

Aus dem Institut für Medizinische Mikrobiologie und Epidemiologie des Bereichs Medizin
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
(Direktor: Prof. Dr. sc. med. S. Ortel)

Untersuchungen zur Aktivität der Zecke *Ixodes ricinus* L. in zwei Naherholungsgebieten der Stadt Halle S.¹

Von

Werner Nafj

Mit 8 Abbildungen und 5 Tabellen

(Eingegangen am 5. Januar 1975)

Einleitung	325
Methodik der Aktivitätsmessungen	326
Untersuchte Biotope	326
Ergebnisse	327
a) Jahresverlauf der Aktivität 1961–1968	327
b) Tages- und Nachtaktivität	331
c) Klimatische Faktoren und Aktivität	334
Diskussion	337
Zusammenfassung	340
Schrifttum	340

Einleitung

Um die Jahrhundertwende war bereits bekannt, daß Zecken über die Belästigung des Blutsaugens und die Giftwirkung des beim Stich eingebrachten Speichels hinaus während des Saugaktes auch Krankheitserreger auf den jeweiligen Wirt übertragen können. Durch Arbeiten von Silber und Mitarb. (1957) erhielt das medizinische Interesse an den Schildzecken, vor allem an der Gattung *Ixodes* (Latreille 1795), eine neue Anregung. Die genannten Autoren erkannten im Jahre 1938 ein Virus als den Erreger einer schweren Enzephalitis, die in den östlichen Gebieten der Sowjetunion, besonders unter den Bauarbeitern auf den Großbaustellen, Opfer forderte. Sie konnten nachweisen, daß das Virus der Russischen Frühling-Sommer-Enzephalitis von Zecken der Art *Ixodes persulcatus* (P. Schulze, 1930) auf den Menschen übertragen wird.

In der Folgezeit wurden noch weitere Arbo-Virus-Erkrankungen (Arthropod-borne-viruses – durch Arthropoden übertragene Viren), bei denen Zecken als Vektor dienen, bekannt; so z. B. das Omsker haemorrhagische Fieber durch *Dermacentor marginatus* (Sulzer, 1776), die Zentraleuropäische Zeckenenzephalitis durch *Ixodes ricinus* (L. 1758) und Louping-ill, eine Erkrankung der Schafe in den Schottischen Hochländern, durch die gleiche Zeckenart. Alle angeführten Erkrankungen werden zu den Naturherdinfektionen gezählt. Von Pawlowski (1940) wird der Naturinfektionsherd „als ein Gebiet von bestimmtem geographischem Landschaftstypus mit Biotopen, in welchen es im

¹ Teilergebnisse der Promotionsschrift des Verfassers.

Verlauf der Evolution zur Entwicklung bestimmter gegenseitiger Beziehungen zwischen den Arten gekommen ist, und zwar zwischen dem Krankheitserreger (Mikroorganismus) einerseits und seinem Überträger andererseits" definiert. Die Voraussetzungen für den Bestand von Naturherden sind nicht nur in den vom Menschen nicht beeinflussten Gebieten, sondern auch in der Kulturlandschaft erhalten geblieben. Erinnert sei in diesem Zusammenhang nur an die in Mitteleuropa künstlich hochgehaltene Populationsdichte des jagdbaren Wildes und damit von Zeckenwirten.

Im Jahre 1959 gelang Sinnecker (1960) der Nachweis von Erkrankungen und auch von Naturherden der Zeckenzephalitis in der Deutschen Demokratischen Republik. Durch eine weite Verbreitung der Zecken in vielen Landesteilen – auch im Bezirk Halle (Naß, 1963) – ist eine der Voraussetzungen für die Existenz von Naturherden in größeren Ausmaßen gegeben. Die aussichtsreichste Prophylaxe der Zeckenzephalitis (ZE) ist die Unterbrechung des Viruskreislaufs in der Natur durch Ausschaltung des Vektors der Infektion – der Zecken. Für deren Bekämpfung ist jedoch die Kenntnis ihrer ökologischen Ansprüche und Lebensgewohnheiten Voraussetzung. Die vorliegende Arbeit ist eine Auswertung der Beobachtungen an Zeckenpopulationen in der Dölauer Heide und am Petersberg, den bedeutendsten Naherholungsgebieten der Stadt Halle, in den Jahren 1961–1968.

Methodik der Aktivitätsmessungen

Voraussetzung für Aktivitätsmessungen an Zecken ist eine genügend hohe Populationsdichte, die es gestattet, mit Hilfe einer Zeckenfahne zu arbeiten. Es handelt sich dabei um ein weißes Flanelltuch von $75 \times 75 \text{ cm}^2$, das an einem Stab wie eine Fahne befestigt ist. Mit diesem Gerät läßt sich der Berührungsreiz, den vorbeistreifende Wirte auf die an den Blattspitzen von Gräsern, Kräutern und Buschwerk wartenden Zecken ausüben, gut nachahmen. Die Holzböcke klammern sich an das weiße Tuch und können dann mit Federpinzette oder Pinsel quantitativ abgelesen werden. Die Aktivitätsmessungen erfolgten durch Abwedeln eines ausgewählten 100 m langen Abschnitts eines sichtbar vom Wild begangenen Wechsels mit Einschluß der an den Seiten befindlichen Kraut- und Strauchschicht. Nach jeweils 5 m wurden die an der Fahne angehefteten Zecken abgesammelt, alle Stadien gesondert gezählt und hinter der messenden Person wieder auf der Meßstrecke freigesetzt. Während der Dunkelheit erfolgte das Ablesen der aufgesammelten Zecken mit Hilfe einer Taschenlampe. Die ermittelten Werte wurden, wie international üblich, auf eine Meßstrecke von 1000 m umgerechnet und in der Reihenfolge Larven/Nymphen/Weibchen/Männchen notiert. Zur Erfassung der meteorologischen Bedingungen wurde vor jeder Aktivitätsmessung die Windrichtung und -stärke, der Bedeckungsgrad, die Lufttemperatur, die Bodentemperatur und die relative Feuchte festgestellt. Die Messungen der Lufttemperatur und der relativen Feuchte erfolgten im Gegensatz zur üblichen meteorologischen Methodik nicht in 2 m, sondern zur Erfassung des Mikroklimas in 2 cm Höhe über dem Erdboden mittels eines Aspirationspsychrometers nach Afsmann. Die Bodentemperatur wurde durch Auflegen eines Thermometers auf den beschatteten Boden gemessen. Die Windstärke ist nach der Beaufort-Skala geschätzt worden. Den Werten des Bedeckungsgrades liegt ebenfalls eine Schätzung zugrunde.

Untersuchte Biotope

1. Der Petersberg, eine waldbestandene Porphyrykuppe, die sich bis zu 250 m über NN erhebt, liegt etwa 10 km nördlich von Halle inmitten einer ausgedehnten Kultursteppe und ist für die Industriegroßstadt Halle eines der bedeutendsten Naherholungsgebiete und wurde daher zum Landschaftsschutzgebiet erklärt. Als Boden-

art findet sich vor allem sandiger Lehm bis lehmiger Sand, da der Berg eine, wenn auch nicht sehr mächtige Lößauflage trägt. Klimatisch unterscheidet sich die exponierte Kuppe vor allem im Temperaturgang und in der Feuchte von der umgebenden Kultursteppe. So liegt die mittlere jährliche Lufttemperatur um 1 °C niedriger. Die Meßstrecke wurde am Nord-Ost-Hang der Kuppe auf einem alten verwachsenen Gestellweg, der vom Wild als Wechsel benutzt, jedoch selten von Menschen begangen wird, angelegt. Die Baumschicht besteht hier vorwiegend aus Eiche, Buche und Birke. Die Strauchschicht wird durch Stockausschläge und Hasel gebildet. In der Krautschicht sind neben Waldgräsern besonders Geophyten, wie Buschwindröschen, Maiglöckchen, Schattenblume und Salomonssiegel, zu finden. Infolge der dichten Bedeckung ist der Boden relativ feucht, so daß sich auch Laubmoospolster entwickeln können.

