

Durch Arthropoden übertragene Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa – ein Update

Horst Aspöck

**Abteilung für Medizinische Parasitologie, Klinisches Institut für Hygiene und
Medizinische Mikrobiologie, Medizinische Universität Wien (MUW)**

Abstract: Pathogens of Humans Transmitted by Arthropods in Central Europe – an Update.

The development of extraordinarily efficient molecular biological methods has led to an enormous progress in the field of vector-borne diseases in Central Europe. In particular, polymerase chain reaction (PCR), various techniques of genomic sequencing, and the fast progress in uncovering and storing of gene sequences in generally accessible data bases offer the possibility of testing large numbers of vectors for certain sequences indicative for certain pathogenic microorganisms. There is a continuous increase of records of viruses, bacteria and protozoa of medical importance in ticks or bloodsucking insects in geographic regions in Central Europe where these microorganisms were previously not known. In addition, a few (proven or possibly) pathogenic microorganisms have been detected in Central Europe for the first time, and there is no doubt that several are still to be discovered.

At present, Central Europe harbours (permanently or for varying periods in restricted areas) 8 tick-borne viruses (Flaviviridae: TBE/CEE; Bunyaviridae: Uukuniemi, Crimean-Congo Haemorrhagic Fever/CCHF, Erve, Bhanja; Reoviridae: Eyach, Tribec, Lipovnik), about 10 species of bacteria transmitted by ticks (Spirochaetales: *Borrelia burgdorferi* s. str., *B. afzelii*, *B. garinii*, *B. valaisiana*; Thiotricales: *Francisella tularensis*; Rickettsiales: *Rickettsia slovacica*, *R. helvetica*, *R. monacensis*, *Anaplasma phagocytophilum*; *Coxiella burnetii*), moreover (at least) 3 species of *Babesia* (*B. divergens*, *B. microti*, *B. "EU 1"*) (Protozoa: Apicomplexa: Piroplasmida), 6 viruses transmitted by mosquitoes (Togaviridae: Sindbis; Flaviviridae: West Nile, Usutu; Bunyaviridae: Batai = Calovo, Tahyna, Lednice), and *Leishmania infantum* (Protozoa: Kinetoplastida: Trypanosomatidae) transmitted by sandflies. The paper gives an overview on the present knowledge of these microorganisms and the diseases caused by them with respect to arthropod hosts, vertebrate hosts, geographic distribution, clinical pictures, diagnostic procedures, therapies, and prophylactic measures. The current discussion on climate change and emergence of vector-borne diseases is critically analysed. It is pointed out that effects of globalisation (e.g. the emergence of the tiger mosquito, *Aedes albopictus*, of Blue-tongue virus in Central Europe) and the discovery of pre-existing conditions (e.g. detection of Phlebotominae in Germany) may be of much higher significance. Nevertheless, global warming will certainly lead to altered situations in the field of vector-borne infections in Central Europe. An example is probably the extension of distribution areas of sandflies and the increasing autochthonous occurrence of leishmaniasis.

Keywords: Arboviruses, *Borrelia*, *Rickettsia*, *Anaplasma*, *Coxiella*, *Francisella*, *Babesia*, *Leishmania*, Ixodidae, Culicidae, Phlebotominae, Central Europe, climate change

Univ.Prof. Dr. H. Aspöck, Abteilung für Medizinische Parasitologie, Klinisches Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie, Medizinische Universität Wien (MUW), Kinderspitalgasse 15, 1095 Wien; E-Mail: horst.aspoeck@meduniwien.ac.at

1. Einleitung

In der Familiengeschichte eines jeden Mitteleuropäers haben durch Arthropoden übertragene Erreger tiefe Spuren hinterlassen – auch wenn sich diese Spuren in den meisten Fällen heute nicht mehr aufdecken lassen, weil die Ereignisse so lange zurückliegen. Kaum eine Familie ist von den Pestepidemien verschont geblieben, kaum eine vom Fleckfieber, und schließlich haben auch die verschiedenen Malaria-Formen die Bevölkerung

in Mitteleuropa Jahrhunderte hindurch betroffen. Der Erreger der Pest, *Yersinia pestis*, wird von Flöhen übertragen (in Mitteleuropa spielten vermutlich nicht so sehr Rattenflöhe als vielmehr *Pulex irritans*, der Menschenfloh, möglicherweise aber auch die Kleiderlaus, eine wichtige Rolle als Vektoren); die schlimmste Pestepidemie, die ganz Europa erfasste, war jene um die Mitte des 14. Jahrhunderts, sie führte zum Tod von etwa 25 Millionen Menschen, was etwa $\frac{1}{4}$ der Gesamtbevölkerung Europas entsprach (WINKLE 2005). Der Erreger des Fleckfiebers, *Rickettsia prowazeki*, wird durch die Kleiderlaus übertragen; die Krankheit begleitete vor allem alle Kriege, nicht zuletzt auch die beiden Weltkriege, und hat letztlich im Verlauf der Jahrhunderte auch in Mitteleuropa 100.000e von Menschenleben gefordert. Drei Malaria-Erreger – übertragen durch *Anopheles* spp. – waren einmal, zu unterschiedlichen Perioden und in geografisch unterschiedlichen Gebieten, in Mitteleuropa endemisch (WERNSDORFER 2002, MAIER 2004). Zwei von ihnen, *Plasmodium vivax* (nicht zuletzt noch zu Beginn der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts in Mitteleuropa verbreitet) und *Plasmodium malariae* haben zwar kaum Todesfälle bedingt, aber die Lebensqualität gewiss erheblich herabgesetzt, und die dritte Spezies – *Plasmodium falciparum*, der Erreger der Malaria tropica – hat zu manchen Zeiten in Mitteleuropa wohl einige 10.000 Menschen getötet.

Allein diese Infektionen haben zu gravierenden Veränderungen der Strukturierung und nicht zuletzt auch der Besitzverhältnisse – geradezu aller Familien – geführt und damit letztlich entscheidenden Einfluss auf die Geschichte Mitteleuropas (so auch auf die anderer Kulturen) gehabt.

Pest, Fleckfieber und Malaria sind längst aus Mitteleuropa verschwunden. Welche durch Arthropoden übertragenen Infektionen sind also geblieben? Und welche sind – vielleicht – dazugekommen? Und welche sind möglicherweise in der näheren Zukunft zu erwarten? Mit dieser Übersicht soll versucht werden, die gegenwärtige Situation, die Ergebnisse der Forschungsarbeiten der jüngsten Zeit und die Herausforderungen der nächsten Zukunft zusammenfassend zu umreißen.

Die Entwicklung außerordentlich leistungsfähiger molekularbiologischer Methoden hat der Forschung auf dem Gebiet der durch Arthropoden übertragenen Erreger in Mitteleuropa enormen Auftrieb gegeben, obwohl die Zahl der in der Medizinischen Entomologie und Akarologie tätigen Wissenschaftler mit einschlägiger zoologischer Ausbildung in den vergangenen Jahrzehnten permanent abgenommen hat und kontinuierlich weiter abnimmt. Bis ins letzte Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts war man, um einen Erreger nachweisen zu können, entweder auf die Isolierung (bei Viren in Versuchstieren, allenfalls in Gewebekulturen, bei Bakterien in Versuchstieren oder in Kulturmedien) oder auf die optische Darstellung im Vektor oder in Suspensionen aus dem Vektor (so bei Bakterien und Protozoen) durch entsprechende Färbungen, im Dunkelfeld oder immunhistochemisch (z.B. durch Fluoreszenzserologie) angewiesen. Um den Vektor zu identifizieren, bedurfte es fundierter souveräner taxonomischer Kenntnisse. All dies war langwierig, aufwendig, teuer, personalintensiv und erforderte vielfach jahrelange Beschäftigung mit der Thematik.

Hier ist ein geradezu dramatischer Wandel eingetreten. Durch den Einsatz der Polymerasekettenreaktion und leistungsfähiger, billiger Sequenzierungstechniken und durch die rasant fortschreitende Aufdeckung und Speicherung von Gensequenzen in allgemein zugänglichen Datenbanken (GenBank) können in kurzer Zeit große Mengen von Vektoren auf das Vorhandensein bestimmter indikativer Sequenzen bestimmter Erreger gescreent werden. Damit können (zumindest mit einiger Sicherheit) Erreger – Viren, Bakterien, Protozoen – nachgewiesen werden, ohne dass man die Erreger züchten und „als Ganze“ vor sich haben und kennen muss. Zunehmend werden diese Techniken nicht nur zum Nachweis und zur Identifizierung von Mikroorganismen eingesetzt, sondern auch zur Bestimmung von Arthropoden. Nur wenig überspitzt ausgedrückt: Ein tüchtiger Molekularbiologe braucht weder zu wissen, wie Bakterien aussehen, noch muss er eine Stechmücke von einer Zecke optisch unterscheiden können – und trotzdem wird er die abgesicherte Feststellung zu treffen vermögen, dass er eine bestimmte Bakterien-Art in einer bestimmten Zecken-Spezies (deren Namen sich aus den nachgewiesenen Sequenzen nach Vergleich mit der Genbank ergeben) nachgewiesen hat. Eben diese Möglichkeiten haben die Kenntnisse über die durch Arthropoden übertragenen Erreger von Infektionen in Mitteleuropa in den letzten Jahren erheblich vermehrt. Es sind einige bisher unbekannte oder zumindest vorher in Mitteleuropa nicht bekannte, für den Menschen (sicher oder vielleicht) pathogene Mikroorganismen nachgewiesen worden, und bekannte Erreger sind in Gebieten aufgetaucht, in denen sie vorher nicht bekannt waren. Gerade auch dieses zuletzt genannte Faktum verlangt Erklärungen, für die auch Zusammenhänge mit dem inzwischen nicht mehr zu leugnenden Klimawandel in Erwägung gezogen worden sind.

2. Blutsaugende Arthropoden in Mitteleuropa

Keine der in früheren Jahrhunderten und/oder in der jüngsten Vergangenheit in Mitteleuropa aufgetretenen blutsaugenden – und daher zur Übertragung von Erregern befähigten – Arthropoden-Spezies ist verschwunden. Manche sind seltener geworden, z.B. Kleiderlaus, Bettwanze und Menschenfloh. Einige wenige sind allerdings – vielleicht oder erwiesenermaßen – dazu gekommen.

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die wichtigsten in Mitteleuropa vorkommenden Blut (oder – bei manchen Milben – nach Einspritzen von histolytischem Speichelsekret in die Haut vorwiegend Gewebsflüssigkeit) saugenden Arthropoden-Spezies.

