden, was die Theorie über die zunehmende geographische Verbreitung dieser Zeckenart in Deutschland unterstützt (Dautel et al., 2006). Füchse, die mit dieser Zeckenart befallen waren, stammten aus Nordost- und Nordwest-Thüringen.

Larven waren das häufigste nachgewiesene Entwicklungsstadium (48,1%). In anderen Studien über die Zeckenpopulation der Füchse in Deutschland wurden Larven als am seltensten nachgewiesenes Entwicklungsstadium (Liebisch et al., 1997; Schöffel et al., 1991) oder gar nicht angegeben (Cornely and Schultz 1992; Heidrich, 2000), was möglicherweise mit der Schwierigkeit ihres Nachweises zusammenhängt. Der Nachweis von Larven erfordert viel Erfahrung und sie können bei der Untersuchung sehr leicht übersehen werden.

Hinsichtlich des Geschlechts der Zecken stimmen unsere Ergebnisse mit denen der Literatur überein (Arthur, 1963; Hillyard, 1996). Männchen von *D. reticulatus* und *I. ricinus* werden oft auf dem Wirt gefunden, da die Paarung häufig auf dem Wirt stattfindet. Dagegen befallen Männchen von *I. hexagonus* und *I. canisuga* in der Regel keinen Wirt, sondern bleiben im Bau (Eckert et al, 2008) und werden daher selten am Tier nachgewiesen.

Unter den abgesammelten Zecken konnte eine Paarung zweier verschiedener Zeckenarten festgestellt werden (*I. hexagonus* ♀ mit *I. ricinus* ♂). Dies ist

möglicherweise ein außergewöhnlicher Befund, da unseren Erkenntnissen nach solche Paarungen in der Literatur nicht beschrieben sind.

Die Studie bestand aus einer Hauptstudie, in der jede Zeckenart und jedes Entwicklungsstadium mit den gesammelten Daten (Geschlecht, Alter und Ernährungszustand der Füchse, Jahreszeit und klinisch manifeste Räude) mittels eines generalisierten linearen Modells statistisch ausgewertet wurde (**Veröffentlichung 1**) und einer Nebenstudie, in der der Zeckenbefall zwischen Füchsen mit klinisch manifester Räude und klinisch unauffälligen Füchsen verglichen wurde (**Veröffentlichung 2**).

Die Ergebnisse der Hauptstudie (**Veröffentlichung 1**) zeigen saisonale Variationen und Zusammenhänge zwischen den erfassten Daten der Fuchspopulation und deren Zeckenbefall.

Von April bis September waren über 86% und im Mai 100% der Füchse mit *I. ricinus* Zecken befallen, was mit der erhöhten Aktivität dieser Zeckenart in diesen Monaten im Zusammenhang steht (Gray, 1984). Ergebnisse früherer Studien zur Zeckenpopulation der Füchse in Deutschland geben für den Befall mit *I. ricinus* eine höhere Befallsprävalenz im Frühjahr (Schöffel et al., 1991) und einen Höhepunkt der Befallsintensität in Juni an (Liebisch et al., 1997).

Die Infestation mit endophilen Zecken war über das ganze Jahr hinaus verhältnismäßig niedrig. Die Füchse waren signifikant häufiger in den kalten Monaten mit *I. canisuga*-Adulten und -Nymphen und *I. hexagonus*-Nymphen befallen. Signifikant häufiger und intensiver war auch der Befall mit Larven in den kalten Monaten. Diese Ergebnisse können auf die jahreszeitlich unterschiedliche Benutzung des Baues zurückgeführt werden (Harris, 1978; Aubert, 1976).

Die Ergebnisse früherer Studien beschreiben eine höhere Befallsprävalenz mit *I. hexagonus* in den Wintermonaten (Schöffel et al., 1991) und einen Höhepunkt der Befallsintensität in Dezember (Liebisch et al., 1997). Dagegen weisen Schöffel et al. (1991) eine höhere Befallsprävalenz mit *I. canisuga* in den Sommermonaten und Liebisch et al. (1997) einen Höhepunkt für die Befallsintensität in Mai und Dezember nach.

Auch wenn Ergebnisse anderer Studien über die Zeckenpopulation der Füchse in Deutschland vorliegen (Cornely and Schultz 1992; Heidrich, 2000; Liebisch et al., 1997; Liebisch and Walter, 1986; Schöffel et al., 1991), lassen sie sich schwer mit den Ergebnissen dieser Studie vergleichen, da die Unterschiede bezüglich Untersuchungszeitraum, Anzahl der untersuchten Tiere, Methodologie und Ziele der Studie stark differieren und somit nicht objektiv miteinander vergleichbar sind.

