

Klimawandel und die Ausbreitung von Krankheiten: Durch Arthropoden übertragene Infektionen in Mitteleuropa

Horst ASPÖCK

Abstract:

Climate change and distribution of diseases: Arthropod-borne infections in Central Europe

The distribution of many diseases, in particular, arthropod-borne infections depends largely on climate. Arthropods are ectothermic animals, thus their physiological functions, behaviour, and ability to spread are linked with the temperature. It is therefore without question that global warming will influence the distribution of the vectors and thus also of the pathogens transmitted by them.

It is generally accepted by climatologists that global warming is a fact and that (mainly due to the high and permanently rising concentration of carbon dioxide, the most important greenhouse gas, in the atmosphere) a further rise of average global temperature (with some variation in parts of the world) in the course of this century cannot be avoided. According to various models temperatures will rise at least by 1.5°C, possibly even by more than 4°C, most probably by about 3°C by the end of the century.

This overview deals with arthropod-borne infections in Central Europe and possible alterations within the next decades. Almost all arthropod-borne pathogens presently occurring in Central Europe have invaded into this part of the continent from glacial refugial centres in Mediterranean and also Extramediterranean areas in the course of the rapid rise of the temperature by about 12°C after the end of the latest glacial period about 10 000 years ago in the course of the subsequent millennia. Almost all of them have life-cycles independent of humans (plasmodia and *Rickettsia prowazeki* are exceptions, but these have been eradicated in Europe), thus belonging to the “old stock” of organisms of Central Europe.

The recent emergence of previously unknown pathogens or vectors is to be traced back to failure of earlier detection (e.g. *Borrelia burgdorferi* s. l., several species of Rickettsiales, *Babesia* spp.; Phlebotominae), or to introduction by human activities as facets of globalisation (*Leishmania infantum* with infected dogs, Blue Tongue virus possibly with infected ruminants; *Aedes albopictus* with transported goods) or to the introduction by migratory birds (e.g. Usutu virus, West Nile virus) respectively, but not to climate change.

Nevertheless, it is no doubt that global warming may lead to the emergence of pathogens and vectors so far only known from Mediterranean countries or even from tropical regions. The most probable candidates are viruses as well as Rickettsiales transmitted by hard ticks of the subfamilies Hyalomminae, Haemaphysalinae, Rhipicephalinae, furthermore viruses transmitted by mosquitoes and viruses transmitted by sandflies. Moreover, various pathogens may amplify their vertical distribution to higher altitudes as has been already shown for TBE. The repeatedly discussed threat of a reemergence of malaria in Central Europe can, however, be excluded.

Keywords: Climate change, arthropod-borne pathogens, distribution, Central Europe, ticks, mosquitoes, sandflies, fleas, arboviruses, Rickettsiales, *Borrelia*, *Babesia*, *Leishmania*

1. Einleitung:

Dass die Verbreitung von Krankheiten mit dem Klima korreliert und daher jeder Klimawandel einen Einfluss auf die Verbreitung von Krankheiten haben muss, ist eine fast triviale Feststellung, die jedem einleuchtet. Aber schon eine zunächst weitmaschige Analyse zeigt die Komplexität des Themas (DOBLER & JENDRITZKY 2001, ROGERS & RANDOLPH 2006).

Krankheiten können nur lebende Organismen betreffen, und lebende Organismen haben immer eine bestimmte Verbreitung, der u. a. durch klimatische Faktoren Grenzen gesetzt sind.

Selbst diese extrem euryöke und durch Ausnützung ihrer exorbitanten intellektuellen Fähigkeiten in ihrer Ausbreitung so erfolgreiche Spezies *Homo sapiens* hat letztlich aber – klimatisch bedingt – nur einen kleinen Teil der festen Erdober-