Tabelle 1. Blut (oder Gewebsflüssigkeit) saugende Arthropoden in Mitteleuropa (verändert nach ASPÖCK & al. 2002). Die wichtigsten als Überträger fungierenden Spezies sind – je nach medizinischer Bedeutung – durch einen, zwei oder drei nachgestellte Asteriske gekennzeichnet; ein Asterisk in Klammern bedeutet, dass die Spezies derzeit in Mitteleuropa nicht als Vektor humanmedizinisch ins Gewicht fällt.¹

- Phylum Arthropoda (Gliederfüßer)
- Classis Arachnida (Spinnentiere)
- Subclassis Acari (Milben)
- Superordo Parasitiformes (Anactinotrichidea)
- Ordo Metastigmata (Ixodida)
- Familia Argasidae (Lederzecken) (*)
 - Argas reflexus* (FABRICIUS, 1794) (Taubenzecke, Lederwanze, Saumzecke)(*)
 - Argas verspertilionis* (LATREILLE, 1802) (Fledermauszecke) (*)
 - Argas persicus* (LATREILLE, 1796) (Hühnerzecke) (*)
- Familia Ixodidae (Schildzecken) ***
 - Ixodes ricinus* (LINNAEUS, 1758) (Gemeiner Holzbock) ***
 - Dermacentor marginatus* (SULZER, 1776) (Schafzecke, Frühjahrswaldzecke) **
 - Dermacentor pictus* (HERMANN, 1804) *
 - Dermacentor reticulatus* (FABRICIUS, 1774) (Auwaldzecke) **
 - Haemaphysalis concinna* (KOCH, 1844) *
 - Haemaphysalis punctata* (CANESTRINI-FANZAGO, 1878) *
 - Rhipicephalus sanguineus* (LATREILLE, 1804) (Braune Hundezecke) *
- Ordo Mesostigmata (Gamasida)
- Superfamilia Dermanyssoidea
- Familia Dermanyssidae (Raubmilben) (*)
 - Dermanyssus gallinae* (DE GEER, 1778) (Rote Vogelmilbe) (*)
 - Dermanyssus hirundinis* (HERMANN, 1804) (Schwalbenmilbe) (*)
 - Ornithonyssus sylviarum* (CANESTRINI & FANZAGO, 1877) (*)
 - Ornithonyssus bacoti* (HIRST, 1913) (Tropische Rattenmilbe) (*)
 - Ophionyssus natricis* (GERVAIS, 1953) (Schlangmilbe) (*)
- Superordo Acariformes (Actinotrichidea)
- Ordo Prostigmata (Actinedida)
- Superfamilia Trombidioidea
- Familia Trombiculidae (*)
 - Neotrombicula autumnalis* (SHAW, 1790) (Herbstmilbe, Erntemilbe) (*)
- Classis Insecta
- Ordo Anoplura (Läuse)
- Familia Pediculidae (*)
 - Pediculus humanus* LINNAEUS, 1758 (Kleiderlaus) (*)
 - Pediculus capitis* DE GEER, 1778 (Kopflaus) (*)
- Familia Phthiridae (*)
 - Phthirus pubis* (LINNAEUS, 1758) (Schamlaus, Filzlaus) (*)
- Ordo Heteroptera (Wanzen)

¹ Die Benützung und Anführung supragenerischer Kategorien (Classis, Subclassis, Superordo ...) möge nicht als naive Einteilerei und Liebe zu Schubladen gesehen werden, sondern als eine sehr praktikable Form der Übersicht, die immerhin die verwandtschaftlichen Beziehungen in gewissem Ausmaß widerspiegelt. Die Anführung der gebräuchlichen deutschen Trivialnamen erscheint sinnvoll, da mit wachsendem Interesse der Öffentlichkeit, aber auch im medizinischen Schrifttum, für die Vektoren gerne die deutschen Namen verwendet werden.

- Familia Cimicidae (Plattwanzen) (*)
- Cimex lectularius* LINNAEUS, 1758 (Bettwanze) (*)
 - Cimex columbarius* JENYNS, 1839 (Taubenwanze) (*)
 - Cimex pipistrelli* JENYNS, 1839 (Fledermauswanze) (*)
 - Oeciacus hirundinis* JENYNS, 1839 (Schwalbenwanze) (*)
- Familia Reduviidae (Raubwanzen) (*)
- Reduvius personatus* (LINNAEUS, 1758) (Kotwanze) (*)
- Familia Anthochooridae (Blumenwanzen) (*)
- Lycotocoris campestris* (FABRICIUS, 1794) (Geflügelte Bettwanze) (*)
- Ordo Diptera (Zweiflügler, Fliegen und Mücken)
- Subordo Nematocera (Mücken)
- Infraordo Culicimorpha
- Superfamilia Culicoidea
- Familia Culicidae (Stechmücken = [österr.] Gelsen = Moskitos) **
- Subfamilia Anophelinae (Fiebermücken)
- Anopheles (A.) maculipennis* MEIGEN, 1818 *
 - Anopheles (A.) messeae* FALLERONI, 1926 *
 - Anopheles (A.) atroparvus* VAN THIEL, 1927 *
 - Anopheles (A.) plumbeus* STEPHENS, 1828 *
- und wenige weitere, auch beim Menschen blutsaugende Spezies des Genus *Anopheles* MEIGEN, 1818
- Subfamilia Culicinae
- Coquillettidia richiardii* (FICALBI, 1889) *
 - Ochlerotatus annulipes* (MEIGEN, 1830) *
 - Ochlerotatus cantans* (MEIGEN, 1830) *
 - Ochlerotatus flavescens* (MÜLLER, 1764) *
 - Ochlerotatus communis* (DE GEER, 1776) *
 - Ochlerotatus leucomelas* (MEIGEN, 1804) (*)
 - Ochlerotatus cataphylla* (DYAR, 1916) (*)
 - Ochlerotatus caspius* (PALLAS, 1771) **
 - Ochlerotatus dorsalis* (MEIGEN, 1830) *
 - Ochlerotatus sticticus* (MEIGEN, 1838) (Auwaldmücke) *
 - Aedes (Aedimorphus) vexans* (MEIGEN, 1830) (Wiesenmücke) **
 - Aedes (A.) cinereus* MEIGEN, 1818 *
 - Aedes (Stegomyia) albopictus* (SKUSE, 1895) (Tigermücke) (nach Holland eingeschleppt - ?*)
 - Culiseta (C.) annulata* (SCHRANK, 1776) *
 - Culex (C.) pipiens pipiens* LINNAEUS, 1758 (Hausmücke) *
 - Culex (C.) p. molestus* FORSKAL, 1775 *
 - Culex (Barraudius) modestus* FICALBI, 1890 *
- und einige andere Spezies (*). In Mitteleuropa gibt es insgesamt knapp über 50 Culiciden-Spezies, von denen fast alle – zumindest gelegentlich – den Menschen stechen.
- Superfamilia Chironomoidea
- Familia Simuliidae (Kriebelmücken) (*)
- Simulium (S.) reptans* (LINNAEUS, 1758) (*)
 - Boophthora erythrocephala* (DE GEER, 1776) (*)
 - Wilhelmia equina* (LINNAEUS, 1758) und einige weitere Spezies der Familie als Ektoparasiten (*)
- Familia Ceratopogonidae (Gnitzen) (*)
- Genus *Culicoides* LATREILLE, 1809
 - Genus *Forcipomyia* MEIGEN, 1818 und andere Genera
 - In Mitteleuropa ca. 400 Spezies, davon etwa 20 humanmedizinisch relevant (*)
- Infraordo Psychodomorpha
- Familia Psychodidae (Schmetterlingsmücken) *
- Subfamilia Phlebotominae (Sandmücken) *
- Phlebotomus (P.) papatasi* (SCOPOLI, 1786) *
 - Phlebotomus (Larroussius) perniciosus* NEWSTEAD, 1911 *
 - Phlebotomus (Larroussius) perfiliewi* PARROT, 1930
 - Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* GRASSI, 1908 *

Subordo Brachycera Orthorrhapha

Superfamilia Tabanomorpha

Familia Tabanidae (Bremsen) (*)

Subfamilia Chrysopsinae

Chrysops (C.) caecutiens (LINNAEUS, 1758) (*)*Chrysops (C.) relictus* MEIGEN, 1820 (*)*Chrysops (C.) divaricatus* LOEW, 1858 (*)*Chrysops (C.) viduatus* (FABRICIUS, 1794) (*)*Chrysops (Silvius) alpinus* (SCOPOLI, 1763) (*)

Subfamilia Tabaninae

Haematopota pluvialis (LINNAEUS, 1758) (Regenbremse) (*)*Haematopota italica* MEIGEN, 1804 (*)*Hybomitra distinguenda* (VERRALL, 1909) (*)*Hybomitra kaurii* CHVÁLA & LYNEBORG, 1970 (*)*Hybomitra muehlfeldi* (BRAUER in BRAUER & BERGENSTAMM, 1880) (*)*Hybomitra lundbecki* (LYNEBORG, 1959) (*)*Hybomitra micans* (MEIGEN, 1804) (*)*Hybomitra montana* (MEIGEN, 1820) (*)*Tabanus autumnalis* LINNAEUS, 1758 (*)*Tabanus sudeticus* ZELLER, 1842 (*)*Tabanus bromius* LINNAEUS, 1758 (*)*Tabanus glaucopsis* MEIGEN, 1820 (*)*Tabanus maculicornis* ZETTERSTEDT, 1842 (*)*Tabanus quatuornatus* MEIGEN, 1820 (*)*Atylos fulvus* (MEIGEN, 1804) (*)*Atylos rusticus* (LINNAEUS, 1767) (*)*Philipomyia africa* (MEIGEN, 1820) und weitere Spezies der Familie (*). In Mitteleuropa insgesamt ca. 70 Spezies der Familie, von denen die meisten auch den Menschen anfliegen (*).

Ordo Siphonaptera (Flöhe)

Familia Pulicidae (*)

Subfamilia Pulicinae

Pulex irritans LINNAEUS, 1758 (Menschenfloh) (*)

Subfamilia Archaeopsyllinae

Ctenocephalides canis (CURTIS, 1826) (Hundefloh) (*)*Ctenocephalides felis* (BOUCHÉ, 1835) (Katzenfloh) (*)*Archaeopsylla erinacei* (BOUCHÉ, 1835) (Igel floh) (*)

Familia Ceratophyllidae

Ceratophyllus gallinae (SCHRANK, 1804) (Hühnerfloh) (*)*Ceratophyllus columbae* (GERVAIS, 1844) (Taubenfloh) (*)*Nosopsyllus fasciatus* (BOSC, 1800) (Europäischer Rattenfloh) (*)

Aus Tab. 1 ist ersichtlich, dass drei Arthropoden-Gruppen – Ixodidae (Schildzecken), Culicidae (Stechmücken) und Phlebotominae (Sandmücken) – als Vektoren heute und mit Sicherheit auch in Zukunft besondere Bedeutung haben. Ihnen sind die folgenden 3 Kapitel gewidmet. Dermanyssidae, Trombiculidae, Cimicidae, Reduviidae, Anthochoridae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae und Ceratophyllidae haben in Europa – soweit wir wissen – nie (von einzelnen ± zufälligen Ereignissen abgesehen) Erreger von Infektionen des Menschen übertragen und sind auch heute – abermals muss man einschränkend sagen: soweit wir wissen – humanmedizinisch als Vektoren ohne Bedeutung.

3. Durch Ixodidae (Schildzecken) übertragene Erreger

Ixodidae fungieren in Mitteleuropa als Vektoren von Arboviren (Tab. 2, Kasten 1), von Borrelien (Tab. 3, Kasten 2), von einigen anderen bakteriellen Erregern (Tab. 3) und schließlich von Babesien, also Protozoen (Apicomplexa) (Tab. 4).

