

## Vorkommen, Saisondynamik und Wirtskreis von *Babesia microti* (França, 1912) in einheimischen Nagetieren

H.E. Krampitz<sup>1</sup> und W. Bäumler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Infektions- und Tropenmedizin, Leopoldstraße 5, D-8000 München 40, Bundesrepublik Deutschland

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Angewandte Zoologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, Amalienstraße 52, D-8000 München, Bundesrepublik Deutschland

### Occurrence, Host Range and Seasonal Prevalence of *Babesia microti* (França, 1912) in Rodents of Southern Germany

**Summary.** *Babesia microti* is described here to be a common blood parasite of some Bavarian rodents. This is the first full report of the parasite's occurrence and ecology in Germany. An infected area 25 miles west of Munich has been studied in 1976 and 1977 in order to elucidate the relationship between the Bavarian local strains and their mammalian hosts. In the field the parasite was strictly bound to the common field vole (*Microtus agrestis*). In 266 specimens of 10 other species of small mammals also distributed in the area, neither directly nor indirectly *Babesia* could be found in the blood. From 255 *M. agrestis*, however, captured in life traps of the Sherman type 99 (=38%) were found to be positive. Three times more parasitemic males could be trapped than females. The parasite obviously does not occur in pregnant females. No tissue localization was detected. The rate of infected hosts increases with the body weight (Fig. 2). The seasonal variation of the parasite's prevalence in voles shows a characteristic rise in the early summer time (up to 71%) and a minimum of 7% in January. Thus, some infected mammalian hosts can be trapped at any time of the year, even under the snow. Spleen weights of 1% up 6% of the body weight indicate macroscopically a *Babesia* infected host. Positive correlation exists between the average of relative spleen size and the monthly percentage of infected hosts (Fig. 3). The successive increase of spleen weight has been proved in experimentally infected groups of field voles of a captivity breed (Fig. 4). Splenomegaly starts at the end of the first week p.i. when the host becomes parasitemic. The maximum of the organs enlargement is observed between the 18th and 20th day p.i. It decreases then gradually but was always delayed in the subsequent weeks without dropping under 1% of the body weight. Low degree natural infection in the preferred host and concomitant splenomegaly seems to last the whole life. Rise and fall of the parasite's prevalence reflects a synergism between the voles population turnover and a specific

vector activity. Only *Ixodes ricinus* was found on the mammals and the vegetation of the surveyed area. From 13 proved species of captivity borne rodents only 6 could be infected experimentally with i.p. administered parasitized blood: *M. agrestis*, *M. arvalis*, *Clethrionomys glareolus*, *Mesocricetus auratus*, *Cricetulus griseus* and *Meriones unguiculatus*. No members of the family Muridae, including laboratory mice could be proved susceptible either apparently nor inapparently for a few local strains. The problem of the experimental susceptibility of two further indigenous vole species, *M. arvalis* and *C. glareolus*, never found to be naturally infected in the field is discussed. Splenectomy at any time does not produce new susceptibilities, but always fortify a given one in the wellknown manner. Newly isolated parasite strains may be harmful in experimental infections of field voles, grey hamsters and gerbils even when not splenectomized. The golden hamster is a suitable laboratory host for the parasite's maintenance. This findings make evident some differences in the host related behavioural patterns between Bavarian and the so far best explored British strains of the parasite.

**Zusammenfassung.** Es wird das Vorkommen eines morphologisch und biologisch *Babesia microti* (França, 1912) entsprechenden Blutparasiten im bayerischen Alpenvorland beschrieben. Er ist nach bisherigen Beobachtungen in einem genauer untersuchten Testgebiet bei Grafrath westlich von München ausschließlich an die Erdmaus (*Microtus agrestis*) gebunden. Von 255 in etwa gleichen Monatsserien lebend gefangenen Tieren dieser Art erwiesen sich 99 (= 38%) als Babesienträger. Von 10 weiteren im Gebiet verbreiteten bodengebundenen Kleinnagetierarten waren 266 Exemplare frei von Babesien. 65% des Erdmausfanges bestand aus ♂♂. Unter den Babesienträgern waren die ♂♂ mit 75% vertreten. Es werden Indizien für eine ungünstige Interaktion von Babesieninfektion und Trächtigkeit genannt. Der Infektionsprozentsatz nimmt mit dem Körpergewicht zu. Die Befallsintensität der Wirtspopulation zeigt einen ausgeprägten Gipfel im Juni (71%) und ein Minimum um die Jahreswende (7%). Die relativen Milzgewichte zeigen ebenfalls diese jahreszyklische Schwankung. Die allmähliche Entstehung der Splenomegalie nach experimenteller Infektion ist innerhalb eines Zeitraumes von 2 Monaten verfolgt. Der Höhepunkt der Milzvergrößerung wird 18–20 Tage p.i. mit 5–6% des Körpergewichtes erreicht. Sie fällt daraufhin ab, sinkt aber bei latent infizierten Tieren niemals mehr unter 1%. Die Funktion dieser Milzhypertrophie ist im Hinblick auf die extramedulläre Erythropoese diskutiert. 13 Arten kleiner Nagetiere aus Gefangenschaftszuchten wurden in kleinen Serien experimentell mit Blutformen aus Erdmäusen infiziert. Abgesehen von dieser erwiesen sich Feldmaus (*Microtus arvalis*), Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*), Goldhamster (*Mesocricetus auratus*), Zwerghamster (*Cricetulus griseus*) und Sandrennmaus (*Meriones unguiculatus*) empfänglich. Präinfektionelle Entmilzung vermehrt die Zahl der empfänglichen Arten nicht. Alle Muridenarten, darunter auch die Hausmaus und von ihr abstammende Labormäuse sind prinzipiell unempänglich. Unter den Laboratoriumstieren ist der Goldhamster zur Stammhaltung am besten geeignet. Alle empfänglichen Wirtsarten entwickeln zunächst eine ausgeprägte Parasitämie, die in eine meist inap-

parente chronische Phase überleitet. Sie kann zeitlebens anhalten. Erdmaus und Zwerghamster sind auch nicht entmilzt durch die experimentelle Infektion gefährdet. Der Tod tritt bei diesen Tieren nach überstarker Parasitämie, Hydrämie und terminaler Hämoglobinurie spätestens 10 Tage p.i. ein. Feld- und Rötelmäuse wurden im Beobachtungsgebiet nie spontan infiziert gefunden, lassen sich aber experimentell infizieren. Das Phänomen wurde in besonderen Experimenten mit Tierserien der beiden Arten verschiedener Herkunft abzuklären und zu erklären versucht.

Seit einem Jahrzehnt erfreuen sich die unter der Sammelbezeichnung *Babesia microti* oft recht großzügig zusammengefaßten Blutparasiten kleiner Nagetiere einer unerwarteten Aktualität. Erstmals 1968 konnten in Massachusetts/USA bei gelegentlichen symptomarmen, aber apparenten Infektionen des Menschen Babesienstämme isoliert werden, die bei Versuchen, sie auf Laboratoriumstiere zu übertragen, relativ am besten im Goldhamster gedeihen (Gleason et al., 1970; Lykins et al., 1975; Brand et al., 1977). Das erste Isolat steht als ‚Gray-Stamm‘ zur Verfügung. Inzwischen hat eine gesteigerte Aufmerksamkeit an den Orten solcher Erfahrungen zur Entdeckung regelrechter kleiner Babesioseepidemien des Menschen geführt. Die neue Infektionskrankheit wurde ‚Nantucket-Fieber‘ genannt. Die Zahl der in Amerika bekannt werdenden endemischen Areale mehrte sich ständig (McEnroe, 1977), an Vorschlägen zur Verbesserung der Diagnose und der besonders kritischen Differentialdiagnose zur Malaria fehlt es nicht (Chisholm et al., 1978).

Die Epidemiologie und Epizootologie liegt indessen beiderseits des Ozeans noch weitgehend auf der Schattenseite des Rampenlichtes. Solche Aktivitäten können bei einer Zoonose freilich nicht allein den Menschen im Auge haben, sondern müssen sich vor allem auf Naturherdanalysen stützen. Nur diese könnten Antwort geben auf manche noch offene Frage des Zustandekommens der Infektionen, sowie nach ihren Möglichkeiten und vor allem Grenzen.