Die Methode des generalisierten linearen Modells ist unseren Erkenntnissen nach erstmals für die Auswertung des Zeckenbefalls angewendet worden. Diese Methode ermöglicht es, die verschiedenen Einflussgrößen, die möglicherweise die Zielwerte beeinflussen können, simultan zu betrachten. Alle erhobenen Daten zu den Variablen werden somit in die Auswertung einbezogen. Aus diesem Grund wurde für die Hauptstudie diese Methode angewendet. Zu beachten ist, dass mit diesem statistischen Auswertungsverfahren die Ergebnisse nicht einzeln, sondern immer als ein Teil der Gesamtauswertung interpretiert werden müssen.

In Bezug auf die Variablen der Fuchspopulation in Verbindung mit deren Zeckenbefall konnten signifikante Zusammenhänge betreffend Geschlecht und Alter festgestellt werden, die zum Teil ebenfalls mit dem Verhalten der Füchse bezüglich der Benutzung der Baue assoziiert werden können. Aubert (1976) postulierte, dass die Infestationen mit *I. hexagonus* und *I. canisuga* im Zusammenhang mit der Häufigkeit des Aufsuchens der Fuchsbaue steht. Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen diese Annahme.

Für die Nebenstudie (**Veröffentlichung 2**) wurden die Daten zu den Füchsen und deren Zecken getrennt nach Füchsen mit Räude und klinisch unauffälligen Füchsen bewertet und verglichen, um die Unterschiede zwischen beiden Gruppen deutlich erkennen zu können. Für die statistische Auswertung wurde der Hypothesentest verwendet.

Die Anlieferung von Füchsen mit manifest klinische Räude erfolgte kontinuierlich über das gesamte Jahr ohne signifikante Unterschiede zwischen den warmen (April – September) und den kalten Monaten (Januar--März., Oktober-Dezember). Bei 7,2% der angelieferten Füchse wurde klinisch manifeste Räude festgestellt. Nach Auskunft des Thüringer Forstamtes soll das Ausmaß der Tiere mit Räude in

der Fuchspopulation in Thüringen wesentlich höher sein, aber hauptsächlich in urbanen Gebieten, die nicht zu den Jagdgebieten gehören (Klein, 2011).

Füchse mit Räude waren häufiger und intensiver mit den endophilen Zeckenarten *I. canisuga* und *I. hexagonus* befallen als klinisch unauffällige Tiere, was möglicherweise mit einem häufigeren und längeren Aufenthalt im Bau zusammenhängt, der von Oversauk beschrieben wurde (Oversauk, 1994).

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung mit Signifikanztests (Veröffentlichung #2) und der Anwendung der Modelle (Veröffentlichung #1), waren bzgl. des Zeckenbefalls bei Füchsen mit und ohne Räude zum großen Teil ähnlich.

Die Anwendung der Modelle ermöglicht es allerdings, Zusammenhänge zu erkennen, die mit der Einzelbetrachtung des Hypothesentests nicht nachweisbar sind. Andererseits können Resultate, die mit dem Hypothesentest als signifikant ausgewertet werden, mit der Anwendung der Modelle als nicht signifikant erachtet werden. Die Methode des generalisierten linearen Modells ist somit wegen der simultanen Betrachtung der Einflussgrößen, die das Auftreten von Scheineffekten vermeidet, aussagekräftiger und somit das beste Auswertungsverfahren.

Die gleichzeitige Infestation mit verschiedenen Entwicklungsstadien konnte bei über 50% der infestierten Füchse nachgewiesen werden. Mischinfestationen (der gleichzeitige Zeckenbefall von Adulten / Nymphen verschiedener Zeckenarten) wurden bei 23,7% der infestierten Füchse beobachtet. Der Anteil dieser Infestationen war bei Füchsen mit Räude signifikant höher als bei klinisch unauffälligen Tieren (48,7%) (Veröffentlichung 2).

Das Co-feeding stellt im Zusammenhang mit durch Zecken übertragbaren Erregern ein Potential für die Infektion von Zecken, unabhängig von der Reservoir-Kompetenz der Wirte dar (Randolph et al., 1996).