Tabelle 2. Durch Ixodidae (Schildzecken) auf den Menschen übertragene Arboviren in Mitteleuropa

Virus Familie/Genus/ Spezies	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Flaviviridae				
<i>Flavivirus</i>				
TBE/CEE (= Central Euro- pean Encephalitis) Virus = Zentral- europäisches Enzephalitis-Virus, westlicher Typ (=FSME-Virus)	<i>Ixodes ricinus</i> (selten auch andere Spezies : Tab. 3)	zahlreiche Rodentia, Insectivora und andere Säuger; Vögel, Eidechsen (?)	Frühsommer- Meningoenzephalitis =FSME (siehe Tab. 3)	Mittel-, Nord-, Ost- und nördliches Südosteuropa
Bunyaviridae				
<i>Uukuvirus</i>				
Uukuniemi-Virus	<i>Ixodes ricinus</i> (Culicidae: <i>Culex</i> , <i>Aedes</i> spp.)	Vögel (viele Spezies), bes. auch Zugvögel; Rodentia (<i>Clethrionomys</i> , <i>Apodemus</i>)	? Akut fieberhafte Erkrankung mit Kopf-, Muskel- und Gliederschmerzen und Exanthenen	Nord-, Mittel-, Osteuropa, Aserbeidschan, Russland
Bunyaviridae				
<i>Nairovirus</i>				
Crimean-Congo Haemorrhagic Fever Virus = Krim-Kongo- Hämorrhagisches Fieber-Virus (CCHF-Virus)	<i>Hyalomma</i> <i>marginatum</i> u.a. spp., <i>Haemaphysalis</i> <i>punctata</i> , <i>Rhipicephalus</i> spp., <i>Dermacentor</i> <i>marginatus</i> (<i>Ixodes</i> <i>ricinus</i>)	Zahlreiche Säugetiere (Mäuse, Hasen, Ziege, Schaf, Rind, Kamel)	Krim-Kongo Hämorrhagisches Fieber: akute Allgemeinerkrankung mit hoher Letalität (bis über 50%)	Ost-, SO-Europa, Ungarn; Vorderasien, Zentralasien, Afrika (Zugvögel als Wirte infiltrierter Zecken von Bedeutung!)
Bunyaviridae				
<i>Nairovirus</i> (<i>Thiaforavirus</i>)				
Erve-Virus	Ixodidae?	<i>Crocidura</i> (Antikörper in Klein- und Großsäugern)	„Donnerschlag- Kopfschmerz“ (?), Hämorrhagische ZNS-Affektion (?)	Frankreich, Deutschland
Bunyaviridae				
<i>Bhanjavirus</i>				
Bhanja-Virus	<i>Haemaphysalis</i> <i>punctata</i> , <i>Dermacentor</i> <i>marginatus</i> , u.a. <i>Amblyomminae</i>	Schaf, Ziege, Rind u.a. Säuger	Akute fieberhafte Erkrankung, auch Meningoenzephalitis	Ost-, SO-, SW- Europa, Slowakei; Vorder-, Zentral-, Südasiens, große Teile Afrikas (Zugvögel verschleppen infiltrierte Zecken)

Reoviridae				
<i>Coltivirus</i>				
Eyach-Virus	<i>Ixodes ricinus</i>	Vermutlich Rodentia und Lagomorpha	Meningoenzephalitis (?)	Deutschland, Frankreich, Tschechien
Reoviridae				
<i>Orbivirus (Kemerovirus)</i>				
Tribec-Virus	<i>Ixodes ricinus, Haemaphysalis punctata</i>	Rodentia, Ruminantia; Vögel	Fieber, Meningitis	Tschechien, Slowakei (und vermutlich andere Teile Mitteleuropas), Italien, Osteuropa
Lipovnik-Virus	<i>Ixodes ricinus</i>	?	Fieber, ZNS-Symptomatik (?)	Tschechien, Slowakei

Von allen diesen Erregern haben mit Abstand den höchsten medizinischen Stellenwert einerseits das Virus der Fröhsommer-Meningoenzephalitis (FSME), andererseits die Borrelien-Spezies, die eine Vielzahl von Krankheitsbildern hervorrufen können.

Die FSME (Kasten 1) ist eine vergleichsweise häufige, in Mitteleuropa weit verbreitete Infektion (Abb. 1-4). Das FSME-Virus wird fast ausschließlich durch *Ixodes ricinus*, den Gemeinen Holzbock, die häufigste Zeckenart in Mitteleuropa, übertragen. *I. ricinus* ist ein polyzentrisches extramediterran-europäisches-mediterranes Faunenelement, das in Mitteleuropa, Osteuropa und dem südlichen Nordeuropa, disjunkt aber auch in größeren Höhen in Südeuropa, weit verbreitet ist. Auch für die übrigen, wesentlich seltener auftretenden durch Zecken übertragenen Arboviren Mitteleuropas ist mit größter Wahrscheinlichkeit *I. ricinus* der den Zyklus aufrecht erhaltende Vektor.

Kasten 1. Fröhsommer-Meningoenzephalitis (FSME)

- Erreger: *Flavivirus* (Flaviviridae)
- Reservoir: besonders Rodentia und Insectivora
- Überträger: *Ixodes ricinus*, seltener andere Ixodidae der Genera *Ixodes*, *Haemaphysalis*, *Dermacentor*
- Empfänglich: zahlreiche Säuger, einschließlich Mensch
- Verbreitung: Mittel-, Ost- nordliches Südost- und Nordeuropa (Abb. 1-4)
- Vertikalverbreitung in Mitteleuropa: bis über 1000 m
- Infektionsraten der Zecken: (< 0,1%-) 1% (-5%) (Adulte > Nymphen > Larven)
- Inkubationszeit: ca. 10-14 (2-28) Tage
- Klinisches Bild im typischen Fall biphasisch:
 - Gripiales Krankheitsbild (3-5 Tage, danach Rückgang der Symptome für etwa eine Woche)
 - ZNS-Befall: Meningitis (ca. 60%), Meningoenzephalitis (ca. 30%), Meningoenzephalomyelitis (ca. 40%), Meningoradikuloneuritis
 - Große Variabilität des klinischen Verlaufs, oft ohne Intervall, oft keine ZNS-Symptomatik, Schwere mit Lebensalter zunehmend
- Häufigkeit der klinischen Manifestation nach Infektion (Stich durch eine infizierte Zecke): (<)25-(>)40%
- Häufigkeit der ZNS-Beteiligung bei klinischer Manifestation: ca. 50% (langfristige Komplikationen: 35- >50%)
- Letalität: ca. 1% (-2%)
- Keine Kausaltherapie!
- Prophylaxe: Aktive Immunisierung! (Frühere passive Immunisierung obsolet!)



Abbildungen 1–4: Verbreitung der Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) in Europa in den Jahren 2004, 2005, 2006 und 2007.

Die Karten wurden jeweils auf der Basis von gemeldeten Isolierungen und von nachgewiesenen Fällen erstellt und sind daher vom Grad der Vollständigkeit der Meldungen geprägt. Sie demonstrieren aber auf jeden Fall die Fluktuationen, die sich durch (oft nur vorübergehendes) Etablieren und Erlöschen von Herden ergeben. Man muss daher stets damit rechnen, dass innerhalb des Gesamtverbreitungsgebiets auch in bisher FSME-freien Gebieten das Virus plötzlich auftaucht.

(Mit freundlicher Genehmigung von Baxter BioScience Wien).

Bei allen Fluktuationen, denen das Auftreten der FSME durch verschiedene Faktoren auf dem Umweg über die Zecken (insbesondere durch Schwankungen der Populationsdichten und durch Veränderungen der Verbreitungsareale) unterworfen ist, kann dennoch mit Gewissheit festgestellt werden, dass diese sehr ernst zu nehmende Infektion ihre Bedeutung in Mitteleuropa behalten wird. Glücklicherweise gibt es eine ausgezeichnet wirksame Impfung (Schutzrate ca. 99%), die sich (es handelt sich um einen extrem reinen Totimpfstoff) durch außerordentlich gute Verträglichkeit auszeichnet (HOLZMANN & KOLLARITSCH 2006, HEINZ & al. 2007).

Alle übrigen durch Zecken übertragenen Arboviren treten in Mitteleuropa selten auf (HUBALEK & HALOUZKA 1996, ASPÖCK & DOBLER 2007). Das Uukuniemi-Virus ist vielleicht Ursache mancher fieberhafter Erkrankungen nach Zeckenstich, das Tribec-Virus ist ein seltener Erreger fieberhafter Infekte mit Affektionen des Zentralnervensystems, ebenso vielleicht das Lipovnik-Virus und das Eyach-Virus. Sowohl die Biologie des Erve-Virus als auch seine Pathogenität für den Menschen sind noch weitgehend ungeklärt. Es gibt Hinweise, dass das Virus für plötzliche („wie ein Donnerschlag“) einsetzende Kopfschmerzen, möglicherweise sogar für hämorrhagische ZNS-Erkrankungen verantwortlich ist.

Das Bhanja-Virus ebenso wie das Virus des Krim-Kongo Hämorrhagischen Fiebers (CCHF) sind bisher nur in den südöstlichen Randbereichen Mitteleuropas sporadisch aufgetreten. Beide sind Erreger schwerer Erkrankungen, besonders gilt das für das CCHF-Virus (ERGÖNÜL 2006).

Außer gegen FSME-Virus gibt es keine Impfung gegen irgendeines der übrigen durch Zecken übertragenen Viren. Auch spezifische Therapien stehen nicht zur Verfügung, therapeutische Maßnahmen müssen sich auf symptomatische Behandlung beschränken (Kap. 7).

Unter den bakteriellen Infektionen (Tab. 3), deren Erreger durch Zecken übertragen werden, nehmen die Borreliosen die erste Stelle ein (Kasten 2) und werden sie gewiss immer – selbst wenn einmal eine Impfung² zur Verfügung stehen sollte – einnehmen. Die Erreger der Schildzecken-Borreliosen (Lyme-Borreliosen), die Genospezies des *Borrelia burgdorferi* s.l.-Komplexes, sind die häufigsten durch Arthropoden übertragenen Erreger der Nordhemisphäre. Die Infektionsraten bei Zecken in Mitteleuropa variieren je nach Stadium von 1 bis wenigen Prozent (Larven) bis etwa 50% (Adulte). In einer kürzlich durchgeführten Studie in Österreich (BLASCHITZ & al. 2007) wurden Infektionsraten von 1,6% (Larven), 16,1% (Nymphen) und 24,5% (Adulte) gefunden. Infektionen mit *Borrelia burgdorferi* s.l. führen zu einer Vielzahl von teils akut, teils chronisch, lokalisiert oder disseminiert auftretenden klinischen Manifestationen, von denen die bekannteste das Erythema chronicum migrans ist – eine wenige Tage nach dem Stich der Zecke um die Stichstelle auftretende, täglich größer werdende, später in der Mitte ablassende Rötung (nicht ganz glücklich als „Wanderröte“ bezeichnet). Eine andere, wesentlich seltenere Manifestation ist die Acrodermatitis chronica atrophicans bei der die Haut papierdünn wird, während Neuroborreliosen relativ häufige klinische Manifestationen von Infektionen mit *Borrelia burgdorferi* s. l. (Kasten 2) sind (STANEK 2002, 2004). Grundsätzlich sind alle Borreliosen, wenn die Therapie früh einsetzt, mit Antibiotika erfolgreich zu behandeln (STANEK 2005, 2007). Borreliosen wurden in Zecken in Mitteleuropa in Höhen bis 1350m (Steiermark) nachgewiesen (STÜNZNER & al. 2006).

² Ein vor einigen Jahren in den USA für kurze Zeit verfügbarer Impfstoff beruhte auf folgendem Prinzip: Die im Darm der Zecke lebenden Borreliosen sind durch ein bestimmtes Oberflächenprotein (Osp A) ausgezeichnet. Erst wenn ein anderes Oberflächenprotein (Osp C) exprimiert wird, können sie den Darm penetrieren und in die Speicheldrüsen wandern, womit die Zecke zur Übertragung befähigt wird. Der Switch der Expression erfolgt durch den Temperaturreiz mit dem beim Saugen aufgenommenen Blut. Wenn man einem Menschen Osp A (das war der Impfstoff) spritzt, bildet er Antikörper gegen Osp A, die beim Blutsaugen von der Zecke aufgenommen werden und mit den im Zeckendarm befindlichen Borreliosen reagieren, sodass es nicht zur Expression von Osp B und damit zur Penetration des Darms und zum Einwandern in die Speicheldrüsen kommen kann. Wegen angeblicher möglicher Nebenwirkungen wurde der Impfstoff vom Markt genommen.