Die in der Natur auftretende Nagetierbabesiose ist in Europa bisher am besten in England untersucht (Young, 1970; Cox, 1970; Baker, 1974; Barnett und Croft, 1976). Auf dem Kontinent ist ihr Vorkommen für die Tschechoslowakei und Jugoslawien (Šebek et al., 1975; 1977), für Österreich (Mahnert, 1970; 1972), die Schweiz (Aeschlimann et al., 1975), sowie Südnorwegen (Wiger, 1973) verbürgt.

Obwohl die Fundpunktanordnung ein Vorkommen dieser Parasiten bei uns als sicher erscheinen läßt und Šebek voraussagte, daß sich Naturherde überall in Europa finden müßten, fehlte es bislang hier an Belegen ihres Auftretens. Wir berichteten kürzlich vom Erstnachweis im Alpenvorland (Krampitz et al., 1978). Diese Information soll jetzt ergänzt und vertieft werden.

## Material und Methoden

Am 13. Mai 1976 bemerkten wir bei einem Probefang in der Umgebung von Grafrath (Landkreis Fürstenfeldbruck) Babesien in Erdmäusen (*Microtus agrestis*), die nach ihrer Erscheinungsform

*Babesia microti* (França, 1912)<sup>1</sup> entsprachen. Das Auffinden des ersten Naturherdes des Parasiten wurde zum Anlaß genommen, ihn in der Natur und parallel dazu experimentell in einem Jahreszyklus zu beobachten, um die Wirt-Parasitenverhältnisse abzuklären.

Im Freiland wurden besonders ergiebige Biotope des Beobachtungsgebietes, wie jüngere Nadelholzkulturen, Verlandungszonen und Cariceten planmäßig dergestalt mit Lebendfallen des Typs Sherman nach Kleinsäugetieren abgefangen, daß uns möglichst alle auf den Testflächen vorkommenden Arten zur Untersuchung zur Verfügung standen. Insgesamt wurden 11 Nagetier- und Insektenfresserarten in 521 Einzelstücken geprüft. Besonderen Wert legten wir dabei auf die Erdmaus und ihre Vorzugsbiotope. Der Jahresfang dieser Art von 255 Tieren verteilte sich annähernd gleichmäßig auf die einzelnen Monate und erlaubte Hinweise auf jahresrhythmische Befallsschwankungen. Die Fänge wurden nach mehreren Gesichtspunkten bearbeitet. Bei jedem Tier wurde dabei auch das Milzgewicht relativ zum Körpergewicht bestimmt.

Die experimentelle Arbeit setzte den Aufbau leistungsfähiger Gefangenschaftszuchten, vor allem solcher der Erdmaus voraus. Die anderen Arten standen bereits seit Jahrzehnten als Laborzuchten zur Verfügung. Besonderer Wert wurde dabei auf Freiheit von Ektoparasiten gelegt. Für die experimentelle Spezifitätsprüfung standen 13 Arten kleiner Nagetiere zur Verfügung. Bei den im experimentellen Teil als ‚Hausmäuse‘ bezeichneten Individuen handelte es sich vorwiegend um Angehörige des Zuchtstammes NMRI, aber auch um genetisch undefinierte Einkreuzungen von diesen mit Nacktmäusen und wildgefangenen Hausmäusen aus Bayern. Wir infizierten bei den Empfänglichkeitsvergleichen kleine Serien möglichst gleichaltriger Experimentalwirte mit einheitlichen Volumina eines Inokulums, das als Gemisch aus Peripherblut von 4 natürlich infizierten Erdmäusen intraperitoneal verabfolgt wurde. Bei Serien aus Gefangenschaftszuchten wurde auf Geschlechtsproporz Wert gelegt. Bei Prüfungen des experimentellen Wirtsspektrums wurden auch Freilandfänge der wichtigsten Wildmausarten vergleichend denen aus Gefangenschaftszuchten gegenübergestellt. Sie stammten absichtlich aus räumlich z.T. weit auseinanderliegenden Fanggebieten, so daß unterschiedliche genetische Struktur unterstellt werden konnte. Je die Hälfte der Versuchsserie einer Art wurde präinfektionell entmilzt, die andere nicht. Die relativen Milzgewichte in den Tabellen 3 und 4 beziehen sich demnach auf den Status vor bzw. nach überstandener experimenteller Infektion. Entmilzt wurde in Nembutal®-Narkose. Geringe Gewichts- und Altersunterschiede sowie Unausgewogenheiten in der Geschlechtszusammensetzung mußten bei den Wildfangserien in Kauf genommen werden, es handelte sich jedoch in jedem Falle um erwachsene Tiere. Alle Infektionen einer Vergleichsserie wurden synchron angesetzt. Giemsa-gefärbte Abstriche des Schwanzvenenblutes überprüften wir zweimal wöchentlich. Von der Möglichkeit der Abimpfung von Peripherblut auf empfängliche Testtiere wurde vor allem zur Sicherung von Negativbefunden systematisch Gebrauch gemacht. Alle Versuchstiere wurden während des Versuches einzeln in Makrolonkäfigen gehalten.

**Tabelle 1.** Ergebnisse einer Naturherdtestung auf *Babesia microti* im Beobachtungsrevier Grafrath bei München

Tierart	Anzahl geprüft	Davon positiv
Erdmaus ( <i>Microtus agrestis</i> )	255	99
Feldmaus ( <i>Microtus arvalis</i> )	10	0
Rötelmaus ( <i>Clethrionomys glareolus</i> )	152	0
Ostschermäuse ( <i>Arvicola terrestris</i> )	5	0
Waldmaus ( <i>Apodemus sylvaticus</i> )	21	0
Gelbhalsmaus ( <i>Apodemus flavicollis</i> )	20	0
Hausmaus ( <i>Mus musculus</i> )	1	0
Waldspitzmaus ( <i>Sorex araneus</i> )	41	0
Zwergspitzmaus ( <i>Sorex minutus</i> )	12	0
Sumpfspitzmaus ( <i>Neomys anomalus</i> )	2	0
Maulwurf ( <i>Talpa europea</i> )	2	0
$\Sigma$	521	99

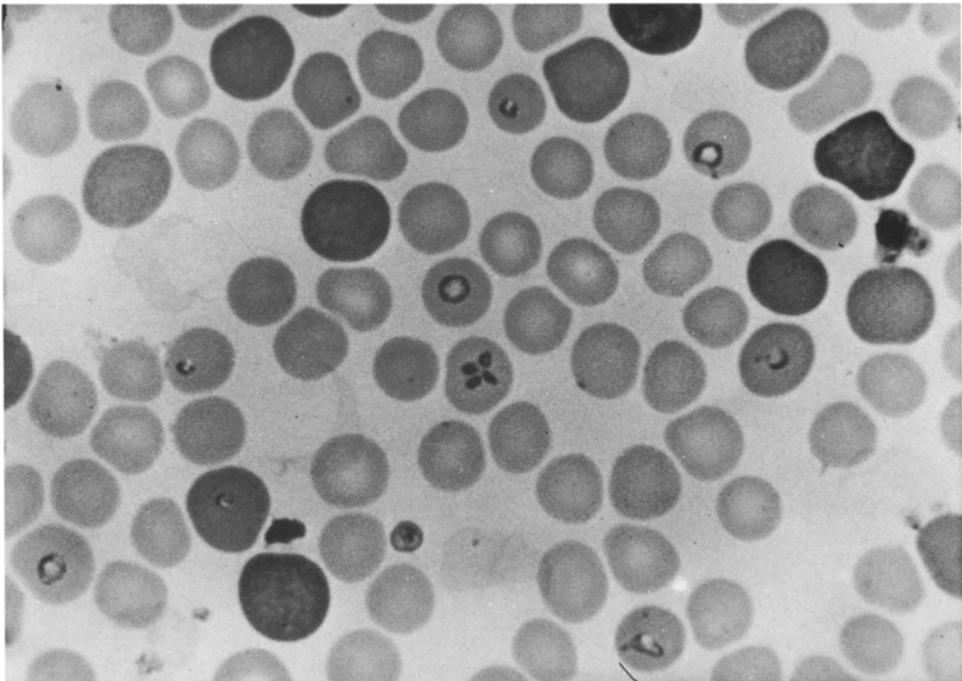
<sup>1</sup> Die Legitimität des Namens ist bei Baker (1974) erörtert