In diesem günstigen Biotop findet sich eine Vielzahl von Zeckenwirten. Als großer Säuger ist das Reh, als mittlere Säuger sind Dachs, Fuchs, Hase und Kaninchen vertreten. An Kleinsäugetern finden sich vor allem die Gelbhalsmaus, weiterhin die Rötelmaus und an Lichtungen die Waldmaus. Es wurden außerdem folgende Vögel, die als Zeckenwirte bekannt sind, beobachtet: Mäusebussard, Rabenkrähe, Eichelhäher, Elster, Singdrossel und Kohlmeise. Das Gebiet wird forstwirtschaftlich genutzt. Durch den Ausbau des Naherholungszentrums im Jahre 1965 durchstreifen in zunehmendem Maße Erholungssuchende die Waldgebiete.

2. Die Dölauer Heide – der hallesche Stadtwald – liegt unmittelbar westlich der Stadt Halle mit einer durchschnittlichen Höhenlage von 100 m über NN. Auch dieses Gebiet wurde wegen seiner sozialhygienischen Bedeutung zum Landschaftsschutzgebiet erklärt. Der geologische Aufbau wird vorwiegend durch Tertiär- und Pleistozän-Sedimente wie Kiese, Sande, Schluffe und Tone bestimmt. Im nördlichen Teil des Gebietes durchragen Eruptionsgesteine des Rotliegenden, insbesondere Quarzporphyre, die Lockergesteine. In südlichen und westlichen Teilen stehen Triasschichten – Buntsandstein und Muschelkalk – oberflächlich an. Durch den vorwiegend sandigen Boden bedingt, herrscht in der Baumschicht die Kiefer vor. Ihr folgen in der Reihenfolge der Häufigkeit Eiche, Birke, Buche, Ulme, Espe und Robinie. Unter der relativ lockeren Baumschicht hat sich eine sehr artenreiche Strauchschicht entwickelt. Die Bodenflora ist ebenfalls sehr mannigfaltig. Sie umfaßt viele Gräser und Kräuter. So bildet das Wald-Bingelkraut in den Abteilungen, in denen der Muschelkalk ansteht, im Verein mit Maiglöckchen und Salomonssiegel dichte Bestände. Hartheu und Habichtskräuter bedecken weithin die sandigen Stellen.

Auch in diesem Gebiet ist als größter Säuger das Reh zu finden. Fuchs, Dachs, Steinmarder, Baumarder, Iltis, Hermelin, Mauswiesel, Hase, Kaninchen und Eichhörnchen stellen die mittleren Säuger. Die am häufigsten anzutreffenden Kleinsäuger sind die Rötelmaus, die Gelbhalsmaus und die Waldmaus. Infolge der günstigen Biotopeigenschaften ist auch die Vogelwelt arten- und individuenreich.

Das Gebiet wird forstwirtschaftlich genutzt. Die gute Verkehrslage bedingt besonders in den stadtnahen Teilen während des ganzen Jahres einen regen Besucherstrom. Die Meßstrecken wurden daher im Lintbusch, dem weniger begangenen Teil der Heide, angelegt.

E r g e b n i s s e

a) Jahresverlauf der Aktivität 1961–1968

Die Saisondynamik von *Ixodes ricinus* ist durch verschiedene Autoren (Dyk, 1958; Babos u. Eichler, 1960; Loew u. Mitarb., 1963; Apitzsch, 1967; Bauch, 1972) untersucht worden. Den von ihnen angegebenen Verläufen liegen meist die Werte der

Nymphen zu Grunde, da diese während der gesamten Aktivitätsperiode mit einiger Regelmäßigkeit nachzuweisen sind. Für Mitteleuropa wird in der angeführten Literatur ein zweigipfelter Verlauf mit einem Maximum im Frühjahr, kurz nach Aktivitätsbeginn, und einem zweiten, aber meist niedrigerem Aktivitätshöhepunkt im Frühherbst als normale Saisondynamik angegeben. In der vorliegenden Arbeit wurden jedoch alle Entwicklungsstadien berücksichtigt, um einen umfassenden Überblick über das Verhalten der Art zu bekommen. Larven, Nymphen und Imagines reagieren unterschiedlich auf Umwelteinflüsse, besonders auf Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit. Demzufolge weichen ihre Aktivitätsverläufe voneinander ab. Darüber hinaus bestehen große Unterschiede in der Häufigkeit der einzelnen Stadien – Loew errechnete eine Verlustrate von 95 % während des Entwicklungsganges. Die Temperaturansprüche der Art – wenigstens drei Monate mit Temperaturmittel über $+10^{\circ}\text{C}$ – werden im Untersuchungsgebiet erfüllt. Die relative Feuchte dagegen – nach Angaben von Babos und Eichler mindestens 80 bis 85 % bewegt sich meist im Grenzgebiet der möglichen Toleranz. Daher ist es verständlich, daß niederschlagsarme Jahre, vor allem in Sand- und Kalkgebieten, wie z. B. in der Dölauer Heide, erhebliche Abweichungen vom normalen Verlauf der Jahresaktivität bewirken können. Am Petersberg, wo vorwiegend relativ feuchte Laub-Mischwälder auf Löß stocken, sind die Voraussetzungen für die Aktivität der Zecken wesentlich günstiger.

In den Abb. 1 und 2 wird zunächst der gesamte achtjährige Untersuchungszeitraum in Monatsmitteln dargestellt, um auf diese Weise einen durchschnittlichen Jahresaktivitätsverlauf zu erhalten. Dabei läßt sich für den Petersberg (Abb. 1) die von den bereits genannten Autoren für andere Gebiete beschriebene Kurve mit hohem ersten Gipfel, hier im Zeitraum Ende Mai bis Anfang Juni, und dem niedrigeren zweiten Ende August bis Anfang September für die Larven und Nymphen gut erkennen. Bei den Imagines – Männchen und Weibchen wurden zusammengefaßt – zeichnet sich die Aktivitätsgipfelbildung infolge ihres zahlenmäßig geringen Vorkommens (von 1961

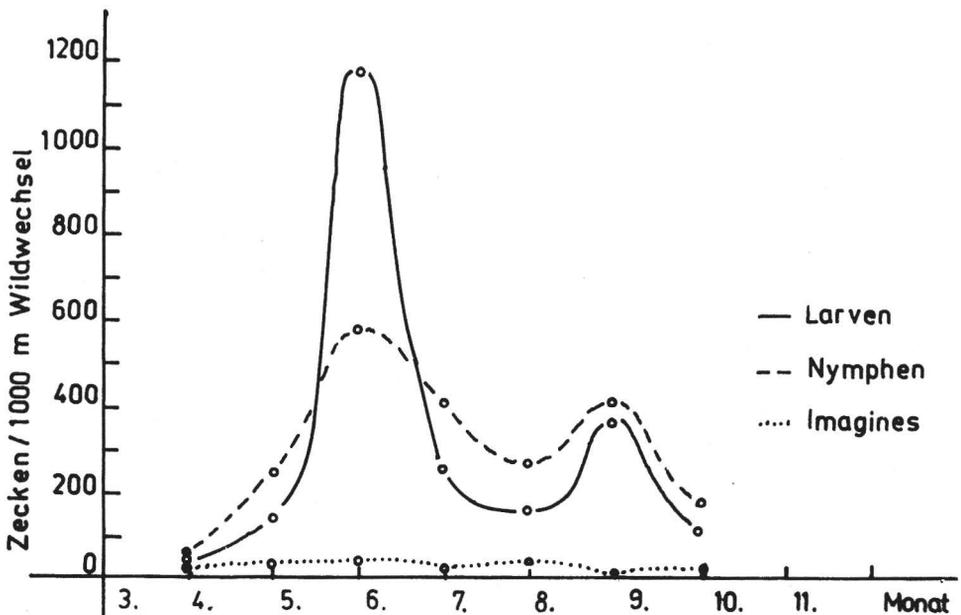


Abb. 1. Jahresverlauf der Aktivität von *Ixodes ricinus* L., Petersberg, Monatsmittel 1961–1968

bis 1968 wurden insgesamt nur 158 aktive Imagines gegenüber 7 247 Larven und Nymphen nachgewiesen) nur undeutlich ab. Ferner ist zu bedenken, daß sich auf Grund der kleinen Zahlen Meßfehler stärker auswirken können.