Tabelle 3. Durch Zecken übertragene Bakterien in Mitteleuropa

Erreger	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Spirochaetales				
Spirochaetaceae				
<i>Borrelia burgdorferi</i> s.l. mit mehreren (Geno-) Spezies <i>Borrelia burgdorferi</i> s.str. <i>Borrelia afzelii</i> <i>Borrelia garinii</i> <i>Borrelia valaisiana</i>	<i>Ixodes ricinus</i> , selten andere Ixodidae, möglicherweise gelegentlich auch andere hämatophage Arthropoden	Kleinsäuger, vermutlich viele andere Säuger; Vögel (insb. für <i>B. garinii</i>)	frühe lokalisierte Infektionen (Haut), frühe disseminierte Infektionen (Haut, Nervensystem, Herz), chronische Infektionen (Haut, Gelenke, peripheres und zentrales Nervensystem) (siehe Kasten 2)	Europa, Asien, Afrika, Nordamerika
Thiotricales				
<i>Francisella tularensis</i>	<i>Dermacentor</i> spp., <i>Ixodes ricinus</i>	Rodentia, Hasen, Kaninchen u.a. Säugetiere	Tularämie (Hasenpest)	Holarktis (Europa, Asien, Nordamerika)
Rickettsiales				
Rickettsiaceae				
<i>Rickettsia prowazeki</i>	<i>Pediculus humanus</i>	Mensch	Fleckfieber	(Europa: ausgerottet), Asien, Amerika (sporadisch)
<i>Rickettsia slovaca</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> , <i>Dermacentor reticulatus</i>	Kleinsäuger (Rodentia, Insectivora), Lagomorpha, Ungulaten, Karnivore	TIBOLA: Lymphadenopathie, Fieber, Kopfschmerzen, Myalgie, Arthralgie, ulzerative Hautreaktionen an Einstichstelle (Eschar)	Mittel-, Ost-, Südwest-, und Südosteuropa
<i>Rickettsia helvetica</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> , <i>D. reticulatus</i> , <i>I. ricinus</i>	Rodentia	Fieber, allg. Krankheitsgefühl, Kopfschmerzen, Myalgien	Europa, Asien
<i>Rickettsia monacensis</i>	<i>Ixodes ricinus</i>	?	?	Bayern
Rickettsiales				
Anaplasmataceae				
	<i>Ixodes ricinus</i>	vermutlich Kleinsäuger, Reh, Schaf, Rind	Akut fieberhafte Infektion, Myalgien, Kopfschmerz, Leukozytopenie, Thrombozytopenie, Anämie (HGA = Granulozytäre Anaplasmose, früher als HGE = Humane Granulozyten-Ehrlichiose bezeichnet)	Mittel-, Nord-, West-, Südeuropa, Norde-, Ostasien, östliches Nordamerika

<i>Anaplasma phagocytophilum</i>				Europa, Asien, N-Amerika
sys. Stellung unsicher:				
<i>Coxiella burnetii</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> (und andere Ixodidae spp.)	Nagetiere; Wildtiere und Haustiere, besonders Schaf und Ziege	Akut fieberhafter Infekt (akutes Q-Fieber), in ca. 10% atypische Pneumonie und/oder Hepatitis, in ca. 1% chronisches Q-Fieber mit Endokarditis und hoher Letalität. Besonders gefährdet: Schwangere	nahezu weltweit, nach Mitteleuropa vermutlich erst nach dem 2. Weltkrieg eingeschleppt

Kasten 2. Schildzecken-Borreliosen (=syn. Lyme-Borreliosen)

- Häufigste durch Zecken übertragene Infektion der Nordhemisphäre
- Häufigste durch Arthropoden übertragene Infektion in Europa und Nordamerika
- In Mitteleuropa 50 (-300) Erkrankungen pro 100.000 Einwohner pro Jahr
- Erreger: *Borrelia burgdorferi* s.l. (*B. burgdorferi* s.str., *B. afzelii*, *B. garinii* u.a.)
- Überträger: *Ixodes ricinus* (u.a. Ixodidae)
- Reservoir: Rodentia (bes. *B. burgdorferi* s.str., *B. afzelii*, *B. garinii*/ OspA-Serotyp 4), andere (kleinere) Säuger, Vögel (bes. *B. garinii*, *B. valaisiana*)
- Infektionsraten der Zecken: ca. 20% (bis > 40%)
- Verbreitung: Europa, Asien, Amerika
- Inkubationszeit: Tage bis Wochen bis Monate
- Klinische Bilder:
 - Lokalisierte Hautmanifestationen (Erythema chronicum migrans: in ca. 25% aller Infektionen; Borrelien-Lymphozytom)
 - Disseminierte Infektionen (Multiples Erythema chronicum migrans; Neuroborreliose mit aseptischer Meningitis, ein- oder beidseitiger Fazialparese, Meningo-Radikuloneuritis/Garin-Bujadoux-Bannwarth-Syndrom; Karditis mit transienten Rhythmusstörungen und AV-Block 2. und 3. Grades)
 - Chronische Infektionen der Haut (Acrodermatitis chronica atrophicans), der großen Gelenke (Mono-, Oligoarthritis, bes. des Knies), des peripheren Nervensystems (periphere Neuropathien, meist bei lange bestehender Acrodermatitis), des ZNS (chronische Neuroborreliose und Meningoenzephalitis, Enzephalitis, Enzephalomyelitis, Radikulomyelitis)
- Diagnose: Klinisch (klinisch-anamnestisch), Anzuchtung und/oder PCR (je nach klinischer Manifestation aus Haut, Liquor cerebrospinalis oder Synovia), serologisch (bes. mit Serum-Paaren)
- Therapie: Penicillin V (Erythema migrans), Penicillin G (Neuroborreliose), Amoxicillin, Ceftriaxon, Doxycyclin
- (Derzeit) keine Impfung

Der medizinische Stellenwert der bisher in Mitteleuropa aufgetretenen durch Zecken übertragenen Rickettsiales (*Rickettsia slovacica*, *R. helvetica*, *R. monacensis* und *Anaplasma phagocytophilum*) kann noch nicht wirklich abgeschätzt werden (PAROLA & al. 2005). Tatsache ist, dass manche Erreger in manchen Teilen Mitteleuropas häufig auftreten (z. B. *R. helvetica* in 2,5-38% der Zecken: FOURNIER & al. 2000, in Österreich ca. 1/3 von *Ixodes ricinus*: BLASCHITZ & al. 2008, STANEK 2007; Prävalenz von *A. phagocytophilum* in Zecken in Süddeutschland ca. 1%: HARTELT & al. 2004, in Österreich: ca. 14%: STANEK 2007). Die Humane Granulozytäre Anaplasmose (HGA) ist eine seit langem bekannte und wiederholt beschriebene Erkrankung mit großer Verbreitung (DUMLER & al. 2005). Der in Erwägung gezogene kausale Zusammenhang zwischen einer Infektion und *R. helvetica* mit plötzlichem Herztod bei jungen Menschen (PAROLA & al. 2005, TELFORT

& GOETHERT 2004) wird heute eher skeptisch beurteilt, aber auch über diese erst vor ca. 30 Jahren erstmals isolierte Spezies sind noch viele Fragen offen. *R. helvetica* ist jedenfalls offensichtlich in Mitteleuropa weit verbreitet. Sogar die Sarkoidose wurde übrigens mit *R. helvetica* assoziiert (NILSSON 2001). Die medizinische Bedeutung der erst vor wenigen Jahren entdeckten *R. monacensis* (SIMSER & al. 2002) ist noch völlig ungeklärt. Auch der medizinische Stellenwert einer in Deutschland aus *Dermacentor reticulatus* isolierten *Rickettsia* (RpA4) (DAUTEL & al. 2006) ist noch gänzlich unbekannt.

Coxiella burnetii, früher zu den Rickettsiales gestellt, tatsächlich vermutlich mit den Legionellen verwandt, wird zwar auch durch Zecken – und zwar besonders *Dermacentor marginatus* – übertragen, vorwiegend jedoch aerogen. (*C. burnetii* bildet widerstandsfähige Sporen aus.) Schafe sind das Reservoir schlechthin (SÜSS & al. 2004). Schwangere, für die eine Infektion mit *C. burnetii* von schwerwiegender Bedeutung sein kann, sollten daher Kontakt mit Schafen meiden.

Francisella tularensis, der Erreger der Hasenpest, einer Zoonose mit einem großen Wirtsspektrum, das vor allem Rodentia und Lagomorpha umfasst, kann auch beim Menschen zu einer fieberhaften Erkrankung mit Pneumonie und Absiedlung und Bildung von Granulomen und eitrigen Abszessen in Leber und Milz führen. Die meisten Infektionen erfolgen durch direkten Kontakt mit infizierten Tieren (bes. Hasen) oder durch Genuss von ungenügend erhitztem Fleisch infizierter Tiere oder aerogen in von infizierten Mäusen befallenen Gebäuden (z.B. Lebensmittel-Speicher), doch spielen auch Zecken (*Dermacentor*, *Ixodes*) als Vektoren eine Rolle (TELFORD & GOETHERT 2004, SÜSS & al. 2004). Bei einer Analyse von 418 Fällen von Tularämie in der West-Slowakei konnten 45 (=11%) auf Zeckenstiche zurückgeführt werden (GURYCOVA & al. 2001).

Tabelle 4. Durch Zecken übertragene Protozoen in Mitteleuropa

Erreger	Überträger	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Apicomplexa				
Haematozoa				
Piroplasmida				
Babesiidae				
<i>Babesia divergens</i>	<i>Ixodes ricinus</i>	Rind	Babesiose (schwer verlaufende fieberhafte Erkrankung mit Ikterus und Hämoglobinurie bei splenektomierten Patienten)	Europa, Asien, N-Afrika, N-Amerika
<i>Babesia microti</i> (-Komplex)	<i>Ixodes ricinus</i>	Rodentia	Fieberhafte Erkrankung mit Kopf-, Gelenk- und Muskelschmerzen bei immunkompetenten (bisher nur in USA)	Holarktis (vermutlich mehrere spp. unterschiedlicher Verbreitung)
<i>Babesia</i> spp. (z.B. EU1)	<i>Ixodes ricinus</i> (?)	? (verschiedene Säuger)	Fieberhafte Erkrankungen bei Splenektomierten	vermutlich in großen Teilen Mitteleuropas

Zunehmend gewinnen auch die durch Zecken übertragenen Babesien in Mitteleuropa humanmedizinische Bedeutung (HUNFELD & al. 2002, HUNFELD & BRADE 2004, HÄSELBARTH & al. 2007). Seit etwa 50 Jahren weiß man, dass *Babesia divergens* (lange Zeit nur als Erreger von Haustieren bekannt und als solche von großer Bedeutung) auch bei immunsupprimierten, und zwar splenektomierten Menschen schwere und unbehandelt in der Regel letal verlaufende Erkrankungen hervorrufen können (ZINTL & al. 2003). Inzwischen ist in Mitteleuropa eine andere humanpathogene Spezies (ebenfalls bei einem splenektomierten Patienten) gefunden

worden (HERWALDT & al. 2003). Mehrere Studien haben gezeigt, dass Zecken in vielen Teilen Mitteleuropas z. T. zu hohem Prozentsatz mit Babesien, offenbar mit mehreren Spezies, infiziert sind. Unter diesen wurde auch *Babesia microti* festgestellt (HARTELT & al. 2004). Diese Spezies verursacht (bei Immunkompetenten!) fieberhafte Erkrankungen, allerdings wurden bisher solche Infektionen beim Menschen nur in den USA festgestellt. Eine Erklärung ergibt sich durch Studien, in denen gezeigt werden konnte, dass *Babesia microti* de facto ein Spezies-Komplex ist, dessen Angehörige offenbar unterschiedliche Pathogenitätspotenziale besitzen (TELFORD & GOETHERT 2004, GRAY 2006).