fläche dauerhaft besiedeln können. Aber immerhin hat der Mensch extreme tropische Gebiete im Äquatorialbereich ebenso wie extrem aride Gebiete in den Steppen- und Wüstenregionen ebenso wie extrem kalte Gebiete in den Polarregionen und in den Hochgebirgen erobert. Dass das Spektrum der in den verschiedenen Gebieten auftretenden Krankheiten des Menschen verschieden ist, ist bekannt. Das betrifft nicht-infektiöse Krankheiten ebenso wie infektiöse. Unter den infektiösen Erkrankungen sind jene, deren Erreger von Mensch zu Mensch übertragen werden – und unter diesen ganz besonders die anthropostenoxenen Erreger, deren natürliche Zyklen nicht von nicht-humanen Wirten abhängen – vom Klima weitestgehend unabhängig, jedenfalls besteht kein unmittelbarer Einfluss; die meisten kommen (heute nach Verschleppung oder Einschleppung) im Wesentlichen im gesamten Verbreitungsgebiet des Menschen vor. Masern, Röteln, Lues, *Candida*-Infektionen, Trichomonose, Enterobiose sind gute Beispiele. Die Erreger sind im Laufe der Geschichte von *Homo sapiens* (und zum Teil mutatis mutandis schon früherer Hominini) auf seinen Migrationen mit ihm gewandert – in tropische ebenso wie in subarktische Gebiete. Die Verbreitung dieser Krankheiten wird durch Klimaveränderungen kaum – oder nur indirekt durch Veränderungen der Siedlungsgebiete des Menschen – beeinflusst.

Ganz anders ist die Situation bei jenen Infektionskrankheiten, die nicht direkt von Mensch zu Mensch, sondern durch Vektoren – Arthropoden, aber auch andere Tiere, wie etwa Ratten und Mäuse – übertragen werden. Tiere sind generell in ihrer Verbreitung in höchstem Maße von klimatischen und meteorologischen Faktoren abhängig. Das gilt auch für homoiotherme Wirbeltiere – jede Spezies hat Verbreitungsgrenzen, die sich entsprechend der ökologischen Valenz schneller oder langsamer verändern. Ganz besonders gilt dies für Arthropoden, die als ektotherme Organismen in allen ihren Funktionen von der Umgebungstemperatur abhängig sind.

In dieser Übersicht geht es um Krankheiten des Menschen, in weiterer Folge um Infektionskrankheiten und weiters besonders um solche, deren Erreger durch Arthropoden übertragen werden und schließlich um jene, die in Mitteleuropa vorkommen oder – allenfalls durch Klimawandel – in Mitteleuropa vorkommen könnten.

2. Klimawandel und Veränderungen der Biodiversität: Fakten und Szenarien

Seit rund 20 Jahren sind Begriffe wie „Klimawandel“ und „globale Erwärmung“ zunehmend zu Schlagworten geworden, die von Medien aller Art – häufig in unangenehm penetranter Weise – eingesetzt werden, um durch Sensationsmeldungen das Interesse der Bevölkerung (vor allem am Konsum dieser Medien) zu stimulieren. Was da geschrieben oder gesagt wird, ist häufig durch eine erstaunliche Dichte an Fehlern und durch Naivität gekennzeichnet. Und es mutet geradezu grotesk an, wie viele Menschen mit an Naivität nicht überbietbaren Argumenten mitreden und ihre Kommentare zu der Thematik abgeben. Manchmal hat man geradezu den Eindruck, dass gerade die, die absolut nichts davon verstehen, besonders viel über den Klimawandel (sei es mit Argumenten dafür, oder sei es mit Argumenten dagegen) reden.

Auch ich kann mir als Parasitologe und Entomologe nicht anmaßen, klimatologische Statements abzugeben, ich kann aber die Stellungnahmen der Klimatologen in Beziehung zu den aktuellen Ergebnissen jener Wissenschaften setzen, in denen ich ordentlich ausgebildet bin. Mehr noch, die mit Fragen der Veränderung der Verbreitung von Krankheiten und dem Auftauchen neuer Krankheiten („emerging diseases“) befassten Mediziner und Biologen haben es geradezu als eine Pflicht zu betrachten, mit Klimatologen, Glaziologen, Geologen, Paläontologen ... zu kooperieren, sich deren Ergebnisse zu eigen zu machen, um herauszufinden zu versuchen, ob und wann welche Gefahren für die Gesundheit der Bevölkerung bestimmter geographischer Gebiete durch Klimaveränderung bestehen könnten. Ich habe das Glück, in einer Stadt zu leben, an deren