I. hexagonus und *I. canisuga* sind im Gegensatz zu *I. ricinus* selten auf durch Zecken übertragbare Erreger untersucht worden. Ihre Rolle als Reservoir von Erregern ist daher bisher nur wenig erforscht worden und bedarf weiterer Untersuchungen. Nach Angaben der Literatur sollen endophile Zecken in der

Erhaltung von durch Zecken übertragbare Erreger in der Natur eine wichtige Rolle spielen (Oliver et al., 2003).

Die Rolle der Füchse als Wirte für endophile und exophile Zecken sollte in Bezug auf durch Zecken übertragbarer Erreger und deren Zyklen ebenfalls näher untersucht werden.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Sämtliche während des Jahres 2009 (01.01.2009 - 31.12.2009) in Thüringen erlegte und zur Untersuchung an das Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz eingesandte Füchse wurden auf Zecken untersucht.

Von 989 der 1286 untersuchten Füchse (76,9%) konnten insgesamt 13.227 Zecken eingesammelt werden.

Die Zecken wurden mit Ausnahme der Larven auf Art, Entwicklungsstadium und Geschlecht differenziert. An erster Stelle wurden Larven (48,1%), gefolgt von Adulten (34,1%) und an letzter Stelle Nymphen (17,8%) festgestellt. Die häufigste adulte Zeckenart war *I. ricinus* (82,2%) gefolgt von *I. canisuga* (10,8) und *I. hexagonus* (6,7). *D. reticulatus* trat sehr selten (0,3%) auf. Die Nymphen waren mehrheitlich den Arten *I. canisuga* und *I. hexagonus* zuzuordnen.

Die Füchse waren das gesamte Jahr mit Zecken befallen, es gab jedoch saisonale Variationen.

Bei mehr als 50% der Füchse war eine gleichzeitige Infestation mit verschiedenen Entwicklungsstadien bzw. bei 23,7% mit verschiedenen Zeckenarten zu beobachten.

Füchse mit Räude waren häufiger mit Zecken befallen als unauffällige Füchse (82,6 % bzw. 76,5 %). Ebenso war der durchschnittliche Zeckenbefall/Fuchs mit Räude signifikant höher als bei klinisch unauffälligen Tieren (33,4 bzw. 11,7 Zecken pro Fuchs).

Angesichts des starken Befalls der Füchse mit Zecken, sollte in Zukunft die Rolle des Fuchses als potentiell Reservoir für die durch Zecken übertragenen Erreger näher erforscht, sowie die Vektorkompetenz für endophile Zecken wie *I. canisuga* und *I. hexagonus* weiter untersucht werden.

VII. SUMMARY

Fox carcasses that had been sent to the Diagnostic Laboratory for Consumer Protection of Thuringia (Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz - TLV) from 1st of January to 31st of December 2009, were examined for the presence of ticks.

From 989 out of 1286 examined foxes (76.9%) a total of 13 227 ticks were collected.

The ticks were differentiated according to their developmental stage, gender and tick species, except for larvae. The stage most frequently found was larva (48.1%), followed by adults (34.1%) and nymphs (17.8%). Regarding the adult stage, *Ixodes ricinus* was the most frequent tick species detected (82.2%), followed by *I. canisuga* (10.8%) and *I. hexagonus* (6.7%). *Dermacentor reticulatus* ticks were very rare (0.3%). With regard to nymphs, *I. canisuga* and *I. hexagonus* were the most frequently found tick species.

The foxes were infested with ticks during the whole year, there were, however, seasonal variations.

On more than 50% of the infested foxes, a simultaneous infestation with different development stages of ticks was observed. 23.7% of the infested foxes were infested with different tick species at the same time.

Foxes with scabies were more often infested with ticks than clinically unapparent foxes (82.6 % and 76.5 %, respectively). Also, the intensity of infestation was higher than in clinically unapparent foxes (with an average of 33.4 and 11.7 ticks per fox, respectively).

With regard to the high tick infestation observed, the role of foxes as a potential reservoir of tick borne pathogens should be further investigated, as well as the vector competence of the endophilic tick species *I. canisuga* and *I. hexagonus*

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Arthur, D.R. (Ed), 1963. British Ticks. Butterworths, London, 28-34, 61-66, 75-79, 162-168.

Aubert, M.F., 1976. Parasitism of the fox (*Vulpes vulpes* L.) by Ixodidae (Acarina) in northeast France. Interpretation of the seasonal dynamics of the parasites in relation to the biology of the host. *Acarologia*. 17, 452-479.