In Mitteleuropa findet man bei ca. 15 % der Bevölkerung Antikörper gegen Babesien. Dies lässt bei aller kritischen Vorsicht, aber unterstützt durch die zum Teil hohen Infektionsraten der Zecken (sie sind in manchen Gebieten und manchen Populationen unter 1 %, in anderen aber weit über 50 %) den Schluss zu, dass viel mehr Menschen infiziert sind als tatsächlich erkranken. Es ist nicht ausgeschlossen, dass Immungesunde den Erreger (insbesondere ist auch an *Babesia divergens* zu denken) lange Zeit (wochenlang? monatelang? vielleicht sogar jahrelang?) beherbergen ohne zu erkranken (TELFORD & GOETHERT 2004). Die verblüffend unterschiedlichen Infektionsraten verschiedener Populationen von *Ixodes ricinus* finden vor allem durch die transovarielle Übertragung der Babesien eine plausible Erklärung. Wenn man an einer eng begrenzten Stelle fast nur infizierte Zecken findet, liegt die Vermutung nahe, dass es sich dabei um Geschwister der F1-Generation eines infizierten Zecken-Weibchens handelt.

4. Durch Stechmücken übertragene Erreger

Mit dem Erlöschen der letzten Malaria-Herde zu Beginn der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts in Mitteleuropa schien die medizinische Bedeutung von Culicidae auf die Belästigung und allenfalls auf außergewöhnliche Reaktionen auf Stiche beschränkt zu sein. Aber noch in den 50er Jahren wurde die mögliche Bedeutung von Stechmücken als Vektoren von Arboviren untersucht und führte tatsächlich zur ersten Isolierung eines Virus in der Slowakei (BARDOŠ & DANIELOVÁ 1959). Heute kennen wir sechs durch Stechmücken übertragene Arboviren in Mitteleuropa (Tab. 5), manche von ihnen sind weit verbreitet (Übersichten: ASPÖCK 1996, 2005; HUBALEK & HALOUZKA 1996, ASPÖCK & DOBLER 2007).

Tabelle 5: Durch Culicidae auf den Menschen übertragene Arboviren in Mitteleuropa

Erreger	Überträger	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Togaviridae				
Alphavirus				
Sindbis-Virus	<i>Culex pipiens</i> , <i>C. modestus</i> , <i>Coquillettidia richiardii</i> , <i>Aedes cinereus</i> u.a. (bes. ornithophile) Culiciden-Spezies	zahlreiche Vogel-Spezies, bes. auch Zugvögel, Rodentia	(Akutes) Fieber, Myalgie, Arthralgie, Exanthem u.a. allg. Symptome	Mittel-, Nord-, Ost-, Südeuropa; Nachweise in vielen Teilen Asiens, Afrikas, Australiens und in Neuseeland
Flaviviridae				
Flavivirus				
West Nile-Virus	zahlreiche, besonders ornithophile Culicidae; <i>Culex pipiens</i> , <i>C. modestus</i> , <i>Coquillettidia richiardii</i> u.a.; selten Ixodidae und Argasidae	zahlreiche Vogel-Spezies, bes. auch Zugvögel, aber auch zahlreiche Säuger	(Akutes) Fieber, Myalgie, Arthralgie, Exanthem, Hepatitis, Pankreatitis, Meningitis, Enzephalitis	Mittel-, Ost-, Südeuropa; große Teile Asiens und Afrikas, seit 1999 in Nordamerika

Flaviviridae				
<i>Flavivirus</i>				
Usutu-Virus	<i>Culex pipiens</i> (u.a. Spezies?) (in Afrika: <i>Culex perfuscus</i>)	zahlreiche Vogel-Spezies, bes. auch Zugvögel	Fieber, Exanthem (?)	Afrika, seit 2001 in Mitteleuropa (Österreich, seit 2005 Ungarn, Schweiz, Italien)
Bunyaviridae				
<i>Bunyavirus</i>				
Batai- (= Calovo-) Virus	v.a. <i>Anopheles maculipennis</i> s.l., jedoch auch viele andere Culiciden-Spezies	zahlreiche Säuger- und Vogel-Spezies, in Mitteleuropa v.a. Schwein, Pferd u.a.	Fieber, Myalgie	Mittel-, Ost-, Nordeuropa, Italien, Ferner Osten, Japan, S-, SO-Asien, trop. Afrika
Bunyaviridae				
<i>Bunyavirus</i> (<i>Californiavirus</i>)				
Tahyna-Virus	<i>Aedes vexans</i> , <i>Aed. caspius</i> u.a. <i>Aedes</i> spp., andere Culicinae spp.; selten <i>Culicoides</i> sp.	Lagomorpha (Hasen, Kaninchen), Rodentia, Igel, Schwein	„Sommergrippe“, selten Bronchopneumonie, Meningitis	Mitteleuropa, Isolierungen und/ oder Antikörper-Nachweise in fast allen Teilen Europas, Vorderasien, Zentralasien, Süd-, Ostasien, fast ganz Afrika
Bunyaviridae				
<i>Bunyavirus</i> (<i>Turlovirus</i>)				
Lednice-Virus	<i>Culex modestus</i>	Vögel, bes. Anseriformes	keine Erkrankung bekannt. Mensch kann vermutlich nicht infiziert werden	Tschechien (Ak-Nachweis: Rumänien)

Keines dieser Viren konfrontiert uns mit ernsthaften medizinischen Problemen, wenngleich einige zu fieberhaften Infektionen (die nur selten mit Komplikationen verbunden sind) führen können. Besondere Erwähnung verdient auch das sporadische Auftreten von West Nile-Virus in Mitteleuropa – jenem Virus, das 1999 plötzlich in Nordamerika auftauchte und inzwischen zu tausenden Erkrankungen mit mehreren hundert Todesfällen geführt hat. Die (wohl meist mit Zugvögeln) nach Mitteleuropa eingeschleppten Stämme des Virus haben glücklicherweise bisher nicht zu Erkrankungen bei Menschen geführt; in anderen Teilen Europas hat es hingegen kleinere Epidemien in der menschlichen Bevölkerung (z.B. 1996: Bukarest, 450 Fälle) gegeben, grundsätzlich muss mit solchen Ereignissen auch in Mitteleuropa gerechnet werden (KOOPMANS & al. 2007, HUBALEK & al. 2006). Die Bedeutung von Zugvögeln für die Einschleppung von Arboviren nach Mitteleuropa wird durch das plötzliche Auftreten des vorher nur aus Afrika bekannten Usutu-Virus (und das damit verbundene „Amselsterben“) im Jahre 2001 in Ostösterreich demonstriert (WEISSENBÖCK & al. 2002, 2007). Für die Übertragung anderer Erreger spielen Stechmücken in Mitteleuropa heute keine Rolle (auch wenn möglicherweise gelegentliche mechanische Übertragungen bakterieller Erreger nicht ausgeschlossen werden können). Die Malaria-Erreger – in vergangenen Jahrhunderten kamen auch in Mitteleuropa in wechselnder Häufigkeit sowohl *Plasmodium vivax* und *Plasmodium malariae* als auch (zu manchen Zeiten) *Pl. falciparum* vor – sind ausgerottet, und obwohl die Vektoren nach wie vor in stellenweise hohen Populationsdichten auftreten und die klimatischen Bedingungen heute günstiger sind als in früheren Jahrhunderten, kann eine

neuerliche Etablierung von Malaria in Mitteleuropa ausgeschlossen werden. Keiner dieser Erreger hat ein tierisches Reservoir, für die Behandlung einer Malaria (nach Infektion außerhalb Europas) stehen uns hochwirksame Medikamente zur Verfügung, die eine Etablierung von *Plasmodium* verhindern würden.

5. Durch Sandmücken übertragene Erreger in Mitteleuropa

Sandmücken (Psychodidae: Phlebotominae) sind im Mittelmeerraum (in 23 bisher nachgewiesenen Spezies; NAUCKE 2002) weit verbreitet. Sie übertragen einerseits Phleboviren (Erreger akut fieberhafter Erkrankungen) (HUBALEK & HALOUZKA 1996), andererseits Leishmanien, die Erreger kutaner und viszeraler Formen von Leishmaniose (WALOCHNIK & ASPÖCK 2005, GRAMICCIA & GRADONI 2007, LINDGREN & NAUCKE 2006). Abgesehen von einigen sporadischen Nachweisen von Phlebotominen in wärmebegünstigten südlichen extramediterranen Gebieten, waren Sandmücken in Mitteleuropa nicht bekannt. Insbesondere nahm man bis vor kurzer Zeit an, dass Phlebotominae in Deutschland nicht vorkommen. Diese Annahme hat sich als falsch erwiesen. Im Jahre 1999 gelang NAUCKE erstmals der Nachweis von Sandmücken in Südwestdeutschland. Heute kennen wir mehrere Fundorte von *Phlebotomus mascittii* und einen Nachweis von *Ph. perniciosus* in Deutschland, und auch in Belgien sind Sandmücken nachgewiesen worden. Inzwischen gibt es mehrere nachweislich in Mitteleuropa akquirierte Infektionen mit *Leishmania infantum* (Protozoa: Kinetoplastida: Trypanosomatidae).

Aufgrund molekularbiologischer Untersuchungen ist man zu dem Schluss gekommen, dass die Leishmanien mit kranken Hunden aus dem Mittelmeerraum eingeschleppt worden sind. Die Phlebotomen waren in isolierten Vorkommen vermutlich seit jeher in Südwestdeutschland, möglicherweise hat sich jedoch das Verbreitungsareal in der jüngsten Zeit vergrößert (ASPÖCK & al. 2007a, b, WALOCHNIK & al. 2007)

Leishmania infantum ruft eine viszerale Leishmaniose hervor, die sich vor allem bei Kleinkindern zu einer lebensgefährlichen Erkrankung entwickeln kann. Charakteristische Symptome sind Hepatosplenomegalie (Vergrößerung von Leber und Milz), Fieber, Leukopenie und eine Umkehr des Albumin/Globulin-Index. Leishmanien sind zudem opportunistische Parasiten, die bei Immunsupprimierten – insbesondere auch bei HIV-Positiven – zu foudroyant verlaufenden Erkrankungen führen können.

6. Klimawandel, Globalisierung und durch Arthropoden übertragene Erreger in Mitteleuropa

Die von den Klimatologen laufend vorgelegten Daten über klimatologische Parameter und die von ihnen gezogenen Schlüsse belegen überzeugend einen im Vergleich zu den meisten anderen postglazialen Perioden wesentlich markanter erscheinenden und schneller ablaufenden Klimawandel. Im besonderen lässt sich eine globale Klimaerwärmung nachweisen, die bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einer erheblichen Temperaturerhöhung gegenüber dem 20. Jahrhundert führen wird (KROMP-KOLB & FORMAYER 2005). Die Prognosen sind unterschiedlich, im Extremfall wird eine Temperaturerhöhung um bis zu 6° für möglich gehalten. Auch wenn sie vermutlich deutlich niedriger sein wird (vielleicht 2° oder 3°), ist der Trend unverkennbar. Welche Bedeutung hat dies für die Verbreitung von durch Vektoren übertragenen Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa?

Arthropoden sind als ektotherme Organismen in höchstem Maße von der Umgebungstemperatur abhängig. Dies betrifft nicht allein alle physiologischen Prozesse und damit die Geschwindigkeit der Entwicklung, alle Formen der Aktivität (also z.B. auch Häufigkeit des Blutsaugens, Veränderung der Verbreitungsareale), sondern auch Vermehrung und Geschwindigkeit der Vermehrung von Krankheitserregern (HEMMER & al. 2007, DOBLER & PFEFFER 2007). Es ist daher nicht nur gerechtfertigt, sondern geradezu ein Gebot der Stunde, die Konsequenzen für das Auftreten neuer Vektoren oder durch diese übertragener Erreger in Mitteleuropa zu bedenken. Ein zweiter wesentlicher Faktor, der die Verbreitung von blutsaugenden Arthropoden einerseits und von den durch diese übertragenen pathogenen Mikroorganismen andererseits beeinflussen kann, sind die vielen Formen der Globalisierung. Der intensive weltweite Personen- und Güterverkehr und die umfangreichen Tiertransporte bergen zahllose Möglichkeiten der Verschleppung von Vektoren und von Erregern (VAN DER WEIJDEN & al. 2007).