## Ergebnisse

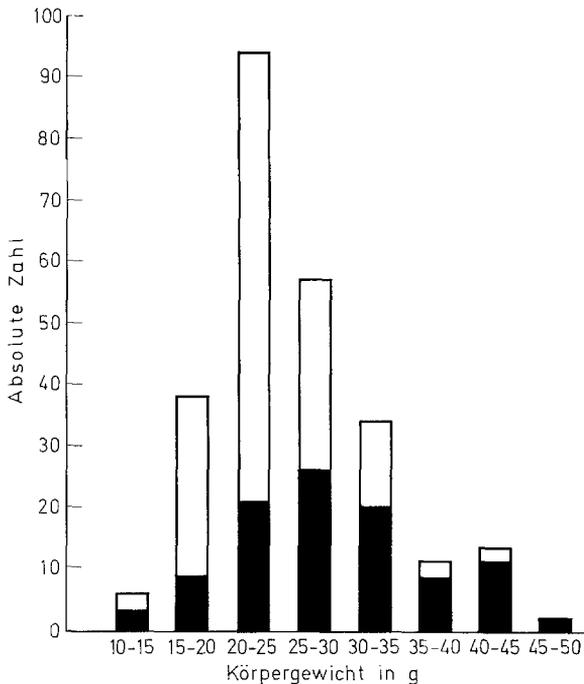
### 1. Das natürliche Wirt-Parasitverhältnis

Als Ergebnis der Surveys im Naturherd zwischen Mai 1976 und Dezember 1977 ergab sich für *Babesia microti* in der örtlichen Kleinsäugetierfauna das obige Verbreitungsbild.

Die Babesie tritt im Blut der Tiere vornehmlich in Form der bekannten Rundformen verschiedener Größen in reifen Erythrozyten auf. Nur gelegentlich wurden auch die Vierteilungen nach Art eines ‚Malteserkreuzes‘ gefunden (Abb. 1). Immer bestand eine begleitende Polychromasie und leichte Anisozytose, ohne daß man deswegen schon hätte von ausgeprägter Anämie sprechen dürfen. Bisher besteht kein Hinweis auf eine Vermehrung des Erregers außerhalb des strömenden Blutes in den inneren Organen. Die in der Tabelle 1 zusammengefaßten Untersuchungsergebnisse weichen insofern von den Befunden ähnlicher Testungen auf *B. microti* an anderen Orten ab, als der Parasit hier nur durch eine einzige Wirtsart getragen wird. Jahreszeit, Häufigkeitsrelationen und örtliche Synökie nehmen auf diesen Befund keinen Einfluß. Alle bisher gefundenen Stämme des Parasiten stammten ausschließlich aus der Erdmaus. In anderen



**Fig. 1.** *Babesia microti* (Stamm München 2, erste Passage) im Blut der Erdmaus. Polychromasie, Anisozytose. Vermehrung des Parasiten durch Vierteilung und Sprossung mit ungleichhäftiger Abschnürung. Seltener Befall eines Retikulozyten. Giemsa-Färbung



**Fig. 2.** Absoluter Anteil der spontan mit Babesien infiziert gefundenen Tiere (*dunkler Säulenanteil*) an den einzelnen Körpergewichtsgruppen der Trägerpopulationen

Wirtsarten ergaben sich auch keine indirekten Infektionsbeweise nach Blutimpfung auf Erdmäuse.

In den Fängen herrschten die männlichen Tiere mit 65% vor. Es mag hierfür mehrere, auch fangtechnische Gründe geben. Die Männchen scheinen nicht nur fanggefährdeter, sondern dem Parasiten gegenüber auch stärker exponiert als die vorsichtigeren und wohl auch ortstreueren Weibchen. Unter den positiv befundenen Tieren waren die ♂♂ mit 75% deutlich in der Überzahl vertreten. Latent infizierte ♂♂ sind sexuell aktiv, man kann mit ihnen auch in Gefangenschaft gut weiterzüchten. Demgegenüber befand sich unter den infizierten Wirten kein einziges hochträchtiges ♀ oder ein solches, das in Gefangenschaft hätte als Muttertier benutzt werden können. Im Ganzen gesehen nimmt der Infektionsprozentsatz der Erdmäuse beiderlei Geschlechts mit dem Körpergewicht zu. Je älter und räftiger ein Tier angetroffen wird, umso größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, daß es positiv befunden wird. Die Babesieninfektion wird im Naturherd irgendwann von nahezu allen Vorzugswirten erworben und dann zeitlebens nicht mehr verloren.

Drückt man die Art, wie der Parasit von der Wirtspopulation zwar im Einzelfall sicher nicht krisenarm, populationsdynamisch gesehen offenbar jedoch krisenfest getragen wird, noch einmal in absoluten Zahlen aus, so ergibt sich das in Abb. 2 wiedergegebene Bild. Es zeigt, daß sich die Anteile der Parasitenträger innerhalb der Wirtspopulation in Form einer zweiten geringfügig rechtsverschobenen Normalverteilung anordnen. Das hat zur Folge, daß sich im fortpflan-

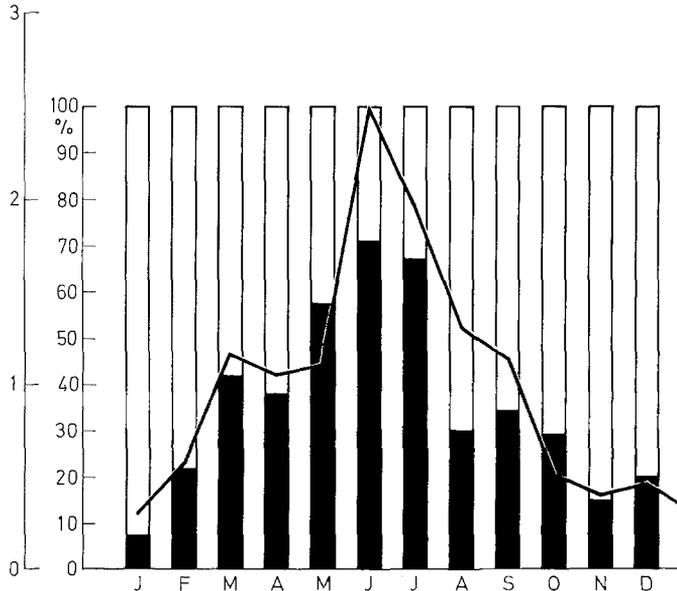


Fig. 3. Anteil der monatlichen Fänge an Babesienträgern (dunkler Säulenanteil, innere Ordinate). Die Kurve nimmt Bezug auf die äußere Ordinate und stellt die Schwankungen des durchschnittlichen Milzgewichtes der jeweiligen Monate dar

zungsaktivsten und -erfolgreichsten mittleren Hauptteil der Wirtspopulation die relativ größte Zahl durch Babesien noch unbelasteter Individuen findet.

Diese Erfahrung fordert eine Antwort auf die Frage nach den jahreszeitlichen Variationen im Infektionsgeschehen, da der Altersaufbau einer Nagetierpopulation großen saisongebundenen Schwankungen unterworfen ist. Zudem sind bei Beachtung der Jahreszeit Hinweise auf den Vektor möglich. Erwartungsgemäß schwankte der Befallsprozentsatz der einzelnen Monatsproben im Jahresablauf sehr deutlich um das arithmetische Mittel von 38% Infizierter im Gesamtfang. Abbildung 3 gibt die monatliche Infektionsrate wieder. Es zeigte sich ein deutlicher Frühsommertiefpunkt, ohne erneuten signifikanten Anstieg in der zweiten Jahreshälfte. Auf dem Höhepunkt der Welle kann mehr als zwei Drittel des Fanges aus Babesienträgern bestehen. Der Tiefpunkt des Befalls der örtlichen Wirtspopulation liegt um die Jahreswende. Man kann aber auch dann noch einzelne parasitämische Tiere fangen. Der kontinuierliche Befallsanstieg setzt schon im zeitigsten Frühjahr, oft genug unter dem Schnee ein. Eine strenge Beziehung zum Frühlingseinzug ist dabei jedenfalls nicht festzustellen.