Beelitz, P., Schumacher, S., Marholdt, F., Pfister, K., Silaghi, C., 2012. Untersuchungen zur Prävalenz von *Babesia canis canis* in Auwaldzecken (*Dermacentor reticulatus*) im Saarland, Berl Munch Tierärztl Wochenschr. 125, 168-171..

Cornely, M., Schultz, U., 1992. Zur Zeckenfauna Ostdeutschlands. *Angew Parasitol*. 33, 173-183.

Criado-Fornelio, A., Martinez-Marcos, A., Buling-Saraña, A., Barba-Carretero, J.C., 2003. Molecular studies on *Babesia*, *Theileria* and *Hepatozoon* in southern Europe Part I: Epizootiological aspects. *Vet Parasitol*. 113, 189-201.

Dautel, H., Dippel, C., Oehme, R., Hartelt, K., Schettler, E., 2006. Evidence for an increased geographical distribution of *Dermacentor reticulatus* in Germany and detection of *Rickettsia* sp. RpA4. *J Med Microbiol*. 296, 149-156.

Dezdek, D., Vojta, L., Curkovic, S., Lipej, Z., Mihaljevic, Z., Cvetnic, Z., Beck, R., 2010. Molecular detection of *Theileria annae* and *Hepatozoon canis* in foxes (*Vulpes vulpes*) in Croatia. *Vet Parasitol*. 2, 147-150.

Eckert, J., Friedhoff, K.T., Zahner, H., Deplazes, P., 2008. Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin. 2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 386-388.

Földvári, G., Farkas, R., 2005. Ixodid tick species attaching to dogs in Hungary. *Vet Parasitol.* 129, 125-131.

Gimenez, C., Casado, N., Criado-Fornelio, A., de Miguel, F.A., Dominguez-Penafiel, G., 2009. A molecular survey of Piroplasmida and Hepatozoon isolated from domestic and wild animals in Burgos (northern Spain). *Vet Parasitol.* 162, 147-150.

Gloor, S., Bontadina, F., Hegglin, D. (Eds), 2006. Stadtfüchse. Ein Wildtier erobert den Siedlungsraum. Haupt-Verlag, Bern, 9-15, 165-171.

Gothe, R., Stendel, W., Holm, R., 1977. On the occurrence of *Ixodes canisuga* Johnston, 1848, in Germany, a contribution to the *Ixodes*-fauna. *Z Parasitenkd.* 53:123-128.

Gray, J.S., 1984. Studies on the dynamics of active populations of the sheep tick, *Ixodes ricinus* L. in Co. Wicklow, Ireland. *Acarologia.* 25, 167-178.

Harris, S., 1978. Populations of the ticks *Ixodes (Pholeoixodes) hexagonus* and *Ixodes (Pholeoixodes) canisuga* infesting suburban foxes, *Vulpes vulpes*. *J Zool Lond.* 186, 83-93.

Heidrich, J., 2000. "Untersuchungen zur Prävalenz von *Borrelia burgdorferi* sensu lato beim Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) in Ostbrandenburg" (Thesis, Doctor of Veterinary Medicine), Freie Universität Berlin, Berlin, Germany.

Heile, C., Heydorn, A.O., Schein, E., 2006. *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794) - distribution, biology and vector for *Babesia canis* in Germany. Berl Munch Tierärztl Wochenschr. 119, 330-334.

Hildebrandt, A., Schmidt, K.H., Wilske, B., Dorn, W., Straube, E., Fingerle, V., 2003. Prevalence of four species of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and coinfection with *Anaplasma phagocytophila* in *Ixodes ricinus* ticks in central Germany. Eur J Clin Microbiol Infect Dis. 22, 364-367.

Hildebrandt, A., Krämer, A., Sachse, S., Straube, E., 2010 (a). Detection of *Rickettsia* spp. and *Anaplasma phagocytophilum* in *Ixodes ricinus* ticks in a region of Middle Germany (Thuringia). Ticks Tick-borne Dis. 1, 52-56.

Hildebrandt, A., Pauliks, K., Sachse, S., Straube, E., 2010 (b). Coexistence of *Borrelia* spp. and *Babesia* spp. in *Ixodes ricinus* Ticks in Middle Germany. Vector Borne Zoonotic Dis. 10, 831-837.