Die Jahreskurve der Aktivität von *Ixodes ricinus* in der Dölauer Heide (Abb. 2) zeigt für die Larven einen, wenn man vom kleinen Zwischengipfel im Juli absieht, annähernd normalen Verlauf. Auffällig ist der zeitliche Unterschied im Eintritt des Frühjahrsmaximums der Larven in beiden Gebieten. Während in der Dölauer Heide bereits im Mai durch die schnellere Erwärmung des Sand- und Kalkbodens der Höhepunkt erreicht wird, ist das auf dem kühleren Lößboden am Petersberg erst einen Monat später der Fall (die Temperaturdifferenz beträgt durchschnittlich 1 °C). Im weiteren Verlauf gleichen sich die Kurven mit einem Minimum im August und dem Herbstgipfel Anfang September.

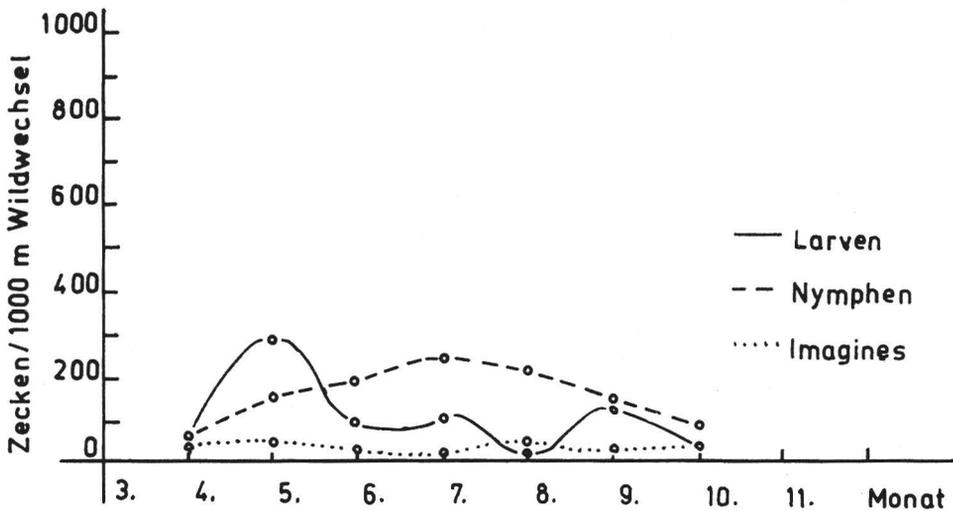


Abb. 2. Jahresverlauf der Aktivität von *Ixodes ricinus* L., Dölauer Heide, Monatsmittel 1961–1968

Der Aktivitätsgang der Nymphen in der Dölauer Heide weist gegenüber dem des Petersberges Besonderheiten auf. Nach einem im Verhältnis zum Petersberg flachen Anstieg mit angedeutetem Gipfel im Mai wird der Höhepunkt erst im Juli erreicht. Danach fällt die Kurve, ohne einen Herbstgipfel zu bilden, bis zum Ende der Aktivitätsperiode im Oktober gleichmäßig ab. In diesem Verhalten kommt die Anpassung der Nymphen an die Eigenschaften des Biotops in der Dölauer Heide zum Ausdruck. Sie sind in diesem trockenen Gebiet auf die frühsummerlichen Regenfälle, die meist zwischen Anfang Juni bis Mitte Juli eintreten, angewiesen und erreichen erst danach ihr Aktivitätsmaximum. Je nach den wechselnden klimatischen Bedingungen ergeben sich in den einzelnen Jahren Abweichungen von den achtjährigen Monatsmitteln. Neben typischen Verläufen mit hohem Frühjahrs- und niedrigem Herbstgipfel (Petersberg 1964) finden sich Sattellbildungen mit annähernd gleichen Maxima (Petersberg 1962) (Abb. 3). Aber auch die Umkehrung der Verhältnisse mit höherem Herbstgipfel (Dölauer Heide 1965) bzw. nur einem Höhepunkt in der Mitte der Aktivitätsperiode (Dölauer Heide 1967) (Abb. 4) lassen sich beobachten. Stark voneinander abweichende Aktivitätsverläufe in den untersuchten Biotopen zeigt die Abb. 5 für das Jahr 1961.

Der Aktivitätsverlauf innerhalb eines Jahres wird nicht allein von den klimatischen Bedingungen während der Aktivitätsperiode, sondern darüber hinaus vom Charakter vorangegangener Winter beeinflusst. Besonders lange Winter, denen ein nasses und kaltes Frühjahr folgt, reduzieren die Populationsdichte der Zecken, aber auch die ihrer hauptsächlichsten Wirte, der Kleinsäuger. Das führt zur Verringerung der Anzahl sich weiter entwickelnder Zecken bzw. Gelege, und die Population benötigt dann etwa einen Zeitraum von 4 bis 5 Jahren, um ihre ursprüngliche Dichte wieder zu erreichen.