## 2. Splenomegalie

Abbildung 3 enthält noch eine weitere Information, die zur Babesieninfektion und dem Auf und Ab ihrer Häufigkeit im Jahresablauf in enger Beziehung steht. Kennzeichnend für infizierte Tiere ist ein relatives Milzgewicht von mehr als 1%, in extremen Fällen bis zu 6%. Es konnte ausgeschlossen werden, daß im Testgebiet ebenfalls in wechselnder Frequenz vorkommende Spontaninfektio-

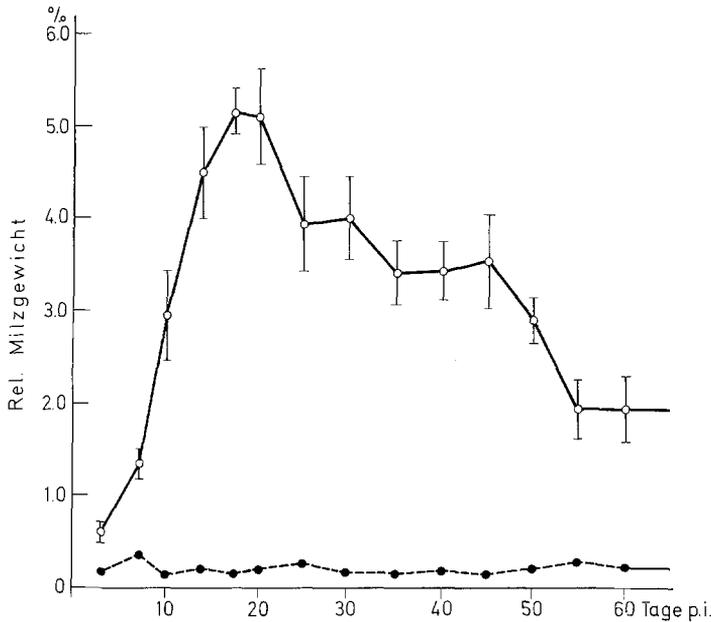


Fig. 4. Anstieg und Wiederabfall des relativen Milzgewichtes in Erdmäusen nach experimenteller Infektion mit *Babesia microti*. Untere Kurve: Nur mit Blut beimpfte Kontrollen

nen mit *Trypanosoma*, *Hepatozoon*, *Haemobartonella*, *Frenkelia*, *Grahamella*, *Eperythrozoon*, *Borrelia* und Darmparasiten der verschiedensten Art keine solchen Beziehungen zu Milzvergrößerungen erkennen ließen. Diese waren alle verlässliche makroskopische Indikatoren für eine Babesieninfektion, die in Zweifelsfällen immer durch Blutabimpfung bewiesen werden konnte. Wie aus der Kurve hervorgeht, bestätigen die jahreszyklischen Schwankungen der Milzgewichte den Frühsommergipfel der Parasitenhäufigkeit mit Babesien auf das Genaueste.

Das histologische Substrat der Babesien-Splenomegalie besteht vorwiegend in einer exzessiven Vermehrung von Zellen der erythropoetischen Reihe, während das Lymphoidgewebe zum mindesten vorübergehend in den Hintergrund tritt. Um den zeitlichen Ablauf der relativen Milzhypertrophie darzustellen, wurden Serien von Erdmäusen gleichartig mit parasitenhaltigem Blut infiziert und dann 2 Monate lang in regelmäßigen Intervallen der Stand der Milzvergrößerungen geprüft. Die Werte sind aus 5 Beobachtungen pro Untersuchungstag gemittelt. Kontrollen wurden mit gleichen Mengen nicht infizierten Erdmausblutes geimpft. Das Ergebnis zeigt Abb. 4. Erst am Ende der ersten Woche p.i. steigen die relativen Milzgewichte über 1%. In der in Abb. 2 und 3 wiedergegebenen Testserie sind nur 3 sichtbar infizierte Wildfänge enthalten, deren Milzvergrößerung diese Marke noch nicht erreicht hatte. Es müssen sehr frische Infektionen gewesen sein. Nach dem Gipfel der relativen Milzvergrößerung zwischen dem 18. und 20. Tage p.i. kam es zu keinen spontanen Todesfällen an Babesiose mehr. Die Milzvergrößerungen bilden sich im Laufe von 60 Tagen nur sehr zögernd zurück und sind immer auch noch dann nachweisbar, wenn das rote

Blutbild in der latenten Phase bereits völlig erneuert ist. Da der Parasit Retikulozyten ungern befällt, blockiert die Blutmauserung ihm allmählich den Lebensraum. Sie stellt somit auch aus mikroökologischen Gründen einen wichtigen Teil der Abwehr dar. Einzelne späte Stichproben zeigten, daß bei einmal infizierten Tieren das relative Milzgewicht nie mehr unter 1% abfällt. Prä- oder postinfektionell entmilzte Erdmäuse sterben immer spätestens 10 Tage post infectionem an akuter Anämie. Zur agonalen Hydrämie gesellt sich als signum mali ominis Haemoglobinurie und Subicterus mit Blasen-Entleerungsstörung.

### 3. Das experimentelle Wirtsspektrum

Nach den Erfahrungen mit der Freilandtestung war es zunächst durchaus ungewiß, ob und in welchem Umfang die experimentelle Infektion anderer Kleinnageterarten als der Erdmaus gelingen würde. Es galt jedoch zu prüfen, ob in dem zur Verfügung stehenden Artsspektrum ein handliches, allgemein zu empfehlendes Laboratoriumstier zu finden sei, in dem reproduzierbar eine apparente Parasitämie erzeugt werden könne. Erfahrungen mit dem Parasiten in anderen europäischen und außereuropäischen Untersuchungsgebieten berechtigten zu dieser Hoffnung. Wir infizierten mit Blutformen Serien der in Tabelle 2 aufgeführten Experimentalwirte.

**Tabelle 2.** Ergebnis der vergleichend experimentellen Empfänglichkeitsprüfung

Wirtsart	Ergebnis	
	Mikroskopisch	Nach Abimpfung
Erdmaus ( <i>Microtus agrestis</i> )	22/22	+
Feldmaus ( <i>Microtus arvalis</i> )	26/30	+
Rötelmaus ( <i>Clethrionomys glareolus</i> )	45/74	+
Großhamster ( <i>Cricetus cricetus</i> )	0/5	∅
Goldhamster ( <i>Mesocricetus auratus</i> )	5/5	+
Chin. Zwerghamster ( <i>Cricetulus griseus</i> )	5/5	+
Waldmaus ( <i>Apodemus sylvaticus</i> )	0/17	∅
Gelbhalsmaus ( <i>Apodemus flavicollis</i> )	0/3	∅
Brandmaus ( <i>Apodemus agrarius</i> )	0/5	∅
Hausmaus ( <i>Mus musculus</i> )	0/23	∅
Laborratte ( <i>Rattus norvegicus alb.</i> )	0/5	∅
Vielzitzenmaus ( <i>Mastomys natalensis</i> )	0/5	∅
Sandrennmaus ( <i>Meriones unguiculatus</i> )	6/6	+

Etwa die Hälfte der geprüften Nagetierarten erwies sich gegenüber der experimentellen Infektion als empfänglich, d.h. beantwortete die Infektion mit einer sichtbaren, wenn auch unterschiedlich lange anhaltenden Parasitämie. Wirtsorten, die die Infektion etwa primär und permanent inapparent durchmachen, kamen nicht vor. Neben den beiden der Erdmaus am nächsten verwandten

einheimischen Wühlmausarten, erwies sich der Goldhamster, der chinesische Zwerghamster und die Sandrennmaus als empfänglich, nicht jedoch der ihnen verwandte einheimische Großhamster. Das auffälligste Ergebnis war die Unempfänglichkeit aller 6 Angehörigen der Familie Muridae oder Langschwanzmäuse, einschließlich ihrer Domestikationsformen. Für die Empfänglichkeit erwies es sich als nicht erheblich, ob die Experimentalwirte präinfektionell entmilzt wurden oder nicht. Zwerghamster und Gerbils sind durch die Infektion in ähnlicher Weise gefährdet wie die Erdmaus. Goldhamster bleiben zeitlebens mehr oder weniger latent infiziert, ohne mehr als höchstens subklinische Symptome einer Babesiose zu zeigen. Sie sind deshalb zur Stammhaltung relativ am besten geeignet.