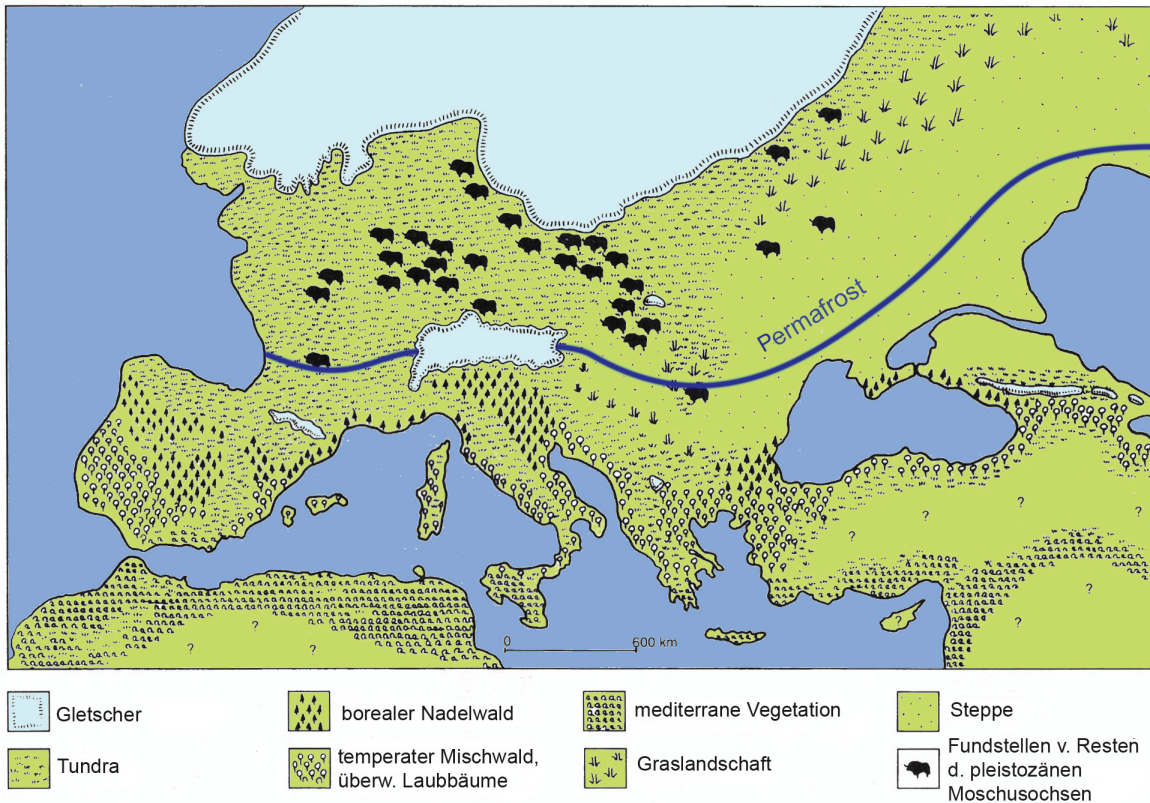


Abb. 1. Rekonstruierte Situation in Europa zur Zeit der Weichsel / Würm - Vereisung vor etwa 20 000 Jahren (verändert nach SUDHAUS & al 1997). Die südeuropäischen Halbinseln stellten wichtige Refugien für das Überleben der europäischen Fauna und Flora dar. Aus diesen Refugialzentren erfolgte als Folge der postglazialen Klimaerwärmung die Wiederbesiedelung Mitteleuropas (und anderer Teile Europas), aber auch am Südrand der Alpen und in anderen extramediterranen Gebieten bestanden Refugien, die für die postglaziale Formierung der Biodiversität Mittel- und Nordeuropas bedeutend waren.