Hildebrandt, A., Straube, E., Neubauer, H., Schmooch, G., 2010 (c). *Coxiella burnetii* and Coinfections in *Ixodes ricinus* Ticks in Central Germany. Vector Borne Zoonotic Dis. (Epub ahead of print).

Hillyard, P.D., 1996. Ticks of North-West Europe. In: Kermack: DM, Barnes RSK (Eds): Synopses of the British Fauna (New Series). Crother JH No 52, FSC Publications, Preston Montford, 74-76, 88-93, 118-119.

Immler, R.M., 1973. Untersuchungen zur Biologie und Ökologie der Zecke *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794) (Ixodidae) in einem endemischen Vorkommensgebiet. Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 46, 2-70.

Kalla, F., 2010. Füchse erobern Thüringer Städte. In: Das Beste aus Thüringen. OTZ.de In Kooperation mit Thüringer Allgemeine und Thüringische Landeszeitung 11.03.2010. Available from <http://www.otz.de/startseite/detail-/specific/Fuechse-erobern-Thueringer-Staedte-403866192>.

Kipp, S., Goedecke, A., Dorn, W., Wilske, B., Fingerle, V., 2006. Role of birds in Thuringia, Germany, in the natural cycle of *Borrelia burgdorferi* sensu lato, the Lyme disease spirochaete. Int J Med Microbiol. 296, 125-128.

Klein, M: Referat Wildbewirtschaftung der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Thüringer Landesforstverwaltung (Persönliche Mitteilung, 02.05.2011).

Liebisch, A., Walter, G., 1986. Ticks of domestic and wild animals in Germany: on the occurrence and biology of the hedgehog tick (*Ixodes hexagonus*) and the fox tick (*Ixodes canisuga*). Dtsch Tierärztl Wochenschr. 93, 447-450.

Liebisch, G., Hoffmann, L., Pfeifer, F., Liebisch, A., 1997. Ticks of the red fox and their significance for Lyme borreliosis. Zbl. Bakt. 286, 246-247.

Liebisch, A., Liebisch, G., 1997. Biologie und Ökologie der Zecken. In: Horst, H. einheimische Zeckenborreliose (Lyme Krankheit) bei Mensch und Tier, 3. überarbeitete Auflage, Balingen. Demeter-Verlag im Verlag (ISBN 3-921883-76-8) 31-47.

Lledo, L., Gimenez-Pardo, C., Dominguez-Penafiel, G., Sousa, R., Gegundez, M.I., Casado, N., Criado, A., 2010. Molecular detection of Hemoprotozoa and Rickettsia species in arthropods collected from wild animals in the Burgos Province, Spain. Vector Borne Zoonotic Dis. 10, 735-738.

MacDonald, D., 1993. Unter Füchsen – Eine Verhaltensstudie. Knesebeck-Verlag, München 21, 100, 128.

Morel, P.C., Perez, C., 1973. Morphologie des stades préimaginaux des Ixodidae s. str. d'Europe occidentale. III -Les nymphes des Pholeoixodes Schulze, 1942. In: Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et. Parasitol. pp. 285-291.

Najm, N.A., Meyer-Kayser, E., Hoffmann, L., Pfister, K., Silaghi, C., 2011. *Babesia* spp.infections in red foxes (*Vulpes vulpes*) and their Ticks in Thuringia, Germany, unpublished.

Odgen, N.H., Cripps, P., Davison, C.C., Owen, G., Parry, G.M., Timms, B.J., Forbes, A.B., 2000. The ixodid tick species attaching to domestic dogs and cats in Great Britain and Ireland. Med VRT Entomol. 14, 332-338.

Oliver Jr, J.H., Lin, T., Gao, L., Clark, K.L., Banks, C.W., Durden, L.A., James, A.M., Chandler Jr, F.W., 2003. An enzootic transmission cycle of Lyme borreliosis spirochetes in the southeastern United States. Proc Natl Acad Sci U S A. 100, 11642-11645.

Oversauk, K., (1994): Behavioural changes in free-ranging red foxes (*Vulpes vulpes*) due to sarcoptic mange. Acta Veterinaria Scandinavica **35**, 457-459.

Pusterla, N., Deplazes, P., Braun, U., Lutz, H., 1999. Serological evidence of infection with *Ehrlichia* spp. in red foxes (*Vulpes vulpes*) in Switzerland. J Clin Microbiol. 37, 1168-1169.

Randolph, S.E., Gern, L., Nuttall, P.A., 1996. Co-feeding ticks: Epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission. *Parasitol Today*. 12, 472-479.