Aus den Zahlenunterschieden geht hervor, daß bei der Empfänglichkeitsprüfung besonders auf vier im Naturherd natürlich verbreitete Arten geachtet wurde, da diese bei den Felduntersuchungen (Tabelle 1) niemals spontan infiziert angetroffen werden konnten. Immerhin erwiesen sich zwei von diesen als infizierbar und forderten dadurch zum Überarbeiten und Überdenken des Widerspruchs heraus.

Zunächst wurden drei Gruppen von Rötelmäusen einander vergleichend gegenübergestellt. Zweimal zwei Gruppen bestanden aus Wildfängen, sowohl aus dem Naturherd (I und II) als auch weit von diesem entfernt, von Orten, an denen Nagetierbabesien nicht nachgewiesen werden konnten (IV, V). Eine weitere kleine Gruppe bestand aus einem in Gefangenschaft aufgezogenen Wurf eines Muttertieres, welches im Naturherd (III) gefangen wurde. Die dritte Doppelgruppe wurde aus Tieren unserer genetisch reinen Gefangenschaftszucht gebildet (VI, VII). Tabelle 3 zeigt die Befunde an diesen Rötelmäusen.

Rötelmäuse verschiedener Herkunft sind mit Blutformen von *B. microti* zwar grundsätzlich sichtbar zu infizieren, die Mehrzahl der Wirtsindividuen bringt die Parasitämie jedoch binnen 3 Wochen unter Kontrolle, ohne die Parasiten völlig aus dem Blut beseitigen zu können. Bei Einzelindividuen, die zu einer länger anhaltenden, offenbar dann auch potentiell schubweise verlaufenden Parasitämie prädestiniert sind, scheint vorherige Entmilzung deren Entwicklung zu begünstigen. Ihr Einfluß auf Anteil und Dauer der sichtbaren Blutinfektion war bei Wildfängen ausgeprägter als bei den Eigenzuchten. Das einheitlich positive Ergebnis der terminalen diagnostischen Blutimpfungen zeigte, daß sich in allen Gruppen noch inapparente Parasitämien befunden haben müssen und zwar auch dort, wo der letzte sichtbare Blutbefall bereits Wochen zurücklag. Bei einigen Stichproben ergaben individuelle Blutabimpfungen bei Versuchstieren aus den Gruppen I, II, IV und V, die niemals eine sichtbare Parasitämie entwickelt hatten, auch ein negatives Ergebnis. Es gibt unter Wildfängen Einzelindividuen, die als immun bezeichnet werden müssen und bei denen dieser Status auf keinem latenten Vorhandensein der Parasiten beruht. Auch bei längerem Blutbefall beantwortet die Rötelmaus die experimentelle Infektion nur in seltenen Ausnahmefällen mit Splenomegalie. Die relativen Milzgewichte liegen zwar nach überstandener Infektion immer geringfügig, aber niemals signifikant über denen von (noch) nicht infizierten Tieren.

Von besonderem Interesse ist auch der Empfänglichkeitsvergleich zwischen dem natürlichen Vorzugswirt Erdmaus und einem ihrer nächsten Verwandten,

Tabelle 3. Parasitämie und relative Milzgewichte nach experimenteller Infektion von Rötelmäusen (*Clethrionomys glareolus*) mit *Babesia microti*

Gruppe	Herkunft	entmilzt	relatives Milzgewicht %	Punktionsergebnis Tage p.i.										Abimpfung
				3	7	10	14	18	21	25	30			
I	Naturherd Grafrath Wildfänge	nein	0.27	3/11	1/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	+
II	Naturherd Grafrath Wildfänge	ja	0.24	7/11	5/11	3/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	0/11	+
III	Nachzucht von diesen	nein	0.92	4/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	+
IV	Wildfänge Ingolstadt	nein	0.35	3/10	1/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	+
V	Wildfänge Ingolstadt	ja	0.27	5/12	1/12	2/10	1/10	2/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	+
VI	Eigenzucht Frankfurt/M.	nein	0.46	11/12	6/12	5/12	6/12	4/12	5/12	5/12	1/12	0/12	0/12	+
VII	Eigenzucht Frankfurt/M.	ja	0.16	11/11	7/10	8/10	5/10	3/10	4/10	4/10	1/10	0/10	0/10	+

Tabelle 4. Vergleich der Parasitämie und Milzvergrößerung nach Infektion mit *B. microti* bei *M. agrestis* und *M. arvalis*

Gruppe	Tierart	Herkunft	entmilzt	relatives Milzgewicht in %	Punktionsergebnis Tage p.i.										Abimpfung
					3	7	10	14	18	21	25	30			
VIII	<i>M. agrestis</i>	Wildfänge Naturherd	nein	1.85	6/12	10/12	8/8	7/7	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	+
IX	<i>M. agrestis</i>	Eigenzucht Grafrath	nein	2.13	7/10	8/10	9/10	10/10	8/8	7/7	7/7	7/7	7/7	7/7	+
X	<i>M. arvalis</i>	Wildfänge Naturherd	nein	0.53	3/7	1/7	1/7	1/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	+
XI	<i>M. arvalis</i>	Eigenzucht Frankfurt/M.	nein	1.79	9/10	10/10	8/10	4/10	2/10	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	+
XII	<i>M. arvalis</i>	Eigenzucht Frankfurt/M.	ja	0.25	10/10	5/10	3/8	3/3	3/3	3/3	3/3	1/1	0/0	0/0	+

der Feldmaus. In Tabelle 4 sind die Infektionsergebnisse der beiden Arten vergleichend gegenübergestellt. Mit entmilzten Erdmäusen zu arbeiten, läßt im gegebenen Falle keine Aussagen erwarten, es sei denn die Bestätigung, daß alle milzlosen Tiere längstens binnen 10 Tagen p.i. an überstarker Babesiose mit Hydrämie und Hämoglobinurie zugrunde gehen. Nicht entmilzte Gruppen von vorher negativen Wildfängen beider Arten (VIII und X) aus dem Naturherd wurden bei der Rötelmaus gleichartigen aus Gefangenschaftszuchten gegenübergestellt (XI und IX) und von den Feldmäusen auch eine entmilzte Serie bereitgestellt (XII).

Erdmäuse, gleich ob in Gefangenschaft oder der Natur geboren, bleiben immer, sofern sie überleben, während der gesamten Beobachtungszeit apparent infiziert und entwickeln dabei die übliche Splenomegalie. Beides allerdings in individuell unterschiedlichem Maße. Die Verluste bewegen sich zwischen 30 und 50%.

Für die im Naturherd gefangenen Feldmäuse gilt das bei der Rötelmaus gesagte, vor allem bezüglich des Unterschiedes zu den Tieren aus der Gefangenschaftszucht. Entmilzte Feldmäuse sind durch die Infektion hochgradig gefährdet (Verlust 100%), nichtentmilzte entwickeln eine Splenomegalie von mehr als 1%. Der anhaltende ‚stumme‘ Blutbefall tritt auch bei *M. arvalis* auf, während er bei der Erdmaus zeitlebens apparent bleibt.