KLIMA-ENTWICKLUNG IM HOLOZÄN

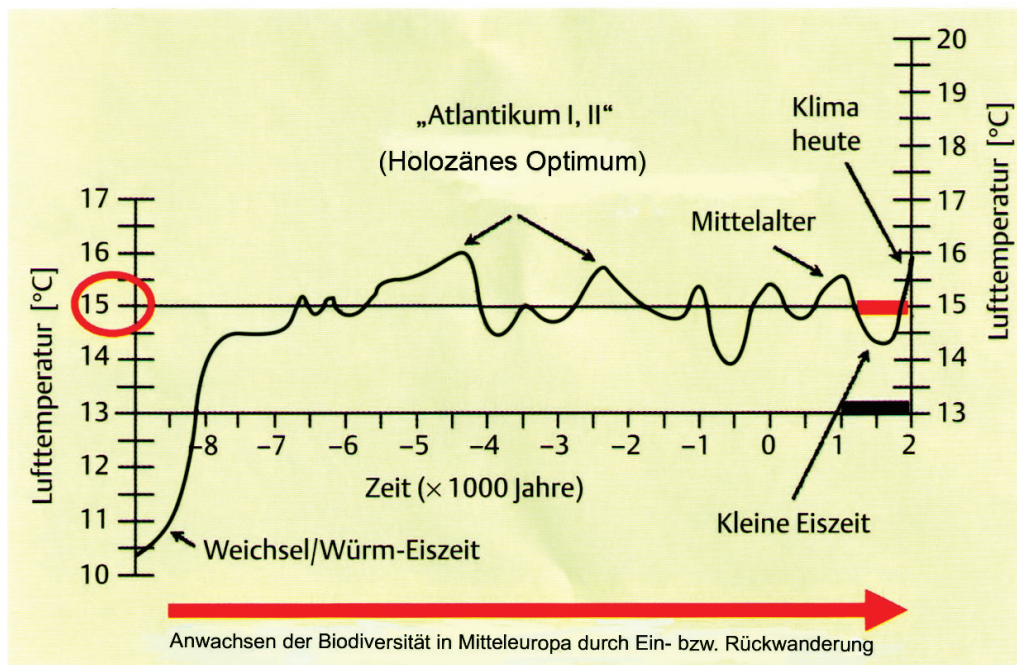


Abb. 2. Der Verlauf der Temperatur in den vergangenen 12 000 Jahren seit dem Ende der letzten Eiszeit (verändert nach KINZELBACH 2007). Besonders im Atlantikum, dem Temperaturoptimum des Holozäns, erfolgte eine massive Rück- bzw. Einwanderung mediterraner (und auch extramediterraner) Faunenelemente nach Mitteleuropa. Die gegenwärtige Temperatur hat das Temperaturmaximum vor 6 500 Jahren vermutlich bereits überschritten.

Universitäten und anderen wissenschaftlichen Institutionen sehr bedeutende, international anerkannte Klimatologen, Meteorologen, Glaziologen, Geologen, Astrophysiker, Paläontologen ... arbeiten. Der jahrelange intensive Kontakt und Gedankenaustausch bewahrt gewiss weitgehend vor voreiligen und unkritischen Schlussfolgerungen.

Die gegenwärtige Fauna und Flora Mitteleuropas ist das Ergebnis einer globalen und besonders auf der nördlichen Hemisphäre manifesten Klimaerwärmung zu Ende des letzten Glazials (Würm) vor etwa 12 000 Jahren. Diese Periode, in der wir jetzt leben, das Holozän, ist ein Interglazial, eine Warmzeit, auf die nach Meinung der Klimatologen letztlich eine neuerliche Eiszeit folgen wird. (Wann das nächste Glaziale beginnt, weiß niemand, die Schätzungen reichen von in 5 000 Jahren bis in 50 000 Jahren; in Analogie zu der Dauer der früheren Glazial- und Interglazialperioden ist die kleinere Zahl wahrscheinlicher.)

Während der kältesten Periode der letzten Eiszeit waren große Teile Europas, nämlich Skandinavien und das nördliche Mitteleuropa ebenso wie die Alpen (und Teile anderer europäischer Gebirge) von riesigen Gletschern bedeckt. Die Tier- und Pflanzenwelt war in diesen Gebieten im Wesentlichen ausgestorben. Aber auch in den Gebieten zwischen den nördlichen und alpinen Gletschern und in großen Teilen West- und Osteuropas existierte nur eine stark verarmte Flora und Fauna. Die Wälder waren verschwunden, das Land war von riesigen Kältesteppe bedeckt, es bestand nur eine bodennahe Vegetation, die zwar für Großsäuger ausreichenden Lebensraum bot, in der aber die reiche präglaziale Fauna Mitteleuropas nicht existieren konnte (Abb. 1). Sie starb aus oder überlebte vorwiegend in mediterranen (und zu kleinem Teil auch extramediterranen, z. B. am Südrand der Alpen, aber auch in West- und Osteuropa gelegenen) Refugien, von denen aus Mitteleuropa postglazial wiederbesiedelt wurde. (Ein großer Teil der Fauna Mitteleuropas ist jedoch auf postglaziale Einwanderungen aus Asien zurückzuführen.) Das sind Fakten, die jedem bio-