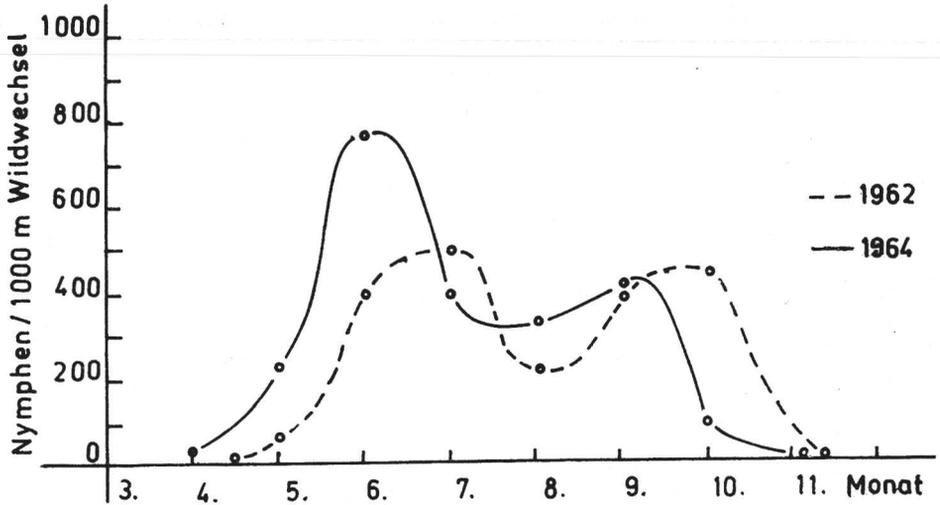


Abb. 3. Jahresverlauf der Aktivität von *Ixodes ricinus* L., Petersberg, Nymphen

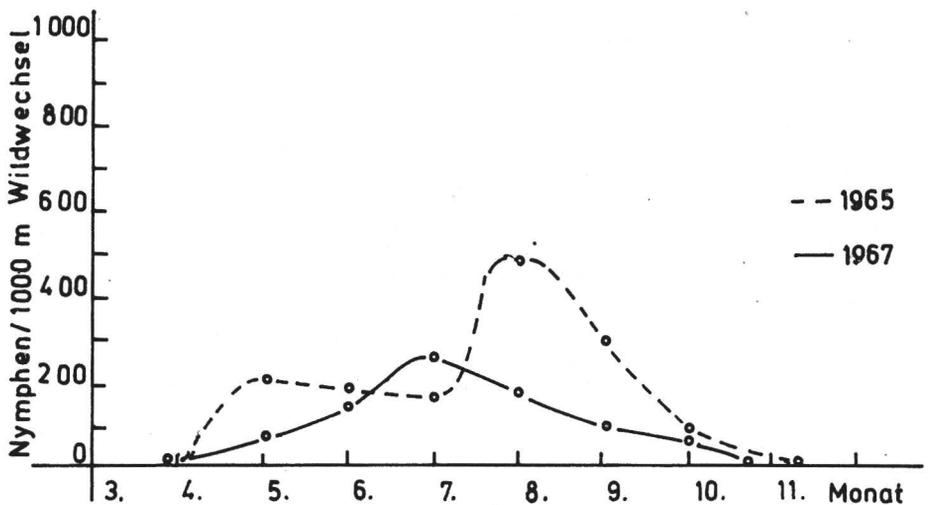


Abb. 4. Jahresverlauf der Aktivität von *Ixodes ricinus* L., Dölauer Heide, Nymphen

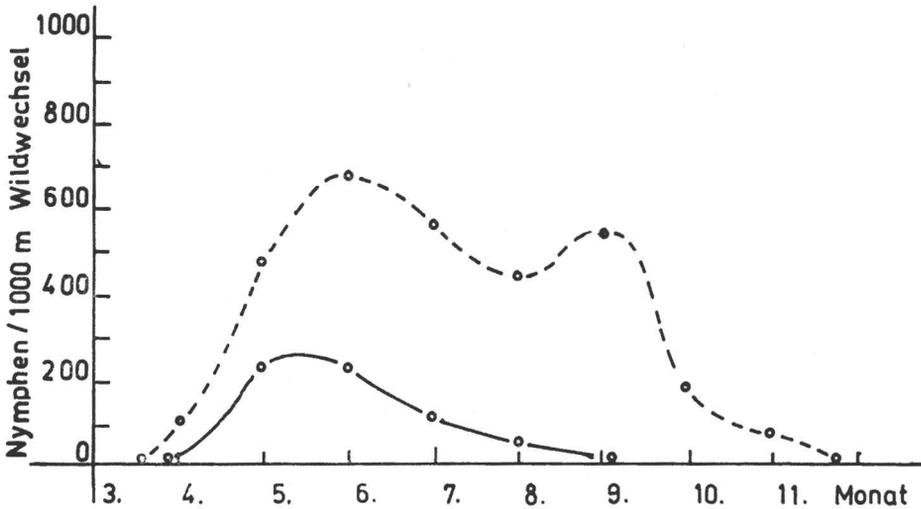


Abb. 5. Jahresverlauf der Aktivität von *Ixodes ricinus* L., Petersberg --- und Dölauer Heide — 1961

Der Beginn der Aktivitätsperiode stimmt in den untersuchten Gebieten meist mit dem Termin der dauernden Überschreitung der $+10^{\circ}$ -Celsius-Grenze überein. Milde Winter oder auch kürzere Wärmeperioden im Vorfrühling können jedoch bereits vor diesem Datum die Aktivität auslösen. So konnten in den Jahren 1961, 1965 und 1968 bereits im März aktive Zecken gefunden werden. Die Nymphen lassen sich am Ende der Aktivitätsperiode infolge ihrer geringeren Temperaturempfindlichkeit häufig noch einige Zeit nach der Unterschreitung der 10° -Celsius-Grenze nachweisen.

b) Tages- und Nachtaktivität

Zur Erfassung der Schwankungen der diurnalen Aktivität der Zecken wurden im gesamten Untersuchungszeitraum, sowohl am Vormittag zwischen 9 und 11 Uhr als auch am Nachmittag zwischen 14 und 17 Uhr, Aktivitätsmessungen durchgeführt. In jedem Monat während der Jahresaktivitätsperiode erfolgten mindestens zwei vollständige Tagesmessungen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Abb. 6 und 7 dargestellt. Den Prozentwerten liegt die Gesamtzahl aller aktiv gefundenen Tiere der 8jährigen Untersuchungen zugrunde. Dadurch ergibt sich ein von Tages- und Jahresschwankungen freies stilisiertes Bild, das das allgemeine Verhalten der Art erkennen läßt. In den beiden untersuchten Gebieten ergaben sich unterschiedliche Verläufe der durchschnittlichen Tagesaktivität. Im zeitigen Frühjahr überwiegt sowohl am Petersberg als auch in der Dölauer Heide die Vormittagsaktivität. Anfang bis Mitte Mai tritt dann jedoch eine Umkehr ein. Zur Zeit des Jahresaktivitätsmaximums steigt die Aktivität in der Zeit von 14 bis 17 Uhr auf über 70 % des gesamten Tageswertes an. In den Monaten Juni bzw. Juli tritt eine abermalige Umkehr ein, wobei es in der Dölauer Heide zur vollständigen Angleichung beider Werte kommt. Am Petersberg steigt dann die Nachmittagsaktivität bis zum September hin leicht an, während die des Vormittags entsprechend absinkt. Ab Oktober jedoch nähern sich die Werte wieder, d. h., es werden die Mittagsstunden bevorzugt. Im Gegensatz zum Petersberg sinkt die Aktivität am Nachmittag in der Dölauer Heide vom August an sehr stark ab und verlagert sich in die taufeuchten Vormittagsstunden.

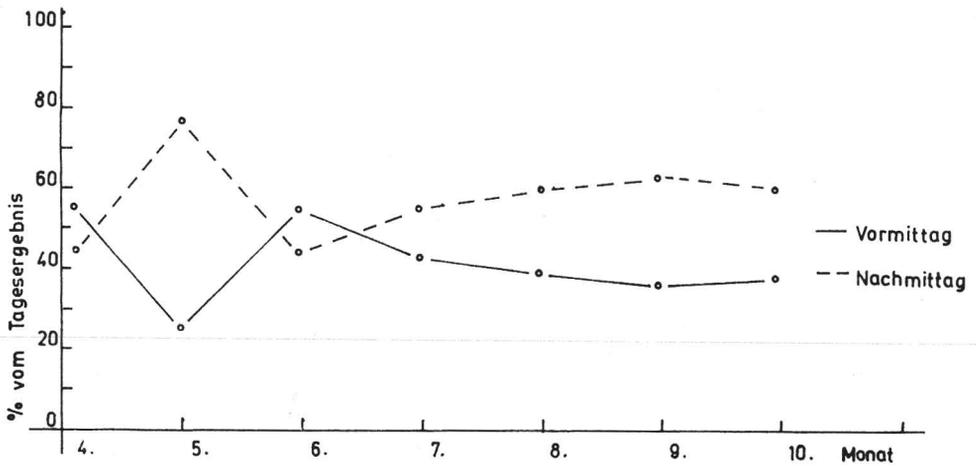


Abb. 6. Durchschnittliche Tagesaktivität von *Ixodes ricinus* L., Petersberg 1961–1968 (Stadien gesamt)