So nimmt es auch nicht wunder, dass in der jüngsten Vergangenheit an mehreren Stellen der Erde mehr oder weniger plötzlich Krankheiten auftauchten oder wieder auftauchten. Man fasst sie unter dem Begriff „emerging diseases“ bzw. „re-emerging diseases“ zusammen. Der weitaus größte Teil aller dieser „emerging diseases“ hat nichts (oder kaum etwas) mit Klimawandel, Globalisierung oder Arthropoden zu tun, aber

es gibt einige Beispiele von durch Arthropoden übertragenen Erregern, für die solche Faktoren zutreffen. Unter den durch Arthropoden übertragenen Erregern in Mitteleuropa sind die Leishmanien ein besonders eindrucksvolles Beispiel. Die viszerale Leishmaniose stellt für Mitteleuropa jedenfalls eine „emerging disease“ dar: Die Überträger kommen zwar vermutlich seit der postglazialen Wärmezeit vor ca. 7.000 Jahren (nach Einwanderung aus den mediterranen Refugialgebieten) an isolierten relikttärenden Standorten in Mitteleuropa vor (obwohl sie erst 1999 in Südwestdeutschland nachgewiesen wurden), aber die gegenwärtige Klimaerwärmung ist einer weiteren Ausbreitung förderlich. Eine in Österreich durchgeführte Studie (ASPÖCK & al. 2007a, 2007b) hat ergeben, dass schon bei einer Erwärmung um +1°C die ökologischen Voraussetzungen für das Vorkommen von Sandmücken in Westösterreich einerseits und in Ostösterreich andererseits gegeben wären. Der Erreger – *Leishmania infantum* – ist so gut wie sicher mit Hunden aus Südeuropa eingeschleppt worden und wird auch weiter eingeschleppt (LINDGREN & NAUCKE 2006). Irgendwann müssen mit Leishmanien infizierte Hunde von einheimischen Phlebotomen gestochen worden sein, was zur Etablierung von Leishmanien in Mitteleuropa geführt hat.

Ein anderes Beispiel des Auftretens von medizinisch relevanten Neozoen in Mitteleuropa aufgrund der Globalisierung ist *Aedes (Stegomyia) albopictus*. Diese Stechmücke, die primär in der orientalischen Region weit verbreitet ist und sich durch eine außerordentlich hohe Vektorkapazität für mehrere humanmedizinisch bedeutsame Arboviren auszeichnet, ist vorwiegend mit alten Autoreifen (in denen sich Regenwasser sammelt, in dem sich die Stechmücken entwickeln können) in viele Teile aller Kontinente und auf viele Inseln verschleppt worden. In Europa ist die Art inzwischen in weiten Teilen der Apenninen-Halbinsel, auf Korsika, Sardinien, in Frankreich, Spanien, der Balkan-Halbinsel und zuletzt in den Niederlanden (und damit in Mitteleuropa) festgestellt worden. Man muss wohl annehmen, dass es nur eine Frage der Zeit ist, bis *Aedes albopictus* auch in anderen Teilen Mitteleuropas auftaucht. Die Ausbreitung dieser primär nur in subtropischen und tropischen Teilen Südasiens vorkommenden Stechmücke in viele Gebiete der gemäßigten Zone hat – entgegen der immer wieder kolportierten Meinung – nichts mit Klimawandel zu tun, sondern beruht darauf, dass sich Stämme herausselektiert haben, die eine höhere Toleranz gegenüber niedrigeren Temperaturen haben.

Die Blauzungkrankheit (Blue Tongue of Sheep) ist ein weiteres Beispiel für ein durch Arthropoden übertragenes (in diesem Fall für Wiederkäuer, aber nicht für den Menschen) pathogenes Virus, das – entgegen der zunächst verbreiteten Meinung – nicht durch Klimawandel, sondern durch anthropogene Faktoren der Globalisierung nach Mitteleuropa gelangt ist: Das Virus ist im August 2006 erstmals im Nordwesten Mitteleuropas aufgetaucht und breitet sich seither aus (MEHLHORN 2007, MEHLHORN & al. 2007, TAKKEN & al. 2007, KAMPEN 2008). Alle Stämme gehören einem Cluster an (Serotyp 8), der in Afrika vorkommt. Vermutlich ist das Virus mit (legalen oder illegalen) Tiertransporten in die Niederlande gelangt, wo es unter den dort vorkommenden Ceratopogoniden geeignete Überträger fand.

Bei anhaltender Klimaerwärmung, wie sie von den Klimatologen prognostiziert wird, werden wir mit Sicherheit mit neu auftauchenden Vektoren ebenso wie mit neuen Erregern rechnen müssen. Neben den Leishmanien wird man besonderes Augenmerk den durch Stechmücken, aber auch den durch Zecken übertragenen Arboviren schenken müssen. Auch muss man – und das zeichnet sich jetzt schon ab – mit dem Vordringen von Vektoren und durch sie übertragener Erreger nach Norden einerseits (LINDGREN & al. 2000) und in höher liegende Gebiete andererseits rechnen (RANDOLPH 2001); z.B. galten in der Vergangenheit lange Zeit 1000 m Meereshöhe als Grenze der Vertikalverbreitung der Frühsommer-Meningoenzephalitis, inzwischen gibt es mehrere Nachweise erheblich über 1000 m, was auf veränderte klimatische Bedingungen und die dadurch bedingt Ausweitung der Vertikalverbreitung von *Ixodes ricinus* zurückgeführt wird (DANIEL & al. 2003, 2006, DANIELOVÁ & al. 2006, LINDGREN & JAENSON 2006). Die Malaria wird hingegen, wie oben dargelegt, selbst bei maximaler Klimaerwärmung keine Gefahr darstellen.

7. Diagnostik, Therapie und Prophylaxe

Die meisten durch Arthropoden übertragenen Erreger in Mitteleuropa führen zu Infektionen und (nicht immer!) zu Infektionskrankheiten, die sich kaum durch eine pathognomisch typische Symptomatik auszeichnen. Das Erythema chronicum migrans und andere klinische Manifestation der Schildzecken-Borreliose sind Ausnahmen, und tatsächlich stellen sie wichtige Indikationen für die Einleitung einer Therapie dar.

Die bei Arbovirus-Infektionen auftretenden klinischen Bilder kann man grob drei Gruppen zuordnen: fieberhafte Erkrankungen mit Kopfschmerzen und Myalgien, Arthralgien und eventuell Exanthemen (Beispiel: Sindbis, Tahyna), Affektionen des Zentralnervensystems (Beispiel: FSME) und Hämorrhagische Fieber (Beispiel: CCHF). In keinem Fall ist die Diagnose aufgrund der klinischen Symptomatik zu stellen, sie beruht vielmehr auf verschiedenen, außerordentlich leistungsfähigen Laboratoriumsuntersuchungen zum direkten und indirekten Erregernachweis, die bei Verdacht durchzuführen sind.

Auch die übrigen bakteriellen Infektionen sind vorwiegend durch unspezifische fieberhafte Zustandsbilder und mehr oder weniger ausgeprägte Affektionen der Haut ausgezeichnet, und auch bei ihnen sind die entsprechenden Laboratoriumsuntersuchungen durchzuführen.

Bei den Babesiosen wird der Erfahrene häufig sofort eine Verdachtsdiagnose stellen können, zumal wenn die Kombination „Fieber – dunkler Harn – Splenektomie“ vorliegt. Der Erreger-Nachweis im Blutaussstrich kann dann den Verdacht schnell bestätigen.

Die Diagnostik der viszeralen Leishmaniose ist, wenn man an die Möglichkeit dieser Infektion denkt, nicht schwierig. Auch hier können klinische und hämatologische Parameter (siehe oben) wichtige Fingerzeige sein. PCR und serologische Tests vermögen die Frage, ob eine viszerale Leishmaniose vorliegt, in der Regel schnell zu klären.

In allen Fällen sollte die Anamnese eines Zecken- oder Insektenstiches in Zusammenhang mit einem wenige Tage bis zwei oder drei Wochen später auftretenden (vorwiegend fieberhaften) Krankheitsbild in Mitteleuropa an die Möglichkeit einer Infektion mit einem durch Arthropoden übertragenen Erreger denken lassen und zur Einleitung des entsprechenden diagnostischen Prozedere führen.

Die Therapie aller durch Arthropoden übertragenen Viren kann sich nur auf symptomatische Behandlung beschränken, spezifisch wirksame Medikamente gibt es nicht. Hingegen stehen uns für die Therapie der bakteriellen Infektionen – der Borreliosen, der Rickettsiosen, der Humanen Granulozytären Anaplasmose und der Tularämie – ausgezeichnet wirksame Antibiotika zur Verfügung, deren richtiger Einsatz allerdings eine korrekte Diagnose voraussetzt. Mittel der Wahl zur Behandlung der Borreliose sind Penicilline, Amoxicillin, Doxycyclin, Ceftriaxon u.a. (Übersicht: STANEK 2007). Die Therapie der Rickettsiosen und der Anaplasmose ebenso wie der Tularämie basiert auf dem Einsatz von Tetrazyklinen (Doxycyclin); in der Behandlung der Tularämie können auch Gyrasehemmer eingesetzt werden. Auch die Babesien sind einer antibiotischen Therapie zugänglich; es werden vor allem Clindamycin + Chinin und Azithromycin (+ Chinin) eingesetzt (GORENFLOT & al. 1998, HOMER & al. 2000, HERWALDT & al. 2003, VIAL & GORENFLOT 2006). Für die Therapie der Leishmaniosen stehen mehrere Substanzen zur Verfügung, vor allem 5-wertige Antimon-Präparate, Pentamidin-Isethionat, Amphotericin B. In der jüngsten Vergangenheit hat sich durch die Einführung von Miltefosin, einem Alkylphosphocholin, geradezu eine neue Dimension in der Therapie der viszeralen Leishmaniosen ergeben; die Heilungsrate liegt bei 94% (WALOCHNIK & ASPÖCK 2005).

Nur gegen eine einzige durch Arthropoden übertragene Infektion, nämlich die FSME, gibt es eine Impfung. Diese ist allerdings hochwirksam und ohne ernst zu nehmende Nebenwirkungen (HOLZMANN & KOLLARITSCH 2006, HEINZ & al. 2007). Österreich – das Land, in dem der Impfstoff entwickelt wurde – ist das einzige Land in Mitteleuropa, in dem die Zahl der Erkrankungen kontinuierlich abgesunken ist. In den vergangenen Jahren hat es pro Jahr nur noch etwa 100 Fälle – meist sogar erheblich weniger (und keine Todesfälle) – gegeben. Dies ist auf die hohe Rate der Geimpften (> 80% der Bevölkerung) zurückzuführen. Vor der Einführung der Impfung gab es 600 - 800 Erkrankungen/Jahr in Österreich. Die große und zunehmend größere Verbreitung des Virus in Zeckenpopulationen in Mitteleuropa (Abb. 1) lässt die Impfung ratsam erscheinen, und es ist eigentlich unverständlich, wenn sich Menschen, die sich – und sei es nur gelegentlich – in der freien Natur aufhalten, nicht impfen lassen. Da der Impfstoff ein Totimpfstoff ist, kann es in keinem Fall zu schweren (durch Virusvermehrung bedingten) Komplikationen kommen; allerdings hält der Schutz nur zeitlich begrenzt an, Auffrischungsimpfungen sind daher in Abständen von 5 bzw. (bei Menschen über 60 Jahre) 3 Jahren notwendig.