geographisch arbeitenden Biologen völlig geläufig sind, die aber vielfach keine Beachtung finden, wenn es um die Thematik Klimawandel geht. Man muss sich vor Augen halten, dass die Biodiversität Mitteleuropas zum größten Teil auf den Klimawandel der letzten 10 000 Jahre zurückzuführen ist, dass weiters diese postglaziale Wiederbesiedlung kontinuierlich, aber unterschiedlich intensiv, erfolgte, aber auch noch in der Gegenwart anhält. Diese rund 10 000 Jahre seit dem Ende der letzten Eiszeit sind zwar durch eine durchwegs um mehrere Grad (bis zu 12°C) über der Temperatur der Eiszeit liegende Durchschnittstemperatur ausgezeichnet, aber innerhalb dieser Periode gibt es – wie man auf Grund der verfügbaren Proxydaten sehr genau ermitteln konnte – eine nicht unerhebliche Fluktuation der Temperatur, deren Extreme etwa 3°C auseinander liegen. Die beiden wärmsten Perioden waren vor etwa 6500 und 4500 Jahren, sie werden als das Optimum des Holozäns (oder Atlantikum) bezeichnet (Abb. 2.). In diesen postglazialen Wärmeperioden erfolgte eine besonders intensive Besiedlung Mitteleuropas aus den mediterranen Refugialgebieten (ASPÖCK 2008b). Manche dieser mediterranen Einwanderer starben in Mitteleuropa wiederum aus, andere verschwanden fast, aber eben doch nicht ganz, weil sie in klimatisch und ökologisch begünstigten kleinen Gebieten (quasi sekundären Refugien) weiter überdauern konnten. Gerade unter den Insekten gibt es viele Beispiele für solche wärmezeitliche Relikte in der Fauna Mitteleuropas. Wenn diese stark disjunkten, kleinräumigen Vorkommen solcher mediterranen Faunenelemente schon vor 100 Jahren oder womöglich noch früher entdeckt wurden, hatte später niemand die Idee, dass es sich dabei um Folgen eines (anthropogen beeinflussten) Klimawandels handelt. Werden solche insulären Vorkommen aber – weil sie so kleinräumig sind, weil vorher niemand danach gesucht hat, weil die betreffenden Arten mit üblichen Sammelmethode kaum gefunden werden können ... – erst heute entdeckt, wird sogleich der Klimawandel ins Treffen geführt.

Unter den medizinisch relevanten Arthropoden Mitteleuropas begegnen wir diesem Phänomen bei den Sandmücken. Die Arten des Genus *Phlebotomus* sind typische mediterrane Faunenelemente mit hohen Wärmeansprüchen, deren Vorkommen in Mitteleuropa nördlich der Alpen bis vor kurzer Zeit ausgeschlossen wurde. Im Jahre 1999 wurden sie erstmals in SW-Deutschland gefunden (NAUCKE & PESSON 2000), weitere Funde gelangen in den folgenden Jahren (NAUCKE 2002, NAUCKE & SCHMITT 2004, LINDGREN & NAUCKE 2006). Dass zunächst an kausale Zusammenhänge mit globaler Erwärmung gedacht wurde, darf nicht verwundern. Eine Analyse älterer Fundmeldungen in anderen Teilen Europas führte aber zu der Schlussfolgerung, dass die Vorkommen von *Phlebotomus* in Deutschland schon lange existiert haben müssen und einfach unentdeckt geblieben sind (ASPÖCK 2008a, ASPÖCK & al. 2008).