R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL 2009. <http://www.R-project.org/>.

R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL 2011. <http://www.R-project.org/>.

Silaghi, C., Hamel, D., Thiel, C., Pfister, K., Pfeffer, M., 2011. Spotted fever group Rickettsia in ticks, Germany. *Emerg. Infect. Dis.* 17, 890-892.

Silaghi, C., Skuballa, J., Thiel, C., Pfister, K., Petney, T., Pfäffle, M., Taraschewski, H., Passos, L., 2012. The European Hedgehog (*Erinaceus europaeus*) - A suitable reservoir for variants of *Anaplasma phagocytophilum*? *Ticks Tick-borne Dis.* 3, 49-54.

Schöffel, I., Schein, E., Wittstadt, U., Hentsche, J., 1991. Zur Parasitenfauna des Rotfuchses in Berlin (West). *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 104, 153-157.

Skuballa, J., Petney, T., Pfäffle, M., Taraschewski, H., 2010. Molecular detection of *Anaplasma phagocytophilum* in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) and its ticks. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 10, 1055-1057.

Süss, J. Klaus, C., Gerstengarbe, F.W., Werner, P.C., 2008. What makes ticks tick? Climate change, ticks, and tick-borne diseases. *J Travel Med.* 15, 39-45.

Wurm, R., Dobler, G., Peters, M., Kiessig, S.T., 2000. Serological investigations of red foxes (*Vulpes vulpes*) for determination of the spread of tick-borne encephalitis in Northrhine-Westphalia. J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health. 47, 503-509.

IX. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Anhang 1.: Beispiel eines ausgefüllten Formblatts mit den erhobenen Daten der Füchse und den Zecken

<i>D. reticulatus</i>	<i>Dermacentor reticulatus</i>
<i>I. canisuga</i>	<i>Ixodes canisuga</i>
<i>I. hexagonus</i>	<i>Ixodes hexagonus</i>
<i>I. ricinus</i>	<i>Ixodes ricinus</i>
TLLV	Thüringer Landesamt für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz (bis zum 31. Dezember 2012)
TLV	Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz (ab 1. Januar 2013)
VLÜÄ	Veterinär- und Lebensmittel- überwachungsämter

X. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Zyklus der Ixodes Zecken

Abb. 2: *Ixodes hexagonus* ♀ + ♂

Abb. 3: *Ixodes canisuga* ♀ + ♂

Abb. 4: Larvenbefall am Ohr vom Fuchs

Abb. 5: Monatlicher Anteil der mit Zecken befallenen Füchse

an den angelieferten Füchsen

Abb. 6: Erlegungsorte der mit Zecken befallenen Füchse in Thüringen

Abb. 7: *D. reticulatus* Befall bei Füchsen in Thüringen

Abb. 8: Paarung *I. hexagonus* (♀) mit *I. ricinus* (♂)

Abb. 9 a, b, c: Zeckenbefall bei Füchsen mit manifest klinischer Räude

XI. ANHÄNGE

Anhang 1.: Beispiel eines ausgefüllten Formblatts mit den erhobenen Daten der Füchse und den Zecken