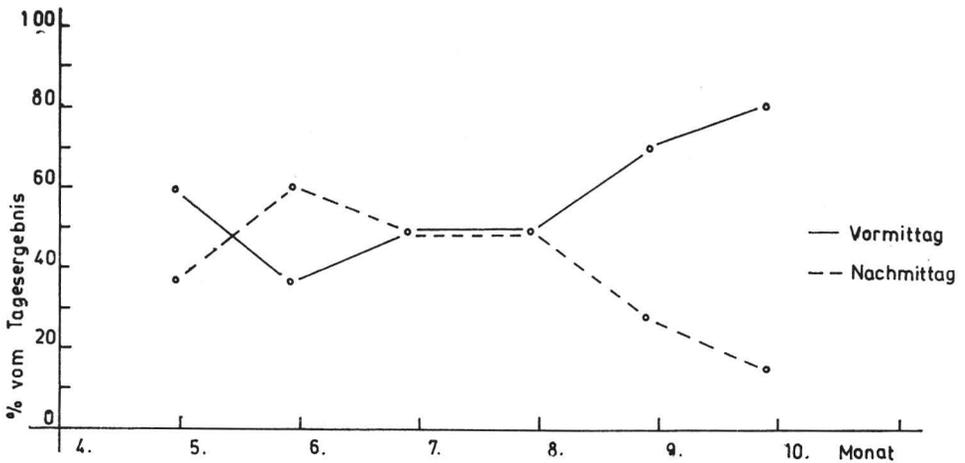


Abb. 7. Durchschnittliche Tagesaktivität von *Ixodes ricinus* L., Dölauer Heide 1961–1968 (Stadien gesamt)

Zur Erfassung der Unterschiede in der Tagesaktivität der einzelnen Stadien ist in den Tab. 1 und 2 die durchschnittliche Anzahl der Larven, Nymphen, Weibchen und Männchen, errechnet aus der Gesamtzahl aller während des gesamten Untersuchungszeitraumes aktiv gefundener Tiere, als Prozentwert des Tagesergebnisses angeführt. Die Larven verhalten sich etwa entsprechend den Kurven der durchschnittlichen Tagesaktivität aller Stadien in beiden untersuchten Biotopen. Die Nymphen weisen dagegen ein ausgeglicheneres Verhältnis der Früh- und Nachmittagsaktivität auf; sie besitzen, wie auch eigene Laborversuche zeigten, eine wesentlich größere Toleranz gegenüber den Einwirkungen von Temperatur und relativer Feuchte als die Larven. Infolge der geringen Anzahl der Imagoes lassen sich für diese keine sicheren Aussagen machen.

Tabelle 1. Durchschnittliche Tagesaktivität der Larven/Nymphen/Weibchen/Männchen von *Ixodes ricinus* L. (Petersberg 1961–1968)

Monat	Vormittag 9 bis 11 Uhr	% vom Tages- ergebnis	Nachmittag 14 bis 17 Uhr	% vom Tages- ergebnis
April	1/ 8/1/0	55,6	0/ 7/0/1	44,4
Mai	13/ 3/2/0	25,0	2/50/1/1	75,0
Juni	123/49/1/1	54,4	97/49/1/1	45,6
Juli	16/51/1/1	44,5	40/45/1/0	55,5
August	6/22/1/1	40,0	23/22/1/1	60,0
September	17/31/0/0	36,6	62/21/0/0	63,4
Oktober	2/22/1/0	39,7	20/16/2/0	60,3

Tabelle 2. Durchschnittliche Tagesaktivität der Larven/Nymphen/Weibchen/Männchen von *Ixodes ricinus* L. (Dölauer Heide 1961–1968)

Monat	Vormittag 9 bis 11 Uhr	% vom Tages- ergebnis	Nachmittag 14 bis 17 Uhr	% vom Tages- ergebnis
Mai	40/15/1/1	61,3	17/17/1/1	38,7
Juni	6/12/1/0	38,0	11/18/1/1	62,0
Juli	10/25/0/0	50,0	10/25/0/0	50,0
August	1/21/1/1	50,0	0/23/1/0	50,0
September	24/24/1/1	71,4	0/16/0/0	28,6
Oktober	4/10/1/1	84,2	0/ 2/1/0	15,8

Ausgehend vom normalen Verhalten der Wirte von *Ixodes ricinus* L. drängt sich die Überlegung auf, daß ein blutsaugender Ektoparasit, der als Wirtsspektrum vorwiegend nacht- bzw. dämmerungsaktive Tiere besitzt, zu dieser Tageszeit ebenfalls aktiv sein müßte. Das Maximum der Aktivität ist weiterhin wegen der normalerweise ansteigenden relativen Luftfeuchte in der Nacht zu vermuten. Nach Angaben von Babos und Eichler (1960) benötigen die Zecken mindestens 80 % relative Feuchte, um aktiv sein zu können.

Um dieser Frage nachzugehen, wurden die Meßreihen auf dem Petersberg in die Dämmerungs- bzw. Nachtstunden hinein ausgedehnt. Diese Untersuchungen wurden jeweils von Ende April bis Ende August von 1965 bis 1968 durchgeführt. Die erste Messung fand in der Regel früh um 10 Uhr, die zweite um 15 Uhr und die dritte um 22 Uhr statt; dabei wurde, um Zufälligkeiten auszuschließen, die Meßreihe meistens über mehrere Tage ausgedehnt. Die angestellten Überlegungen schienen sich zunächst zu bestätigen; der Fortgang der Untersuchungen zeigte jedoch, daß die Nachtaktivität im Verlauf des Jahres bis zum Juni ständig abnimmt und erst im August die Vormittagsaktivität wieder gering übertrifft. Die Abb. 8 verdeutlicht die Verschiebung der Aktivitätsschwerpunkte innerhalb des Jahres.

In gleicher Weise wie in den Tab. 1 und 2 wird in der Tab. 3 die durchschnittliche Anzahl der Larven, Nymphen, Weibchen und Männchen als Prozentanteil an der gesamten Tagesaktivität dargestellt. Die Larven zeigen gegenüber den Tageswerten einen erheblichen Rückgang in der Nacht. Das kann möglicherweise auf Meßfehlern beruhen, denn die knapp 1/2 mm großen Tiere können bei Taschenlampenbeleuchtung der Aufmerksamkeit entgangen sein. Sie sind in der Nacht unter diesen Bedingungen nur erkennbar, wenn sie sich auf der Fahne bewegen. Damit allein lassen sich jedoch so große

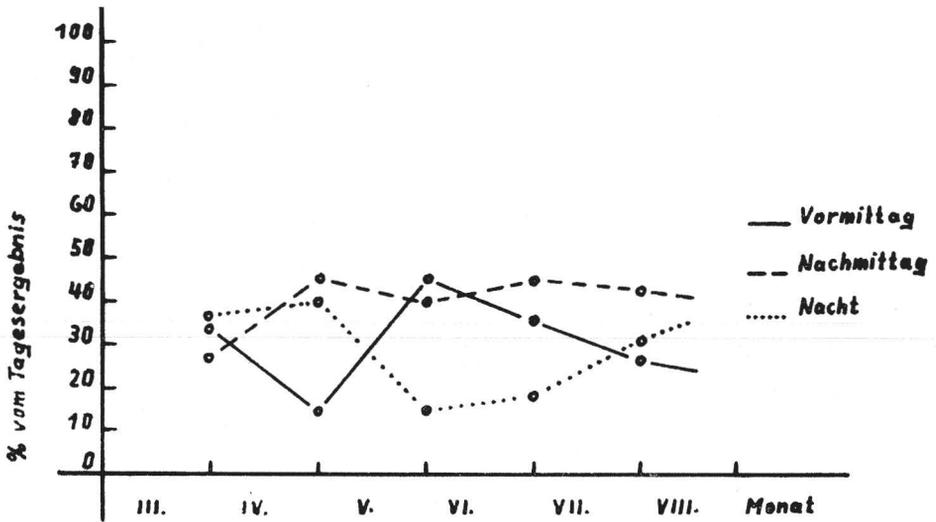


Abb. 8. Durchschnittliche Tages- und Nachtaktivität von *Ixodes ricinus* L., Petersberg 1965–1968 (Stadien gesamt)

Aktivitätssprünge, wie sie beispielsweise im Juni von 123 Larven am Vormittag auf drei in der Nacht abzulesen sind, nicht erklären. Wahrscheinlich ist die Absenkung der Temperatur für den Rückgang der Aktivität der Larven verantwortlich. Die Nymphen dagegen vermögen diese Veränderung zu tolerieren und sind demzufolge auch in der Nacht aktiv. Ähnlich verhalten sich die Imagines, obwohl ihr spärliches Auftreten die Sicherheit dieser Aussage einschränkt. Der tatsächliche Verlauf der Aktivität an einzelnen Tagen bzw. auch in größeren Zeiträumen schwankt naturgemäß um die angegebenen Mittelwerte. Dabei wirken vor allem die beiden klimatischen Faktoren Temperatur und relative Feuchte mit ihren Veränderungen auf die Zecken ein.