Dass Klimawandel die Fauna Mitteleuropas geprägt hat und weiter prägt, braucht also nicht weiter diskutiert zu werden. Die entscheidende Frage ist, ob wir derzeit eine Periode eines außergewöhnlichen, stetigen oder jedenfalls nicht nur auf paar Jahre beschränkten Klimawandels erleben. Und diese Frage muss nunmehr – nach Jahren kritischer Distanz von übereilten Schlüssen – eindeutig bejaht werden. Noch in den 90er Jahren, ja noch um die Jahrtausendwende, vertraten nicht wenige Vertreter der für die Fragen zuständigen oder von ihnen betroffenen Wissenschaftler die Meinung, dass sich die klimatologischen Parameter in die Variationsbreite der postglazialen Klimaschwankungen einfügen lassen. Diese Überlegungen sind endgültig zu verlassen. Der jüngste Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) (von dem man auf Grund der großen Zahl von Herausgebern und noch mehr von Autoren verantwortungsvolle Berichterstattung erwarten darf und der von zahlreichen nationalen und internationalen angesehenen wissenschaftlichen Gesellschaften getragen wird) macht klar, dass ein weiterer Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur (gemessen in Bodennähe

bzw. über der Wasseroberfläche) bis zum Ende dieses Jahrhunderts unvermeidbar ist, was vor allem auf den hohen CO₂-Gehalt der Atmosphäre zurückgeführt wird. CO₂ ist das wichtigste anthropogene Treibhausgas. Die Konzentration in der Atmosphäre betrug in der vorindustriellen Zeit ± konstant 280 ppm, sie begann zu Ende des 18. Jahrhunderts kontinuierlich anzusteigen, erreichte im Jahre 2005 379 ppm und steigt gegenwärtig weiter um 2 ppm pro Jahr. Aufgrund der verfügbaren Proxydaten (Messungen in Eisbohrkernen) weiß man, dass der gegenwärtige CO₂-Gehalt der Atmosphäre zumindest die in den vergangenen 650 000 Jahren erreichten CO₂-Werte in der Atmosphäre (180-300 ppm) erheblich übersteigt. Selbst bei drastischen Maßnahmen zum Klimaschutz (die im Übrigen, realistisch gesehen, kaum erwartet oder erhofft werden können) kann der CO₂-Gehalt nicht so schnell sinken, dass der gegenwärtige Trend innerhalb weniger Jahrzehnte zum Stillstand oder gar zur Umkehr gebracht werden kann. Die globale Durchschnittstemperatur wird also bis zum Ende dieses Jahrhunderts weiter ansteigen. Dies muss als „evidence-based fact“ akzeptiert werden. Offen ist nur die Frage, wie sehr die Temperatur ansteigen wird. Es gibt eine Reihe von Modellen, aus denen mehrere Szenarien resultieren, die Schwankungsbreite des Temperaturanstiegs bis zum Ende des Jahrhunderts liegt bei 1°C bis 4°C (IPCC 2007), in manchen Modellen sogar noch höher. Auch sehr kritische Klimatologen halten 1°C bzw. 1,5°C aufgrund der errechneten Werte des B1-Modells mit dem geringsten Temperaturanstieg für unrealistisch und geben einem Wert etwas unter 3°C (A1B-Modell) die größte Wahrscheinlichkeit (BÖHM 2008, KROMP-KOLB & FORMAYER 2005).

Die zuletzt zitierten Publikationen enthalten natürlich zahlreiche gemessene Daten, Proxydaten und Modellrechnungen zu anderen klimatologischen Parametern oder durch Klimafaktoren bedingten Effekten (verschiedene Treibhausgase, Anstieg des Meeresspiegels, Schneebedeckung auf der Nordhemisphäre, Gletscherrückgang ...). Für das Thema dieser Übersicht hat die Frage, ob es eine

globale Erwärmung gibt, absolute Priorität, und es ist daher nicht nötig, andere Parameter zu erörtern. Wir müssen zur Kenntnis nehmen, dass die globale Klimaerwärmung eine Realität ist, und man muss es auch vom Standpunkt der Medizin für unverantwortlich halten, sie zu leugnen, um sich der Aufgabe zu entziehen zu klären, für welche Krankheiten der Klimawandel Bedeutung hat und welche Maßnahmen zu ergreifen sind.