Gegen die Schildzecken-Borreliose(n) gibt es (derzeit) keine Impfung. Ein kurze Zeit in den USA vertriebener Impfstoff wurde wegen möglicher (allerdings nicht bestätigter) Nebenwirkungen vom Markt genommen (siehe Fußnote 2). Es ist sehr unwahrscheinlich, dass in der nächsten Zeit ein geeigneter Impfstoff zur Verfügung stehen wird. Gegen alle anderen in dieser Arbeit besprochenen bakteriellen Erreger gab es

nie eine Impfung, und es ist nahezu auszuschließen, dass in Zukunft eine solche zur Verfügung stehen wird. Auch gegen die durch Stechmücken übertragenen, in Mitteleuropa regelmäßig oder periodisch auftretenden Arboviren gibt es keine Impfung. Das hängt in erster Linie damit zusammen, dass kein wirklicher Bedarf besteht, was bedeutet, dass die pharmazeutische Industrie verständlicher Weise die enormen Kosten scheut, die die Entwicklung eines Impfstoffes – der dann überdies nicht verkauft würde – erfordern würde. Eine mögliche Ausnahme ist das West Nile-Virus. Dieser Erreger hat in den USA einen so hohen medizinischen Stellenwert erreicht (es gibt viele tausend Erkrankungsfälle und mehrere hundert Todesfälle), dass der Ruf nach einem Impfstoff immer wieder lautstark geäußert wurde. Sollte aufgrund der Bedeutung des Virus in den USA tatsächlich ein Impfstoff entwickelt werden, könnte er selbstverständlich auch in Europa eingesetzt werden. Die Entwicklung einer Vakzine gegen ein Arbovirus ist natürlich alles andere als einfach, trotzdem in vielen Fällen grundsätzlich möglich. Das ist ein wesentlicher Unterschied gegenüber bakteriellen Erregern und Protozoen. Der komplexe Aufbau dieser Erreger zusammen mit der hohen Variabilität lässt – zumindest derzeit – die Entwicklung von Impfstoffen als ganz unrealistisch erscheinen.

Was also bleibt, ist die Expositionsprophylaxe. Natürlich kann man die Möglichkeit von Infektionen mit Erregern, die durch Arthropoden übertragen werden, weitestgehend ausschalten, wenn man jene Biotope meidet, in denen diese Zecken, Stechmücken, Sandmücken ... vorkommen. Das bedeutet aber einen derartigen Verlust an Lebensqualität, dass man diese radikale Form der Expositionsprophylaxe in Mitteleuropa – mit bestimmten Ausnahmen – nicht ernsthaft in Erwägung zieht. Die Bevölkerung Mitteleuropas hat das große Glück, in einem Teil der Erde zu leben, in dem die Zahl der wirklich gefährlichen Erreger, die durch Arthropoden übertragen werden, im Vergleich zu den Subtropen und besonders den Tropen außerordentlich gering ist und gegen die uns außerdem, im Falle des FSME-Virus, ein hochwirksamer Impfstoff, im Falle der bakteriellen Erreger und der Protozoen, hochwirksame Antibiotika zur Verfügung stehen. In Mitteleuropa kann daher von dem unschätzbaren Wert des Aufenthalts in der freien Natur ohne Sorge Gebrauch gemacht werden, doch sollten folgende Maßnahmen bedacht und beachtet werden:

1. Jeder sollte sich diskussionslos gegen FSME impfen lassen.
2. Bei Auftreten von größer werdenden Rötungen um die Stichstelle nach Zeckenstich (*Erythema chronicum migrans*) sollte unverzüglich eine antibiotische Behandlung eingeleitet werden.
3. Bei akut fieberhaften Erkrankungen nach Zeckenstich sollte durch Versuch des Erregernachweises, später durch serologische Tests geklärt werden, ob eine bakterielle Infektion (durch Borrelien, Rickettsien, *Anaplasma*, *Francisella tularensis* ...) oder eine mit Babesien vorliegt.
4. Splenektomierte Personen sind durch Babesien besonders gefährdet. Wenn wenige Tage nach einem Zeckenstich Fieber auftritt und der Harn ungewöhnlich dunkel erscheint, ist dies ein gewichtiges Alarmzeichen, das zu sofortigen diagnostischen und allenfalls therapeutischen Maßnahmen führen muss. Splenektomierte sollten es sich zu einer nicht weiter zu hinterfragenden Gewohnheit machen, nach Aufenthalt im Freien mit dem Risiko, von Zecken befallen zu werden, den Körper auf Zecken abzusuchen. Häufig sind die Zecken noch auf der Suche nach einer geeigneten Einstichstelle, und selbst wenn sie festgesogen sind, verhindert die sofortige Entfernung das (weitere) Eindringen von Erregern.
5. Die Anwendung von Repellentent – in den Tropen eine geradezu unumgängliche Maßnahme, in Mitteleuropa fast nur zum Schutz vor Stechmücken akzeptiert – sollte gerade auch von Splenektomierten zum Schutz vor Zecken geübt werden. Zu empfehlen sind Diethyltoluamid oder Hydroxyethylisobutylpiperidincarboxylat in Kombination mit einem Pyrethroid (z.B. Permethrin).

8. Ausblick

Mitteleuropa beherbergt eine nicht geringe Zahl von Krankheitserregern (mindestens 14 Viren, ca. 10 bakterielle Erreger und mindestens 4 Protozoen), die durch Stechmücken, Zecken oder Sandmücken übertragen werden. In allen Fällen handelt es sich um Erreger von Zoonosen, also Mikroorganismen, deren natürliches Reservoir Wildtiere (allenfalls, sekundär, auch Haustiere) darstellen. Eine Ausrottung dieser Erreger ist daher ausgeschlossen. (Die Ausrottung der Malaria in Mitteleuropa und darüber hinaus in Europa war vor allem deshalb möglich, weil die involvierten Plasmodien-Spezies außer dem Menschen keine anderen Vertebraten infizieren können.)

Die Erfassung der durch Arthropoden übertragenen Erreger und deren Verbreitungsareale schreitet – vor allem durch den Einsatz molekularbiologischer Methoden – zügig voran. Einige neue oder zumindest für Mitteleuropa neue, humanmedizinisch relevante Mikroorganismen sind in letzten Jahren nachgewiesen worden, mit weiteren Entdeckungen ist durchaus zu rechnen. Möglicherweise wird auch der Klimawandel, insbesondere bei einem Fortschreiten einer globalen Erwärmung, zur Etablierung von neuen Erregern ebenso wie zur Ausweitung der Verbreitungsareale von Vektoren führen. Vor allem wird aber der Faktor der Globalisierung durch mögliche Einschleppungen zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Es gibt bisher nur gegen einen einzigen Erreger – gegen das Virus der Frühsommer-Meningoenzephalitis – einen Impfstoff, der sich überdies durch hervorragende Wirksamkeit und außerordentlich gute Verträglichkeit auszeichnet. Mit neuen Impfstoffen gegen andere Erreger ist allerdings in der nahen Zukunft nicht zu rechnen. Immerhin sind aber die durch Bakterien ebenso wie die durch Protozoen hervorgerufenen Erkrankungen einer antibiotischen Therapie zugänglich, wenn sie rechtzeitig diagnostiziert werden. Hingegen stehen uns keine Medikamente gegen die durch Arthropoden übertragenen Viren zur Verfügung. Prophylaktische Maßnahmen werden daher weiterhin bedeutsam sein; das gilt vor allem für Kleinkinder, für alte Menschen und Immunsupprimierte.

9. Literaturverzeichnis

- ASPÖCK, H. (1996): Stechmücken als Virusüberträger in Mitteleuropa. – *Nova Acta Leopoldina NF* **71**, Nr. 292: 37-55.
- ASPÖCK, H. (2005): Insekten und Zecken als Überträger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa. – *Linzer biologische Beiträge (Verhandlungen des XVIII. Internationalen Symposiums über Entomofaunistik Mitteleuropas [SIEEC])* **37/1**: 21-28.
- ASPÖCK, H., AUER, H. & WALOCHNIK, J. (2002): Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa im Überblick. – in: ASPÖCK, H. (wiss. Red.): *Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa*. *Denisia* **6**: 33-74.
- ASPÖCK, H., & DOBLER, G. (2007): Arboviruses. in: MEHLHORN, H. (Ed.): *Encyclopedia of Parasitology*. 3. Ed. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- ASPÖCK, H., GERERSDORFER, T., FORMAYER, H. & WALOCHNIK, J. (2007a): Sandmücken und durch Sandmücken übertragene Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa aus der Sicht von Klimaveränderungen – 41. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie „Neue und alte Seuchen“, Wien, 22.-24. November 2007, Abstracts: 1-2.
- ASPÖCK, H., WALOCHNIK J., GERERSDORFER TH. & FORMAYER H. (2007b): Risiko-Profil für das autochthone Auftreten von Leishmaniosen in Österreich. – *StartClim2006*. URL: <http://www.austroclim.at/startclim>: 49 pp.
- BARDOŠ, V. & DANIELOVÁ, V. (1959): The Ťahyňa virus – a virus isolated from mosquitoes in Czechoslovakia. – *Journal of Hygiene and Epidemiology* **3**: 264-276.
- BLASCHITZ, M., NARODOSLAVSKY-GFÖLLER, M., KANZLER, M., WALOCHNIK, J. & STANEK, G. (2008): First Detection of *Rickettsia helvetica* in *Ixodes ricinus* Ticks in Austria. – *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **8**: DOI: 10.1089/vbz.2007.0250.
- DANIEL, M., DANIELOVÁ, V., KRÍŽ, B. & BENEŠ, C. (2006): Tick-borne Encephalitis. – in: MENNE, B., EBI, K. L.: *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Steinkopf Verlag Darmstadt: 189-205.
- DANIEL, M., DANIELOVÁ, V., KRÍŽ, B., JIRSA, A., NOZICKA, J. (2003): Shift of the tick *Ixodes ricinus* and tick-borne encephalitis to higher altitudes in central Europe. – *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* **22**: 327-328.
- DANIELOVÁ, V., RUDENKO, N., DANIEL, M., HOLUBOVÁ, J., MATERNA, J., GOLOVCHENKO, M. & SCHWARZOVÁ, L. (2006): Extension of *Ixodes ricinus* ticks and agents of tick-borne diseases to mountain areas in the Czech Republic. – *International Journal of Medical Microbiology* **296**: 48-53.
- DAUTEL, H., DIPPEL, C., OEHME, R., HARTELT, K. & SCHEITTLER, E. (2006): Evidence of an increased geographical distribution of *Dermacentor reticulatus* in Germany and detection of *Rickettsia* sp. RpA4. – *International Journal of Medical Microbiology* **296**: 149-156.