Zeigten sich bei den Prüfungen der drei Wühlmausarten allenfalls graduelle Differenzen gegenüber dem, was von europäischen Stämmen dieses Parasiten bereits hinlänglich bekannt ist, so war bei den auf gleiche Weise geprüften Wald- und Hausmäusen ein absoluter Unterschied erkennbar. Es war in diesen beiden Kleinnagetierarten gleich welcher Herkunft und unabhängig von Entmilzungssensibilisierungen niemals eine sichtbare oder ‚stumme‘ Parasitämie zu erzeugen. Das Milzgewicht verändert sich unter dem Infektionsversuch nicht. Die Nichtinfektiosität unserer Stämme für alle Muridae ist nicht nur ein konstantes Merkmal aller Erstisolationen, es bleibt in Passage- und Anpassungsexperimenten unbeeinflussbar.

## Diskussion

Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Babesia microti* im Alpenvorland ist auf der Vertebratenseite durch eine *strenge Bindung* an die Erdmaus gekennzeichnet. Die bisherigen Testungen in den europäischen Nachbarländern haben diesen *Vorzugswirt* zwar überall auch herausgestellt, gleichzeitig aber das Vorkommen in zahlreichen anderen Kleinsäugetierarten aufgezeigt. Baker nennt 1974 für England 7 natürliche Wirtsarten, Šebek et al., 1977 für die Tschechoslowakei und Jugoslawien 8, Mahnert 1970 für Tirol 5 und Aeschlimann et al. 1975 im Valais und dem Schweizer Plateau 4. Dementsprechend ist oft von ‚fehlender Wirtsspezifität‘ oder einem ‚offensichtlich weiten Wirtsspektrum‘ zu lesen. Auf der anderen Seite wird beständig über die bruchstückhaften Informationen in den meisten Beschreibungen geklagt, die systematischen Überblick und nomenklatorische Revision der bisher 57 aus Nagetieren beschriebenen Arten erschweren oder überhaupt möglich machen (Levine, 1971; Killick-Kendrick, 1974). Mit der

von Cox (1970) und Levine (1971) angeregten Arbeitshypothese zu operieren, es könne sich bei weitgehend morphologischer Konvergenz hinter dem Sammelbegriff *B. microti* mehr als eine systematische Einheit verbergen, hat sich uns bisher erübrigt.

Welches populationsbezogene Merkmal auch analysiert wurde, immer ergaben schließlich die Figuren geregelte Bilder. Das weist auf eine *Dominanz stabilisierender Kräfte* (Anderson, 1978) und Gleichgewichtigkeit zwischen den Wirtspopulationen und ihrer Parasitenbürde hin. Offensichtlich bietet allein die Erdmaus und ein sie frequentierender Ektoparasit ein tragfähiges Ökosystem für die Babesie, das ihr in diesem Naturherd eine kontinuierliche Verbreitungstradition garantiert. Das Testgebiet setzte sich innerhalb einer an Niveaudifferenzen reichen Moränenlandschaft aus einem Mosaik von Kleinbiotopen zusammen, in denen die Erdmaus in Flächendichten bis zu 120 ha vorkam. In bestimmten Phasen der Aufforstung kann sie sich zum ausgeprochenen Schädling in den Kulturen entwickeln. Obwohl der Parasit zeitweise sicher eine starke Belastung für den Einzelwirt und die Bevölkerungsentwicklung der Art ist (Bäumler, 1976), reduziert er diese auch zusammen mit anderen Negativfaktoren nicht so nachhaltig, daß man von einer sich selbst steuernden fühlbaren biologischen Schädlingsbekämpfung sprechen könnte.

Die leichte *Rechtsverschiebung* der Parasitenträger in der Normalverteilung der Gesamtpopulation (Abb. 3) zeigt viele noch parasitenfrei anzutreffende Individuen unter den fortpflanzungsaktiven Jungadulten. Offenbar wirkt sich die Beeinträchtigung durch die Babesiose in der Erdmausgesellschaft wenn überhaupt, dann vorwiegend im Sinne einer Verkürzung der Lebenserwartung der ‚alten Last‘ aus. ♂♂ sind in höherem Prozentsatz infiziert als ♀♀, also trifft die Infektion mehr den herumschweifenden Anteil als die relative mehr seßhaften ♀♀. Individuelle Selektionsnachteile könnten an der richtigen Stelle der Bevölkerungspyramide zum *populationsdynamischen Vorteil* werden. Der regulierende Einfluß einer Parasitenart auf das Wachstum der Wirtspopulation ist nach Anderson (1978) nicht nur als negative Größe vorstellbar; auch oder gerade dann, wenn entsprechend seiner dritten Modellvorstellung die parasitenbedingte Wirtsterblichkeit, quantitativ gegen die Parasitenlast gesetzt, in der Zeit stärker als linear ansteigen sollte. In unserem extremen Denkmodell ist sogar, je nach Blickwinkel, ein Bedeutungswandel vom potentiell gefährlichen Parasiten für das Einzelindividuum zum gleichzeitig Gegenleistung erbringenden Symbionten für die Gesamtpopulation derselben Wirtsart möglich. Die hier zugeordnete Begriffswelt ist allerdings mit humanökonomischen und medizinischen Denkschemata belastet, weshalb sie im Detail gegenüber der Wirklichkeit häufig versagen muß.

Die Vermehrungsbiologie der Kleinnager ist im Gegensatz zu der höherer Säuger auf *fremddienlichen Verschleiß* hin vorprogrammiert. Sie kann darum auch mehr Schädlichkeiten abpuffern als die der Huftiere und Primaten, ehe es an die Substanz geht. Auch keineswegs immer ganz harmlose Parasiten sind in der Natur bei Kleinsäugetieren dort am häufigsten und leichtesten vorzufinden, wo auch der Vorzugswirt in möglichst günstigen Biotopen in hoher und beständiger Dichte verbreitet ist.

Wie die äußerst geringen *Befallsprozentsätze* zu deuten sind, von denen manche Autoren berichten, muß offen bleiben. Sie sollten nicht dahingehend interpre-

tiert werden, daß gefährliche Parasiten aus Gründen der natürlichen Selektion in der ‚unverfälschten Natur‘ nicht häufig sein können oder dürfen. Wo in systematischer Beschränkung auf ähnliche Naturherde Nagetiere untersucht wurden, wie es etwa Baker et al. (1963) bei Oxford oder Barnett und Croft (1976) bei Cambridge taten, braucht der Befallsprozentsatz nicht hinter dem Komma gesucht zu werden. Diese und unsere Befunde sprechen für eine strikte Abhängigkeit der Parasitenhäufigkeit von Trägersystemen bestimmter ökologischer Struktur und räumlicher Begrenzung, wie sie in ähnlicher Form vielleicht auch für das FSME-Virus gelten mag. Nur bei Berücksichtigung dieser Einschränkungen sind Häufigkeitsaussagen möglich. Präparationen von Leichenblut sind übrigens zur Diagnose aller intraerythrozytären Parasiten bei Mensch und Tier ungeeignet.

Die Interpretation aller Determinanten der *jahreszeitlichen Prävalenz* setzte mehr Kenntnisse vom wirbellosen Wirt und dem, was in ihm vorgeht, voraus. Die Vektorfrage ist späteren Mitteilungen vorbehalten. Bisher konnte im Beobachtungsgebiet nur *Ixodes ricinus* nachgewiesen werden. Der Frühsommergipfel der Erdmausbabesiose (Fig. 3) scheint tatsächlich für eine maßgebliche Beteiligung dieser Vektorart zu sprechen. Saisonprävalenz im Vertebraten haben alle Untersucher bemerkt, sofern es in ihrer Absicht lag, darauf zu achten (Kirner et al., 1958; Mahnert, 1970; Barnett und Croft, 1976). Für unser Gebiet muß allerdings der Auffassung der letztgenannten Autoren widersprochen werden, wonach es für die Babesien keine Überwinterung im Vertebraten gäbe, sondern nur eine solche in den präimaginären Stadien der Überträgerzecke. Selbst unter den klimatisch harten Bedingungen des oberbayerischen Testreviers sind einzelne apparent infizierte Erdmäuse stets zu finden. Ob solchen Parasitenträger eine epizootiologische Funktion zukommen kann, bleibt fraglich.