Tabelle 3. Durchschnittliche Tages- und Nachtaktivität der Larven/Nymphen/Weibchen/Männchen von *Ixodes ricinus* L. (Petersberg 1965–1968)

Monat	Vormittag 9 bis 11 Uhr	$\frac{0}{0}$ vom Tages- ergebnis	Nachmittag 14 b. 17 Uhr	$\frac{0}{0}$ vom Tages- ergebnis	Nacht 20 bis 2 Uhr	$\frac{0}{0}$ vom Tages- ergebnis
April	1/ 8/1/0	34,5	0/ 7/0/1	27,6	1/ 8/ 1/1	37,9
Mai	13/ 3/2/0	15,0	2/50/1/1	45,0	2/ 45/0/1	40,0
Juni	123/49/1/1	47,2	97/49/1/1	39,8	3/44/ 1/0	13,0
Juli	16/51/1/1	35,9	40/45/1/0	44,8	2/ 35/0/0	19,3
August	6/22/1/1	27,0	23/22/1/1	42,3	5/27/1/1	30,7

c) Klimatische Faktoren und Aktivität

Um den Einfluß der meteorologischen Faktoren Temperatur und relative Feuchte auf die Aktivität von *Ixodes ricinus* zu erfassen, sind deren Werte vor jeder Aktivitätsmessung ermittelt worden. In den Tab. 4 und 5 wurde nun versucht, die beobachtete Häufung der Aktivität der einzelnen Entwicklungsstadien des Holzbocks mit der Temperatur und der relativen Feuchte in Beziehung zu setzen, indem alle bei dem jeweiligen

Tabelle 4. Einfluß von Temperatur und relativer Feuchte auf das Fangergebnis von *Ixodes ricinus* L. (Petersberg) Larven/Nymphen/Weibchen/Männchen

% rel. Feuchte	10 bis 13,9 °C	14 bis 16,9 °C	17 bis 19,9 °C	20 bis 22,9 °C	23 bis 26 °C	gesamt
40— 50			0/ 1/ 0/ 0	50/ 12/ 5/ 0		50/ 13/ 5/ 0
51— 55	80/ 50/0/1					80/ 50/ 0/ 1
56— 60	8/ 0/0/0			0/ 3/ 1/ 0	200/ 78/ 4/1	208/ 81/ 4/ 1
61— 65		300/ 52/ 3/ 0	7/ 111/ 2/ 2	300/ 44/ 1/ 0		607/ 207/ 6/ 2
66— 70	0/ 26/0/1	20/ 68/ 0/ 1		200/ 45/ 0/ 0		220/ 139/ 0/ 2
71— 75			43/ 221/ 3/ 1	61/ 85/ 1/ 0	0/ 23/ 1/0	104/ 329/ 5/ 1
76— 80	4/ 50/0/0	11/ 58/ 1/ 0	572/ 179/ 6/ 4	36/188/ 1/ 3	18/ 68/ 6/0	641/ 543/14/ 7
81— 85	19/ 66/4/0	34/170/ 7/ 4	705/ 393/ 7/ 3	80/148/ 5/ 1	10/ 37/ 1/0	848/ 814/24/ 8
86— 90	19/186/0/4	58/264/10/11	6/ 70/ 4/ 1	8/ 28/ 1/ 0		91/ 548/15/16
91— 95	15/ 77/4/3	17/211/ 2/ 2	92/ 360/11/ 9	518/228/ 6/ 8		642/ 876/23/22
96—100	0/ 3/0/0	7/ 32/ 0/ 0	5/ 37/ 1/ 1	17/ 55/ 0/ 0		29/ 127/ 1/ 1
insgesamt	145/458/8/9	447/855/23/18	1430/1372/34/21	1270/836/20/12	228/206/12/1	3520/3727/97/61

Tabelle 5. Einfluß von Temperatur und relativer Feuchte auf das Fangergebnis von *Ixodes ricinus* L. (Dölauer Heide) Larven/Nymphen/Weibchen/Männchen

$\%_0$ rel. Feuchte	10 bis 13,9 °C	14 bis 16,9 °C	17 bis 19,9 °C	20 bis 22,9 °C	23 bis 26 °C	gesamt
40— 50	0/3/0/0			10/14/1/0		10/ 17/ 1/0
51— 55			0/ 2/0/0			0/ 2/ 0/0
56— 60						0/ 0/ 0/0
61— 65		45/ 23/1/1				45/ 23/ 1/1
66— 70		62/ 63/4/1	353/105/2/1	12/30/4 2		427/198/10/4
71— 75		100/ 17/0/0				100/ 17/ 0/0
76— 80			0/ 2/1/0	21/39/3/1		21/ 41/ 4/1
81— 85			4/ 16/1/1		20/50/0/0	24/ 66/ 1/1
86— 90		2/ 60/2/2	1/ 12/2/0			3/ 72/ 4/2
91— 95			0/ 7/0/0			0/ 7/ 0/0
96—100		0/ 25/0/0				0/ 25/ 0/0
insgesamt	0/3/0/0	209/188/7/4	358/144/6/2	43/83/8/3	20/50/0/0	630/468/21/9

Temperatur-Feuchte-Verhältnis aktiven Larven, Nymphen und Imagines zusammengefaßt wurden. Für das Gebiet am Petersberg ließen sich so 7405 und für die Dölauer Heide 1128 Zecken aller Stadien in ihrem Verhalten auswerten. Die Ergebnisse aus dem Petersberger Biotop, wiedergegeben in der Tab. 4, zeigen eine deutliche Bevorzugung des Temperaturbereichs von 17 bis 19,9 °C, da hier die Aktivitätsmaxima aller Stadien erreicht werden.

In den Feuchtebereichen streuen die Maxima der Larven, Nymphen und Imagines, liegen jedoch meist über 81 % relativer Feuchte und damit ebenfalls im Vorzugsbereich. Ausnahmen finden sich lediglich bei den Larven (s. S. 339).

Die Tab. 5 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen für die Dölauer Heide. In diesem wesentlich trockneren Gebiet erreichen alle Stadien schon bei 66 bis 70 % relativer Feuchte ihr Aktivitätsmaximum, ein Zeichen für die Anpassungsmöglichkeit der Art an den Biotopcharakter. Die Vorzugstemperaturen umfassen hier den Bereich von 14 bis 19,9 °C.

Zwischen den weiterhin aufgezeichneten meteorologischen Faktoren Windrichtung und -stärke sowie Bedeckungsgrad und der Zeckenaktivität ließen sich im gesammelten Material keine Beziehungen auffinden.