- DOBLER, G. & PFEFFER, M. (2007): Bedeutung der Klimafaktoren für die Ausbreitung von Arbovirus-Infektionen. – In: LOZAN, J. L., GRASSL, H., JENDRITZKY, G., KARBE, L., REISE, K. & MAIER, W.: Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken. Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg: 177-181.
- DUMLER, J. S., CHOI, K.-S., GARCIA-GARCIA, J. C., BARAT, N. S., SCORPIO, D. G., GARYU, J. W., GRAB, D. J. & BAKKEN, J. S. (2005): Human Granulocytic Anaplasmosis and *Anaplasma phagocytophilum*. – *Emerging Infectious Diseases* **11**: 1828-1834.
- ERGÖNÜL, Ö. (2006): Crimean-Congo haemorrhagic fever. – *Lancet. Infectious Diseases* **6**: 203-214.
- Fournier, P. E., Grunnenberger, F., Jaulhac, B., Gastinger, G. & Raoult, D. (2000): Evidence of *Rickettsia helvetica* infection in humans, eastern France. – *Emerging Infectious Diseases* **6**: 389-392.
- GASSNER, F. & VAN OVERBEEK, L. S. (2007): Lyme disease in Europe: facts and no fiction. – in: TAKKEN, W. & KNOLS, B. G. J.: *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 207-223.
- GORENFLOT, A., MOUBRI, K., PRECIGOUT, E., CARCYM, B. & SCHETTERS, T. P. M. (1998): Human babesiosis. – *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* **92**: 489-501.
- GRAMICCIA, M. & GRADONI, L. (2007): The leishmaniasis of Southern Europe. – in: TAKKEN, W. & KNOLS, B. G. J.: *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 75-95.
- GRAY, J. S. (2006): Identity of the causal agents of human babesiosis in Europe. – *International Journal of Medical Microbiology* **296**, Supplement 1: 131-136.
- GURYCOVA, D., VYROSTEKOVA, V., KHANAKAH, D., KOCIANOVA, E. & STANEK, G. (2001): Importance of surveillance of tularaemia natural foci in the known endemic area of Central Europe, 1991-1997. – *Wiener Klinische Wochenschrift* **113**: 433-438.
- HARTELT, K., OEHME, R., FRANK, H., BROCKMANN, S. O., HASSLER, D. & KIMMIG, P. (2004): Pathogens and symbionts in ticks: prevalence of *Anaplasma phagocytophilum* (*Ehrlichia* sp.), *Wolbachia* sp., *Rickettsia* sp., and *Babesia* sp. in Southern Germany. – *International Journal of Medical Microbiology* **293**, Supplement 37: 86-92.
- HÄSELBARTH, K., TENTER, A. M., BRADE, V., KRIEGER, G. & HUNFELD, K.-P. (2007): First case of human babesiosis in Germany – Clinical presentation and molecular characterisation of the pathogen. – *International Journal of Medical Microbiology* **297**: 197-204.
- HEINZ, F. X., HOLZMANN, H., ESSL, A. & KUNDI, M. (2007): Field effectiveness of vaccination against tick-borne encephalitis. – *Vaccine* **25**: 7559-7567.
- HEMMER, C. J., FRIMMEL, S., KINZELBACH, R., GÜRTLER, L. & REISINGER, E. C. (2007): Globale Erwärmung: Wegbereiter für tropische Infektionskrankheiten in Deutschland? – *Deutsche Medizinische Wochenschrift* **132**: 2583-2589.
- HERWALDT, B., CACCIO, S., GHERLINZONI, F., ASPÖCK, H., SLEMENDA, S. B., PICCALUGA, P., MARTINELLI, G., EDELHOFER, R., HOLLENSTEIN, U., POLETTI, G., PAMPIGLIONE, S., LÖSCHENBERGER, K., TURA, S. & PIENIAZEK, N. J. (2003): Molecular characterization of a non-*Babesia divergens* organism causing zoonotic babesiosis in Europe. – *Emerging Infectious Diseases* **9**: 942-948.
- HOLZMANN, H. & KOLLARITSCH, H. (2006): Neue Aspekte der FSME-Impfung. – *Österreichische Ärztezeitung, Supplementum April 2006*: 3-11.
- HOMER, M. J., AGUILAR-DELFIN, I., TELFORD III, S. 'R., KRAUSE, P. 'J. & PERSING, D. 'H. (2000): Babesiosis. – *Clinical Microbiology Reviews* **13**: 451-469.
- HUBÁLEK, Z. & HALOUZKA, J. (1996): Arthropod-borne viruses of vertebrates in Europe. – *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae Brno* **30**: 1-95.
- HUBÁLEK, Z., KRÍŽ, B., MENNE, B. (2006): West Nile Virus: Ecology, Epidemiology and Prevention. – in: MENNE, B. & EBI, K. L.: *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Steinkopf Verlag Darmstadt: 217-242.
- HUNFELD, K.-P. & BRADE, V. (2004): Zoonotic Babesia: Possibly emerging pathogens to be considered for tick-infested humans in Central Europe. – *International Journal of Medical Microbiology* **293**, Supplement 37: 93-103.

- HUNFELD, K.-P., LAMBERT, A., KAMPEN, H., ALBERT, S., EPE, C., BRADE, V. & TENTER, A. M. (2002): Seroprevalence of Babesia Infections in Humans Exposed to Ticks in Midwestern Germany. – *Journal of Clinical Microbiology* **40**: 2431-2436.
- KAMPEN, H. (2008): Der Ausbruch der Blauzungenkrankheit 2006 in Mitteleuropa – Fakten und Fragen. – *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* **16**, 393-397
- KOOPMANS, M., MARTINA, B., REUSKEN, C. & VAN MAANEN, K. (2007): West Nile virus in Europe: waiting for the start of the epidemic? – in: TAKKEN, W. & KNOLS, B. G. J.: *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 123-151.
- KROMP-KOLB, H. & FORMAYER, H. (2005): *Schwarzbuch Klimawandel. Wie viel Zeit bleibt uns noch?* – ecowin Verlag der TopAkademie GmbH, Salzburg. 222 pp.
- LINDGREN, E. & JAENSON, T. G. T. (2006): Lyme Borreliosis in Europe: Influences of Climate Change, Epidemiology, Ecology and Adaptation Measure. – in: MENNE, B. & EBI, K. L.: *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Steinkopf Verlag Darmstadt: 157-188.
- LINDGREN, E. & NAUCKE, T. (2006): Leishmaniasis: Influences of Climate and Climate Change Epidemiology, Ecology and Adaptation Measures. – in: MENNE, B. & EBI, K. L.: *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Steinkopf Verlag Darmstadt: 131-156.
- LINDGREN, E., TÄLLEKLINT, L. & POLFELDT, T. (2000): Impact of Climatic Change on the Northern Latitude Limit and Population Density of the Disease-Transmitting European Tick *Ixodes ricinus*. – *Environmental Health Perspectives* **108**: 119-123.
- MAIER, W. A. (2004): Das Verschwinden des Sumpffiebers in Europa: Zufall oder Notwendigkeit? – in: ASPÖCK, U. (wiss. Red.): *Entomologie und Parasitologie. Festschrift zum 65. Geburtstag von Horst Aspöck*. *Denisia* **13**: 515-527.
- MEHLHORN, H., (2007): Gnitzen als Vektoren des Blue-tongue Virus. – 41. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie „Neue und alte Seuchen“, Wien, Abstracts: 33.
- MEHLHORN, H., WALLDORF, V., KLIMPEL, S., JAHN, B., JAEGER, F., ESCHWEILER, J., HOFFMANN, B., BEER, M. (2007): First occurrence of *Culicoides obsoletus*-transmitted Bluetongue virus epidemic in Central Europe. – *Parasitology Research* **101**: 219-28.
- NAUCKE, T. (2002): Leishmaniose, eine Tropenkrankheit und deren Vektoren (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) in Mitteleuropa. – in: ASPÖCK, H. (wiss. Red.): *Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa*. *Denisia* **6**: 163-178.
- NILSSON, K., PÄHLSON, C., LUKINIUS, A., ERIKSSON, L., NILSSON, L. & LINDQUIST, O. (2002): Presence of *Rickettsia helvetica* in granulomatous tissue from patients with sarcoidosis. – *Journal of Infectious Diseases* **185**: 1128-1138.
- PAROLA, P., PADDOCK, C. D. & RAOULT, D. (2005): Tick-Borne Rickettsioses around the World: Emerging Diseases Challenging Old Concepts. – *Clinical Microbiology Reviews* **18**: 719-756.
- RANDOLPH, S. E. (2001): The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. – *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **356**: 1045-1056.
- SIMSER, J. A., PALMER, A. T., FINGERLE, V., WILSKE, B., KURTTI, T. J. & MUNDERLOH, U. G. (2002): *Rickettsia monacensis* sp. nov., a spotted fever group Rickettsia, from ticks (*Ixodes ricinus*) collected in a European city park. – *Applied and Environmental Microbiology* **68**: 4559-4566.
- STANEK, G. (2002): Durch Zecken übertragbare Krankheitserreger in Mitteleuropa. – in: ASPÖCK, H. (wiss. Red.): *Amöben, Bandwürmer, Zecken ... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa*. *Denisia* **6**: 477-496.
- STANEK, G. (2004): Lyme-Borreliose. – in: ASPÖCK, U. (wiss. Red.): *Entomologie und Parasitologie. Festschrift zum 65. Geburtstag von Horst Aspöck*. *Denisia* **13**: 483-492.
- STANEK, G. (2005): Lyme-/Schildzecken-Borreliose und andere Zecken-vermittelte Infektionskrankheiten in Österreich. – *Antibiotika Monitor* **21**: 34-58.
- STANEK, G. (2007): Schildzecken-Borreliose und andere durch Zecken vermittelte Erkrankungen. – *Antibiotika Monitor* **23**: 2-15.

- STÜNZNER, D., HUBÁLEK, Z., HALOUZKA, J., WENDELIN, I., SIXL, W. & MARTH, E. (2006): Prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in the tick *Ixodes ricinus* in the Styrian mountains of Austria. – Wiener Klinische Wochenschrift **118**: 682-685.
- SÜSS, J., FINGERLE, V., HUNFELD, K.-P., SCHRADER, C. & WILSKE, B. (2004): Durch Zecken übertragene humanpathogene und bisher als apathogen geltende Mikroorganismen in Europa. Teil II: Bakterien, Parasiten und Mischinfektionen. – Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz **47**: 470-486.
- TAKKEN, W., VAN ROOIJ, E. M. A., VERHULST, N. O., JACOBS, F., HUIJBEN, S., BEEUWKES, J., GROOT, N., VOS V. C. A., SPITZEN, J., HEUTINK, R. C. G. & VAN RIJN, P. A. (2007): Bluetongue: an emerging vector-borne disease outbreak in Northwestern Europe – in: TAKKEN, W. & KNOLS, B. G. J.: Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 113-121.
- TELFORD III, S. R. & GOERTHER, H. K. (2004): Emerging tick-borne infections: rediscovered and better characterized, or truly 'new'? – Parasitology **129**: 301-327.
- VAN DER WEIJDEN, W. J., MARCELIS, R. A. L. & REINHOLD, W. (2007): Invasions of vector-borne diseases driven by transportation and climate change. – in: TAKKEN, W. & KNOLS, B. G. J.: Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 439-463.
- VIAL, H. J. & GORENFLOT, A. (2006): Chemotherapy against babesiosis. – Veterinary Parasitology **138**: 147-160.
- WALOCHNIK, J. & ASPÖCK, H. (2005): Leishmaniosen. Diagnostik und Therapie. – ProMed **2**/2005: 6-19.
- WALOCHNIK, J., GERERSDORFER, T., FORMAYER, H. & ASPÖCK, H. (2007): Leishmaniosen und Klimaveränderungen. – 41. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie „Neue und alte Seuchen“, Wien, 22.-24. November 2007, Abstracts: 62.
- WEISSENBÖCK, H., KOŁODZIEJEK, J., URL, A., LUSSY, H., REBEL-BAUDER, B. & NOWOTNY, N. (2002): Emergence of Usutu virus, an African mosquito-borne flavivirus of the Japanese encephalitis virus group, central Europe. – Emerging Infectious Diseases **8**: 652-656.
- WEISSENBÖCK, H., CHVALA-MANNBERGER, S., BAKONYI, T. & NOWOTNY, N. (2007): Emergence of Usutu virus in Central Europe: diagnosis, surveillance and epizootiology. – in: TAKKEN, W. & KNOLS, B. G. J.: Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 153-168.
- WERNSDORFER, W. H. (2002): Malaria in Mitteleuropa. – in: ASPÖCK, H. (wiss. Red.): Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa. Denisia **6**: 201-212.
- WINKLE, S. (2005): Geißeln der Menschheit. Kulturgeschichte der Seuchen. 3., verbesserte und erweiterte Aufl. – Artemis und Winkler Verlag, Düsseldorf: 1534 pp.
- ZINTL, A., MULCAHY, G., SKERETT, H. E., TAYLOR, S. M. & GRAY, J. S. (2003): *Babesia divergens*, a Bovine Blood Parasite of Veterinary and Zoonotic Importance. – Clinical Microbiology Reviews **16**: 622-636.