Allen, die bei Nagetieren das natürliche Auftreten von Babesien untersuchten, ist auch die den Parasiten begleitende *Splenomegalie* aufgefallen (Baker et al., 1963; Fay und Rausch, 1969; Mahnert, 1970; Young, 1970). Ihre Entstehung und Bedeutung wird unterschiedlich interpretiert; besonders seit Chitty (1952) in seiner richtungsweisenden Studie vom Vyrnwy-See bei der Erdmaus die physiologische Empfindsamkeit dieses Organs in bestimmten Stadien des Populationszyklus und der Massengradation gegenüber sozialem Streß herausgestellt hat. Auch bei Gedrängestreß und Rivalenkämpfen kann es nach Dawson (1956) zu relativen Milzgewichten von über 1% und Involutionen des Lymphoidgewebes zu Gunsten der extramedullären Erythropoese kommen.

„Jedes Referat über die Funktion der Milz ist dornenvoll, wenn sich der Autor durch ein üppig wucherndes Gestrüpp von Spekulationen, widersprüchlichen Experimenten und Beobachtungen hindurcharbeiten muß (Ludwig Heilmeyer, 1955). Die Feststellung ist auch mit Blickrichtung auf das Tier gültig und scheint ungewöhnlich zeitbeständig. Daß Babesieninfektionen bei Säugern Milzvergrößerungen hervorrufen und nach Entmilzung außer Kontrolle der Wirtsabwehr geraten können, ist seit mehr als 40 Jahren bekannt. Splenektomie schafft jedoch im allgemeinen keine neuen Empfänglichkeiten, sie macht aber latent oder labil bereits vorhandene immer sichtbar. Unsere Befunde bestätigen diese Regel, so sehr sie auch ihre seltenen Ausnahmen kennen mag (Todorović et al., 1967). Wenn von der Funktion der Milz als ‚Abwehrorgan‘ die Rede ist, wird diese heute vorwiegend im immunbiologischen Sinne aufgefaßt. Hier-

über gibt es eine fast unüberschbare Literatur, besonders aus dem Humanbereich (Elliot und Smith 1966). Unter den nicht von anderen Organen übernehmbaren Aufgaben der Milz finden sich natürlich auch solche immunbiologischer Art, wie sich gerade auch im Falle der Babesien zeigt (Phillipps, 1969; Garnham, 1970). Speziell von Nagetieren ist jedoch bekannt, daß die Milz bei diesen auch im postembryonalen Leben in besonderem Maße dazu befähigt ist, im Sinne der Erythropoese und Anämieabwehr aktiv zu werden (Hummel et al., 1966; Fruhmann, 1967). Die Milzvergrößerung kann dabei in direktem quantitativem Zusammenhang mit einer durch Hypoxie stimulierten extramedullären Erythropoese stehen. Sie wird damit nicht nur zum Ausdruck gesteigerten Abbaus, sondern auch der Neubildung von Erythrozyten, für die alle verfügbaren Reserve-Produktionsstätten mobilisiert werden müssen. Die Stärke der Parasitämie und ihre Steuerung hat zwar mit dieser Funktionsfacette ursächlich wohl nichts zu tun, wohl aber mit der raschen Bereinigung oder Verhinderung des Organschadens am roten Blutbild. Der Sofortterfolg dieser Notmaßnahme ist für das Überleben als Parasitenträger ebenso wichtig wie das Ingangkommen der Immunkontrolle.

Daß *experimentelle Wirtsspektren* meist breiter sind als natürliche, ist eine geläufige Erfahrung. Das Ergebnis unserer Empfänglichkeitsprüfungen wird jedoch durch Probleme und Widersprüche einiger Arten belastet. Zwei dem Vorzugswirt nahe verwandte Wirtsarten waren auch ohne vorherige Entmilzung experimentell zu infizieren und sogar zu Dauerwirten zu machen, obwohl sie im Naturherd nie infiziert gefunden wurden. Zum mindesten die Rötelmaus, die im Sommer besonders gern in das Biotop der Erdmaus einrückt, wurde in so großer Zahl untersucht, daß auch seltenere Spontaninfektionen bei ihr hätten bemerkt werden müssen. Sollte der wirbellose Wirt *Ixodes ricinus* sein, wird es vollends unverständlich, warum die breite Streuung über viele Wirtsarten hinweg, wie sie vielfach verbürgt ist, sich in unserem Beobachtungsgebiet hartnäckig der Bestätigung entzieht. Es überzeugt nicht, den Fehler der zu kleinen Zahl zu bemühen. Ernster ist der Verdacht, daß die natürliche Infektion nicht nur quantitativ anders zu beurteilen ist als die künstliche. Eine naturgetreue experimentelle Infektion mit adäquaten Vektoren, Entwicklungsstadien, Dosen und Applikationswegen könnte den scheinbaren Widerspruch schnell als Trugproblem entlarven.

Unter den wildgefangenen Feld- und Rötelmäusen fand sich ein Spektrum *unterschiedlicher Empfänglichkeitsgrade* für *B. microti*. Es reichte vom Gestatten einer dichten apparenten Parasitämie über lebenslang persistierende latente Infektionen bis zu Resistenzgraden, deren Stärke einer gegenüber diesem Parasiten höchst ungewöhnlichen sterilen Immunität gleichkam. Eine solche Variation kehrte bei gleichartigen Infektionen von Tieren aus etablierten Gefangenschaftszuchten nicht wieder. Das Ergebnis war dort praktisch uniform positiv. Die Resistenz von Wildfängen machte zwar einen erworbenen Eindruck und war durch Entmilzung beeinflussbar; sie trat aber in der kleinen  $F_1$ -Nachzucht der Rötelmaus-Wildfänge (Tabelle 3) ebenfalls auf und muß daher im Auge behalten werden. Da Resistenz gegen künstliche Infektion ein Merkmal von Wildfängen *jeder* Herkunft war, ist ein vorheriger immunisierender Kontakt mit einem spezifischen Antigen nicht wahrscheinlich. Unter den Faktoren, die beim Säugerwirt

den Infektionserfolg mit intraerythrozytären Protozoen steuern, nennt Cox (1975) u.a. die vorherige Bekanntschaft des Wirtes mit anderen Parasiten; dabei können gemeinsame Teilantigene vorhanden sein, müssen aber nicht. Solche Interaktionen bedürfen keineswegs immunologischen Hintergrundes. Bei der Vielzahl von Parasiten des Blutes, der Gewebe und der Körperoberflächen unterschiedlicher Organisationshöhe, mit denen ein Wildfang Bekanntschaft gemacht haben dürfte, ist bei ihm mit einer Ausgangsbasis zu rechnen, die im Gegensatz zur behüteten Gefangenschaftszucht durch ein unspezifisches Langzeittraining der RES-Aktivität gekennzeichnet ist.

Als weiteres Fazit der Empfänglichkeitsprüfungen ergaben sich wenigstens 2 Muridenarten mit Bedeutung als Laboratoriumstiere, die sich für die Lokaltämme aus England empfänglich erwiesen haben, für die bayerischen jedoch nicht: Labormaus (Irvin und Brocklesby, 1969) und *Mastomys natalensis* (Shortt, 1961). Die ersten beklagen allerdings die ‚Labilität‘ *neu isolierter Stämme*, wobei wohl das Wirtsverhalten gemeint ist. Man könnte ein solches Prädikat vielleicht an das Ergebnis unserer Erfahrungen mit wildgefangenen Feld- und Rötelmäusen vergeben. Auch waren von 3 geprüften Hamsterarten nur die beiden exotischen empfänglich: Der Zwerghamster starb meistens, der Goldhamster wird als geeignetes Wirtstier für die Dauerhaltung von Stämmen im Labor empfohlen. Beispiele für unerwartete Intensitätsunterschiede im Infektionserfolg begegnen dem Experimentator fast in jedem Versuch. Keine Beispiele konnten wir indessen für Verhaltensunentschlossenheit oder Modifikationsbereitschaft der *B. microti*-Stämme im wirtsbezogenen Verhalten registrieren, sofern genetisch einheitliches Tiermaterial benutzt wurde. Vielleicht sind unsere Parasiten-Isolate in ihrem stenöken Spontanverhalten stabiler ‚kanalisiert‘ als solche, denen anderswo in der Natur offenbar ein breiteres Wirtsspektrum zur Nutzung offen steht.