D i s k u s s i o n

Die Saisondynamik von *Ixodes ricinus* L. in Mitteleuropa ist von verschiedenen Autoren (Dyk, 1958; Babos u. Eichler, 1960; Loew u. Mitarb., 1963; Apitzsch, 1967; Bauch, 1972) untersucht worden. Sie ermittelten als normalen Verlauf ein Maximum der Aktivität im Frühjahr kurz nach Aktivitätsbeginn und ein zweites – aber meist geringeres – im Frühherbst. Loew und Mitarb. (1963) führen die Zweigipfligkeit des Aktivitätsverlaufs auf die klimatischen Verhältnisse zurück. Veränderungen der klimatischen Faktoren, besonders der Temperatur und der relativen Feuchte, wirken sich auch auf die Saisondynamik der Zecken aus. Dyk (1958) beobachtete, daß außerordentliche Trockenheit im Frühjahr das Aktivitätsmaximum dieser Jahreszeit bis in den Sommer hinein verschob, als die ersten Niederschläge fielen. Bauch (1972) fand in Biotopen, die keiner starken Austrocknung und Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren, nur ein schwaches Absinken der Aktivitätskurve im Hochsommer. Die Saisonverläufe in einem Gebiet sind je nach Witterungscharakter des untersuchten Jahres unterschiedlich; aber auch die Aktivitätskurven gleicher Jahre verlaufen in verschiedenen Gebieten nicht gleichsinnig. Im Jahre 1961 stellte Loew ein gegenüber dem Frühjahr doppelt so hohes Herbstmaximum fest, während hier in der Dölauer Heide, einem stark austrocknenden Biotop, im Herbst keine Aktivität mehr zu messen war. Am Petersberg jedoch fand ein normaler Ablauf statt. Im Herdgebiet von Torgelow beobachtete Apitzsch (1967) im gleichen Jahr einen zwischen diesen Extremen liegenden Verlauf, bei dem die Aktivität vom Frühjahr zum Herbst hin kontinuierlich abnahm. Diese Unterschiede in der Saisondynamik sind Ausdruck der Biotopbesonderheiten, insbesondere der geologischen, klimatischen und floristischen Faktoren, aber auch des schwankenden Wirtsangebotes.

Nicht nur die Aktivitätsverläufe in einzelnen Jahren und in verschiedenen Biotopen können differieren, sondern auch die der Entwicklungsstadien der Zecke *Ixodes ricinus*. Das Frühjahrsmaximum der Larven wurde in der Dölauer Heide mit ihren wärmeren Kalk- und Sandböden meist eher erreicht als auf den zwar feuchten, aber kühleren Lößböden des Petersberges. Mit beginnender Austrocknung des Gebietes sinkt ihre Aktivität dann jedoch schnell wieder ab. Dieses Stadium reagiert am emp-

findlichsten auf Veränderungen der klimatischen Faktoren, besonders der relativen Feuchte. Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß die Larven keine Stigmen besitzen und mit der Körperoberfläche atmen. Die Nymphen können bereits bei geringeren relativen Feuchten und Temperaturen aktiv werden, wenn auch ihre Anzahl dann nicht so schnell zunimmt wie die der Larven.

Die Tagesaktivität von *Ixodes ricinus* wurde bisher nur in östlichen Ländern Europas eingehender untersucht. Die Kenntnis dieser Aktivitätsbewegungen ist jedoch ein wesentlicher Faktor für die Beurteilung des Befalls in einem Gebiet. Bouckova und Dyk (1968) untersuchten in dieser Hinsicht im Jahre 1966 das Waldgebiet von Jezirko/ČSSR in den Monaten Juni bis Oktober. Ihre Messungen fanden zweimal monatlich jeweils früh von 7 bis 10 Uhr, mittags von 11 bis 14 Uhr und abends von 17 bis 19 Uhr statt. Die genannten Autoren ermittelten eine Verschiebung des Schwerpunktes der Tagesaktivität im Laufe des Jahres. Im Juni sind es die Abendstunden, die bevorzugt werden, aber bereits im Juli liegt der Höhepunkt in der Mittagszeit. Der August zeichnet sich durch Maxima am Vormittag aus, ab September jedoch liegen diese wieder in der Tagesmitte, um im Oktober zu dieser Zeit fast 60 % des gesamten Tagesergebnisses zu erreichen.

Die eigenen Untersuchungen, die sich über einen Zeitraum von acht Jahren erstrecken, ergaben ebenfalls Schwerpunktverschiebungen der Tagesaktivität im Jahresverlauf. Im Gegensatz zu Bouckova und Dyk wurden zunächst nur die Früh- und Nachmittagswerte ermittelt, d. h., die erste Messung erfolgte vormittags zwischen 9 und 11 Uhr und die zweite nachmittags zwischen 14 und 17 Uhr. Die Ergebnisse sind also nicht unmittelbar zu vergleichen. Der festgestellte Nachmittagswert, der etwa dem Mittagswert von Bouckova und Dyk entspricht, lag im Juni in der Dölauer Heide ebenfalls höher als der des Vormittags. Die hiesigen Messungen wurden aber bereits im April bzw. Mai begonnen und zeigten, daß Anfang Mai der Vormittagswert um etwa 20 % über dem des Nachmittags lag und erst Mitte Mai eine Umkehrung der Höhepunkte zu verzeichnen war. Diese Umkehr ergab sich auch am Petersberg, allerdings bereits im April. Vom Monat Juli ab ist der Kurvenverlauf am Petersberg dem aus Jezirko ähnlich. In der Dölauer Heide sinkt aber ab August die Aktivität am Nachmittag infolge der stärkeren Austrocknung dieses Gebietes (Sand- und Kalkböden) stark ab und verlagert sich, bedingt durch die Erhöhung der Luftfeuchte auf Grund des Taufalls, auf den Vormittag. Es kommen demzufolge auch bei diesen Messungen Biotopunterschiede zum Ausdruck.

Auf Grund der Überlegung, daß ein Ektoparasit, der vorwiegend dämmerungs- bzw. nachtaktive Tiere befällt, ebenfalls zu dieser Zeit aktiv sein müßte, wurde ab 1964 eine weitere Aktivitätsmessung zwischen 20 und 2 Uhr in der Nacht durchgeführt. Vergleichbare Angaben zu diesen Messungen ließen sich in der zur Verfügung stehenden Literatur nicht finden. Lediglich Kolar (1957) berichtet, daß in kleinen austrocknenden Wäldern bei Jihlova/ČSSR die Zecken in den Nachtstunden aktiv sind und die Erhöhung der relativen Luftfeuchte durch den Taufall nutzen. Die Erwartungen in bezug auf die dominierende Höhe der Nachtaktivität erfüllten sich nicht, da, wie die Messungen ergaben, diese nur im zeitigen Frühjahr die Tagesaktivität übertrafen.

Zu beachten ist, daß die angeführten Werte das Mittel des gesamten Untersuchungszeitraumes darstellen. Der Aktivitätsverlauf ist aber stark vom Witterungscharakter des jeweiligen Tages abhängig und weicht demzufolge mitunter weit von den Mittelwerten ab.