Daten Fuchs													Daten Zecken						Sonstiges
Lfd. Nr.	Datum	To / Nr	Alter	Beschlecht	Herkunft	nährungs- zustand	D.r	D.r.M	I.r.W	I.r.M	N.I.r	I.c.W	I.c.M	I.c.	I.h.	Nym.	Larv.	Haut	Sonstiges
	####		1-2	m/w			D.r	D.r.M	I.r.W	I.r.M	N.I.r	I.c.W	I.c.M	I.c.	I.h.	Nym.	Larv.	Haut	Sonstiges
458	####	785	1-2	m	J-SHK	norma	39		30	8							1		
459	####	786	1-2	w	J-SHK	norma	8		5	3									
460	####	787	1-2	m	IK	sehr gu	11		10	1									
461	####	788	1-2	m	SON	norma	13		12	1									
462	####	789	1-2	w	EIC	norma	20		15	5									
463	####	790	1-2	m	GTH	sehr gu	9		6	3									
464	####	791	2-3	m	KVF	mager	7		5	2									
465	####	792	1-2	w	EIC	mager	23		20	2				1					R
466	####	793	1-2	w	SOK	norma	54		44	10									
467	####	795	1-2	m	EIC	norma	27		17	10									
468	####	797	2-3	m	EIC	mager	24		23	1									
469	####	798	1-2	w	SM	schlecht	7		3	2				2					R
470	####	800	1-2	w	SON	norma	13		7	4				2					
471	####	802	1-2	m	J-SHK	mager	12		7	5									
472	####	803	1-2	m	SOK	norma	17		7	8	1								
473	####	804	1-2	w	SOK	norma	17		11	4							2		
474	####	805	1-2	w	GTH	norma	25		22	2							1		
475	####	806	1-2	w	GTH	norma	28		19	3			4	2					
476	####	807	1-2	m	IK	norma	32		22	10									
477	####	808	1-2	m	UH	mager	5		1					2	1		1		R
478	####	809	1-2	m	WAK	norma	73		63	9	1								
479	####	812	1-2	w	SLF	norma	15		14	1									
480	####	813	1-2	w	SLF	norma	54		37	12	2						3		
481	####	814	Weilpe	m	ABG	norma	2		1							1			
Legen		Daten Fuchs: Lfd. Nr.: laufende Nummer To/Nr.: Tollwut Nummer mlw: Männchen/weibchen Herkunft: Gebietskennzeichnung					Daten Zecker w./ Weibchen D.r.: <i>I. ricinus</i> / M: Männchen I.r.: <i>I. ricinus</i> N: Nymphen I.c.: <i>I. z.anzisag.</i> Nym. n. n: Nymphen ikodes spp. I.h.: <i>I. hexagor</i> Larv. n. n: Larven ikodes spp					Sonstiges: R: Räude							

Anhang 2: Material und Geräteliste

2.1 Ausrüstungsgegenstände für die Probenentnahme

Ausrüstung	Material
Großes Tauchbecken	Edelstahl
Schragentisch	Edelstahl

2.2 Verwendete Materialien für das Absammeln und lagern der Zecken

Material	Modell	Hersteller
Pinzette	18/10 Stahl, spitz, rundgebogen	Th. Geyer
Plastikröhrchen	5 ml., ohne Angaben (alter DDR Bestand)	

2.3 Verwendete Geräte

Gerät	Modell	Hersteller	Serie
Stereomikroskop	MZ6	Leica	5179063
Gefrierschrank	Profiline	Liebherr	77.465.205.4

XII. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei all denen bedanken, die bei der Anfertigung der Dissertation Anteil hatten:

Herr Dr. Lothar Hoffmann, sowohl für den Anstoß und die Unterstützung die Dissertation über die Zeckenpopulation der Füchse zu schreiben als auch dafür, mir bei der Entwicklung des Themas beratend zur Seite gestanden zu haben.

Herr Prof. Dr. Kurt Pfister, für die Möglichkeit an der Ludwig-Maximilian-Universität München zu promovieren, sowie für die Durchsicht und die konstruktiven Hinweise zur Fertigstellung.

Frau PD Dr. Cornelia Silaghi, für die wertvolle Betreuung und ihre geduldige Unterstützung bei der Erstellung, Durchsicht und Korrektur dieser Arbeit.

Frau Monia Mahling, für die kompetente Hilfe in der statistische Betreuung, ihre Geduld und aktive Beteiligung bei der Entwicklung der Arbeit.

Frau Prof. Dr. Lygia Passos für die Hilfestellung und Unterstützung in der Manuskripterstellung.

Frau Dr. Gabrielle Liebisch, für die hilfsbereite Unterstützung bei der Bestimmung der Zecken.

Herr Mario Klein, für die Informationen über die Fuchspopulation in Thüringen.

Herr Dr. Siegfried Lange und Herr Dr. Alexander Bauer für die Durchsicht der Arbeit und ihre konstruktiven Hinweise.

Dr. Uwe Kücken und Frau Dr. Franziska Hühn, für ihre Hilfestellung bei der Aufnahme der Bilder.

Herr Klaus Koch und Herr Thomas Matz, für ihre Bereitschaft und Hilfe in Verbindung mit der Entnahme der Proben.

Ich möchte mich auch bei denen bedanken, die nach meinem Unfall die Erledigung der letzten Formalitäten für die rechtzeitliche Abgabe der Dissertation übernommen haben: Frau Angelika Derschum, Herrn Thomas Thielemann und nochmals Herrn Prof. Dr. Kurt Pfister und Frau PD Dr. Cornelia Silaghi.

Abschließend meinen Kindern für ihre kontinuierliche Unterstützung.