Die gute Eignung von *Meriones unguiculatus* als Experimentalwirt für *B. microti* dies- und jenseits des Ozeans ist bekannt (Gleason et al., 1970; Barnett und Croft, 1976). Die des kleinen chinesischen Zwerghamsters scheint neu. Interessant ist, daß aus beiden Wirtsgattungen natürlicher Babesienbefall beschrieben ist und ihre Namen in denen von Babesienarten wiederkehren: *B. merionis* (Rousselot, 1953), *B. cricetuli* (Springholz-Schmidt, 1937).

Es gibt innerhalb der Ordnung Rodentia Arten oder Artengruppen, die sich zu Vorzugsträgern von Babesien entwickelt haben. Sie müssen weder unbedingt als festumschriebene systematische oder ökologische Einheiten definierbar noch überall dieselben sein. Babesien und ihre Vektoren kennen eigene Bestimmungsmerkmale für den Wirtswert eines Vertebraten und sind dabei recht konservativ.

## Literatur

- Aeschlimann, A., Bossard, M., Quenet, G.: Contribution à la connaissance des piroplasmes de Suisse. Acta Trop. **32**, 281-289 (1975)
- Anderson, R.M.: The regulation of host population growth by parasitic species. Parasitology **76**, 119-157 (1978)
- Baker, J.R.: Protozoan parasites of the blood of British wild birds and mammals. J. Zool. (Lond.) **172**, 169-190 (1974)

- Baker, J.R., Chitty, D., Phipps, E.: Blood parasites of wild voles, *Microtus agrestis*, in England. *Parasitology* **53**, 297–301 (1963)
- Barnett, S.F., Croft, R.A.: The epidemiology of *Babesia microti* in the bank vole *Clethrionomys glareolus*. *Abstr. Internat. Conf. Tickborne Dis. a. Vectors, Edinburg* (1976)
- Bäumler, W.: Anämie bei freilebenden Erdmäusen (*Microtus agrestis* L.). *Anz. Schädlingkd. Pflanzen- u. Umweltsch.* **49**, 71–74 (1976)
- Brand, F., Healy, G.R., Welch, M.: Human babesiosis: The isolation of *Babesia microti* in golden hamsters. *J. Parasitol.* **63**, 934–937 (1977)
- Chisholm, E.S., Ruebush II, T.K., Sulzer, A.J., Healy, G.R.: *Babesia microti* infection in man: Evaluation of an indirect immunofluorescent antibody test. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **27**, 14–19 (1978)
- Chitty, D.: Mortality among voles (*Microtus agrestis*) at lake Vyrnwy, Montgomeryshire in 1936–1939. *Philos. Trans. R. Soc. London* **236**, 505–552 (1952)
- Cox, F.E.G.: Parasitic protozoa in British wild mammals. *Mammal. Rev.* **1**, 1–28 (1970)
- Cox, F.E.G.: Factors affecting infections of mammals with intraerythrocytic protozoa. XXIX. *Symp. Soc. exp. Biol. "Symbiosis"*, pp. 429–451. Univ. Press Cambridge, London: 1975
- Dawson, J.: Splenic hypertrophy in voles. *Nature* **178**, 1183–1184 (1956)
- Elliot, F.E., Smith, R.T.: The role of spleen in immunity with special reference to the post-splenectomy problem in infants. *Pediatrics* **37**, 111–119 (1966)
- Fay, F.G., Rausch, R.L.: Parasitic organs in the blood of arvicole rodents in Alaska. *J. Parasitol.* **55**, 1258–1265 (1969)
- França, C.: Sur la classification des piroplasmes et description de deux formes de ces parasites. *Arch. Inst. Bacteriol. Cam. Pest* **3**, 11–18 (1912)
- Fruhman, G.J.: Splenic erythropoiesis in the pregnant mouse. *Life Sci.* **6**, 2279–2283 (1967)
- Garnham, P.C.C.: The role of the spleen in protozoal infections with special reference to splenectomy. *Acta Trop.* **27**, 1–14 (1970)
- Gleason, N.N., Healy, G.R., Western, K.A., Benson, G.D., Schultz, M.G.: The "gray" strain of *Babesia microti* from a human case established in laboratory animals. *J. Parasitol.* **56**, 1256–1257 (1970)
- Heilmeyer, L.: Physiologische Beziehungen zwischen Milz und Knochenmark. *Bibl. Haematol. Suppl.* **3**, (Milz) 21–48 (1955)
- Hummel, K.P., Richardson, F.L., Fekete, E.: Anatomy.: In: *Biology of the laboratory mouse*, E.L. Green, ed., 2. ed. New York: McGraw Hill 1966
- Irvin, A.D., Brocklesby, D.W.: Continuous high parasitemia in mice with *Babesia (Nuttallia) microti*. *J. Parasitol.* **55**, 1190 (1969)
- Killick-Kendrick, R.: Parasitic protozoa in the blood of rodents. I. Haemogregarines, malaria parasites and piroplasms of rodents. Annotated checklist and host index. *Acta Trop.* **31**, 28–69 (1974)
- Kirner, S.H., Barbehenn, K.R., Travis, B.V.: A summer survey of the parasites of two *Microtus p. pennsylvanicus* populations. *J. Parasitol.* **44**, 103–105 (1958)
- Krampitz, H.E., Bäumler, W., Centurier, C.: Nagetierbabesien im Alpenvorland. *Kurzf. 8. Tg. Deutsch. Ges. Parasitol. Freiburg. Zbl. Bakt. I Ref.* **257**, 15–16 (1978)
- Levine, N.D.: Taxonomy of piroplasms. *Trans. Am. Microsc. Soc.* **90**, 2–33 (1971)
- Lykins, J.D., Ristic, M., Weisinger, R.M.: *Babesia microti*: Pathogenesis of parasite of human origin in the hamster. *Exp. Parasitol.* **37**, 388–397 (1975)
- Mahnert, V.: Über Ento- und Ektoparasiten von Kleinsäugetern der mittleren Ostalpen (Nordtirol). *Phil. Diss. Innsbruck* (1970)
- Mahnert, V.: *Grahamella* und Sporozoa als Blutparasiten alpiner Kleinsäugeter. *Acta Trop.* **29**, 88–100 (1972)
- McEnroe, W.D.: Human babesiosis. *Science* **195**, 506–507 (1977)
- Phillipps, R.S.: The role of the spleen in relation to natural and acquired immunity to infection of *Babesia rodhaini* in the rat. *Parasitology* **59**, 637–648 (1977)
- Rousselot, R.: Notes de parasitologie tropicale. Parasites du sang des animaux. Paris: Vigot Frères 1953
- Šebek, Z., Rosicky, B., Sixl, W.: The occurrence of babesiosis, affecting small terrestrial mammals and the importance of this zoonosis in Europe. *Folia Parasitol.* **24**, 221–228 (1977)

- Šebek, Z., Sixl, W., Rosicky, B.: Ein Beitrag zur Charakteristik der Naturherde der Piroplasmose und zur Kenntnis der Wirtstiere mit Daten zur Rinderpiroplasmose in der Steiermark und von Kleinsäugeruntersuchungen in der ČSSR (Sporozoa, Haemosporidia). Mitt. Abt. Zool. Landesmuseum Joann. Graz **4**, 67–80 (1975)
- Shortt, H.E.: Various strains of piroplasms of British and Indian mammals. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. **55**, 13 (1961)
- Springholz-Schmidt, A.: *Nuttallia cricetuli* n. sp., ein Blutparasit des daurischen Hamsters (*Cricetus furunculosis* Pall.). Zool. Anz. **118**, 314–316 (1937)
- Todorović, R., Ferris, D., Ristic, M.: Roles of the spleen in acute plasmoidal and babesial infections in rats. Exp. Parasitol. **21**, 354–372 (1967)
- Young, A.S.: Investigations on the epidemiology of blood parasites of small mammals with special reference to piroplasms. Ph. D. Thesis Univ. London (1970)

Eingegangen am 11. Mai 1978