Um die von den Zecken bevorzugten Bereiche der Temperatur sowie der relativen Feuchte zu ermitteln, wurden parallel zu jeder Aktivitätsmessung diese Werte festgehalten. In den Tab. 4 und 5 sind alle bei dem jeweiligen Temperatur-Feuchteverhält-

nis aktiven Larven, Nymphen und Imagines zusammengefaßt. Es ergaben sich mit dieser Methode deutlich Schwerpunkte, wobei aber zu bedenken ist, daß hier nur zwei Witterungsfaktoren erfaßt wurden und nicht das Wettergeschehen als Ganzes. Der von den Zecken bevorzugte Temperaturbereich liegt zwischen 17,0 bis 19,9 °C. In den Feuchtbereichen streuen die Maxima, sie liegen jedoch mit wenigen Ausnahmen über 81 % relativer Feuchte und damit in dem von Babos und Eichler (1960) angegebenen Bereich. Die Schwerpunkte der Larven bei 51 bis 55 % relativer Feuchte / 10,0 bis 13,9 °C und bei 61 bis 65 % relativer Feuchte / 14,0 bis 16,9 °C sind sicher nicht echt, da die Tiere sich nach dem Schlupf, noch dazu bei geringer Temperatur, nicht weit vom Schlupfort entfernen und so Scheinhäufungen leicht zustandekommen. Der Geselligkeitstrieb der Zeckenlarven, auf den bereits Schulze (1919) hingewiesen hat, spielt in diesem Zusammenhang wohl ebenfalls eine Rolle. Entsprechend der beim Sammeln der Zecken gemachten Beobachtung, daß den Tieren Nässe nicht zusagt, ließ sich bei relativen Feuchten über 95 % ein deutlicher Rückgang der Aktivität feststellen. Dyk und Bouckova (1968) untersuchten die Temperatur-Feuchte-Relation zur Aktivität im Forstgebiet Jezirko bei Brno. Sie erhielten Ergebnisse, die denen vom Petersberg und der Dölauer Heide ähnlich sind. Unterschiede bestehen in der Höhe der Temperatur, bei der noch aktive Zecken angetroffen wurden. Während hier als höchste Tages-temperatur 26 °C verzeichnet wurde, sammelten sie noch bis zu 34 °C. Ob im hercynischen Gebiet bei so hohen Temperaturen aktive Zecken vorkommen, ließ sich nicht feststellen, da, durch die Wahl der Kontrolltage bedingt, nicht bei solchen außergewöhnlichen Werten gemessen wurde. Die genannten Autoren sahen auch keinen Rückgang der Aktivität bei über 95 % relativer Feuchte, sondern im Gegenteil eine weitere Steigerung. Derartig hohe Luftfeuchten beobachteten sie vor allem im August bei 10 bis 18 °C und im Oktober bei Temperaturen von 10 bis 16 °C. Nach eigenen Erfahrungen fällt bei einer Luftfeuchte über 95 % und Temperaturen um 10 °C im Oktober reichlich Tau oder Niederschlag. Unter solchen Bedingungen ist es hier nicht gelungen, Zecken nachzuweisen, da die Fahne sofort durchnäßt wird und sich die Tiere dann nicht mehr anheften. Ob der im Biotop angebundene Hund, der neben der Fahnenmethode benutzt wurde, die Steigerung der Fundzahlen bewirkte, läßt sich aus der Arbeit nicht ersehen. Die Aussage von Dyk und Bouckova, daß die relative Luftfeuchte, besonders im Sommer, dominanten Charakter hat, wird durch die Ergebnisse vom Petersberg und der Dölauer Heide unterstrichen. Die Bedeutung des Wetters, nicht nur für die Aktivität der Zecken, sondern auch für die Beziehung zwischen Vektor, Reservoir und Viruskreislauf, untersuchte Pretzmann (1965). Er hält das Klima nach dem Wirtsangebot für den wesentlichsten Faktor, von dem die Dichte einer Zeckenpopulation abhängig ist, da dieses sowohl auf die Zecken als auch auf die Kleinsäuger und den Wildbestand einwirkt. Ein zeitiges und warmes Frühjahr und ein langer Herbst verlängern die Aktivitätsphase der Zecken und begünstigen die Vermehrung. Ein langer Winter und ein kaltes Frühjahr wirken dagegen vermehrungshemmend. Heiße, trockene Sommer mit niedrigem Dampfdruck bedingen hohe Verlustraten. Strenge Winter erhöhen, wie oft behauptet wird, diese nicht, sondern wirken über die Reduzierung der Wilddichte auf die Zecken zurück. Nur wenige Nymphen und Imagines finden dann einen Wirt und können saugen, und so kommt es durch Verhinderung der Metamorphose der Nymphen bzw. Ausfall der Gelege zur Verringerung der Zeckendichte.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Aktivität der Zecke *Ixodes ricinus* ermöglichen einen Einblick in das komplexe Geschehen der Saisondynamik dieser Art. Sie bilden die Grundlage für die Einschätzung der Gefährdung des Menschen in den beiden wichtigsten Naherholungsgebieten der Stadt Halle und gestatten bei eventuell infolge steigender Virusaktivität notwendigen Bekämpfungsmaßnahmen deren gezielten Einsatz.

Z u s a m m e n f a s s u n g

In den Jahren 1961–1968 wurden die Saisondynamik und die Tages- und Nachtaktivität der Zecke *Ixodes ricinus* L., 1758, sowie der Einfluß der klimatischen Faktoren in zwei Naherholungsgebieten nahe der Stadt Halle untersucht. Es konnten deutliche Abhängigkeiten vom Charakter des jeweiligen Biotops und dem Witterungsverlauf beobachtet werden. Die erhaltenen Ergebnisse ermöglichen den gezielten Einsatz eventuell notwendiger Bekämpfungsmaßnahmen.

S c h r i f t t u m

- Apitzsch, L.: Zecken- und Virusaktivität im Herdgebiet von Torgelow in den Jahren 1960 bis 1965. Z. ges. Hyg. **13** (1967) 261–267.
- Babos, S., und Wd. Eichler: Der Holzbock (*Ixodes ricinus*). Merkbl. über angew. Parasitenk. u. Schädlingsbekämpfung. Nr. 1, 1960.
- Bauch, R. J.: Zur Bionomie von *Ixodes ricinus*. II. Die Populations- und Saisondynamik an einigen Lokalitäten des DDR-Bezirktes Magdeburg. Angew. Parasitol. **13** (1972) 141–154.
- Bouckova, I., und V. Dyk: Die sommerliche und herbstliche Tagesaktivität des gemeinen Holzbocks im Waldgebiete von Jezirko bei Brno. Angew. Parasitol. **9** (1968) 36–40.
- Dyk, V.: Doplnky k bionomii klistete obecneho. Sbornik Vysoke školy zemedelske a lesnicke v Brno **6** (1958) 334–338.
- Dyk, V., und I. Bouckova: Die Temperatur-Feuchte-Relation in der Aktivität des gemeinen Holzbocks. Angew. Parasitol. **9** (1968) 83–87.
- Kolar, Zd.: Klistata na loveckych psech v ruznych typech porostu. Dipl.Arb. Brno 1957, zit. bei Dyk u. Bouckova, 1968.
- Loew, J., A. Radda und G. Pretzmann: Untersuchungen in einem Naturherd der Frühsommer-Meningoencephalitis (FSME) in Niederösterreich. I. Mitt. Zbl. Bakt. I Orig. **190** (1963) 183–206.
- Naß, W.: Vorkommen und Verbreitung von *Ixodes ricinus* L. im Bezirk Halle – ein Beitrag zur Epidemiologie der Zeckenencephalitis. Z. ges. Hyg. **9** (1963) 631–636.
- Naß, W. Beiträge zum Vorkommen, der Verbreitung und Ökologie der Zecke *Ixodes ricinus* (L. 1758) unter dem Aspekt ihrer medizinischen Bedeutung. Diss. Halle 1971.
- Pawlowski, E. N.: Die Naturherde der Zeckenencephalitis. Acta medica UdSSR **3** (1940) 187 bis 199.
- Pretzmann, G.: Die Bedeutung des Wetters für die Morbidität einer durch Zecken übertragenen Virusinfektion des Menschen. Arch. Hyg. **149** (1965) 97–106.
- Schulze, P.: Über den Geselligkeitstrieb der Zeckenlarven. Dtsch. Entomol. Z. (1919) 212–217.
- Silber, L. A., und Mitarb.: Zur Geschichte der Erforschung der Fernöstlichen Zeckenencephalitis. Vopr. virusol. **6** (1957) 323–331.
- Sinnecker, H.: Zeckenencephalitis in Deutschland. Zbl. Bakt. I. Orig. **180** (1960) 12–18.

Dr. Werner Naß
 Institut für Medizinische Mikrobiologie und Epidemiologie
 der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 DDR - 402 H a l l e (Saale)
 Leninallee 6