3. Temperatur und Übertragung von Krankheitserregern durch Arthropoden

Die Temperatur ist aus mehreren Gründen ein Schlüsselfaktor für das Auftreten und für die Etablierung von durch Arthropoden übertragenen Erregern. Zunächst bestimmt die Temperatur (Jahresdurchschnittstemperatur, Temperatur zu bestimmten Jahreszeiten, zu Perioden des Auftretens bestimmter Entwicklungsstadien eines potentiellen Vektors), ob eine Arthropoden-Spezies, die als Überträger fungieren kann, in einem bestimmten Gebiet überhaupt auftreten kann. Jede Spezies hat (in bestimmten Entwicklungsstadien) bestimmte Temperaturansprüche. Die postglaziale Klimaerwärmung hat bedingt, dass viele potentielle Vektoren – viele Spezies der *Ixodidae*, *Culicidae*, *Phlebotominae* ... – bald nach dem Ende des letzten Glazials und besonders zur Zeit des Atlantikums aus dem Mittelmeerraum nach Mitteleuropa eingewandert sind und sich je nach Temperatur-Ansprüchen mehr oder weniger weit nordwärts ausgebreitet haben. Klimaerwärmung zieht ipso facto einerseits die Ausbreitung mediterraner Faunenelemente nach Norden nach sich (wodurch vorher in Mitteleuropa nicht nachgewiesene Spezies auftauchen können), andererseits bedingen sie die Ausweitung bestehender beschränkter Verbreitungsareale solcher mediterraner Faunenelemente in Mitteleuropa. Die bereits erwähnten Sandmücken sind gute Beispiele. Für Organismen, deren Wärmeansprüche geringer sind oder für die höhere Temperaturen geradezu limitierende Faktoren für die Verbreitung darstellen (sibirische Faunenelemente und extramediterrane Faunenelemente, die die letzte Zeit in Refugien außerhalb des Mittelmeerraums,

z. B. im südlichen Mitteleuropa, überdauert haben). Die Schildzecke *Ixodes ricinus*, die in Mitteleuropa u. a. als Überträger von Arboviren, von Borrelien, Rickettsien, Anaplasmen und Babesien fungiert, ist ein gutes Beispiel. Die Aktivität von *Ixodes ricinus* setzt bei 6 – 7°C und bei 80 % rel. Luftfeuchtigkeit ein, die Zecken klettern an der Vegetation hoch (Nymphe und Imagines bis etwa 1m, Larven weniger) und warten mit klammerbereiten Beinen auf einen sich vorbei bewegendem Wirt, an den sich heften. Bei einem Anstieg der Lufttemperatur auf über 24°C und bei einem Sättigungsdefizit von $\geq 4,4$ mm Hg tritt ein positiver Geotropismus ein: Die Zecke versteckt sich an der bodennahen Vegetation. Dies erklärt auch, warum *Ixodes ricinus* in ausgeprägt xerothermen oder gar ariden Gebieten nicht vorkommt. Dieses Beispiel zeigt zugleich, wie die Verbreitung durch die physiologischen Ansprüche einer Art geprägt wird. Diese Ansprüche an bestimmte Temperatur sind natürlich bei den einzelnen Arten (und selbstverständlich auch innerhalb eines Genus) sehr verschieden, sie können genau nur durch experimentelle Studien ermittelt werden und sind daher nur bei wenigen Spezies einigermaßen erfasst; nur die generellen Temperaturansprüche lassen sich grob auf dem Umweg über die Verbreitungsgrenzen (Bestimmung der Isothermen!) ermitteln.

Grundsätzlich beeinflusst die Temperatur alle Funktionen und Lebensäußerungen eines ektothermen Organismus: die Geschwindigkeit aller Reaktionen ist – in einem bestimmten Temperaturbereich – linear dem Anstieg der Temperatur, das betrifft z. B. die Häufigkeit der Blutmahlzeiten (bei hämatophagen Arthropoden, die in einem Stadium mehr als einmal Blut saugen), den gonotrophen Zyklus (also die Geschwindigkeit der Reifung der Eier), die Häufigkeit der Eiablage, die Entwicklungsgeschwindigkeit, (bei manchen Vektoren) die Zahl der Generationen. Auf der anderen Seite verkürzt ein Anstieg der Temperatur die Lebensdauer eines Vektors. Salopp ausgedrückt: Bei einer Klimaerwärmung geht alles schneller und dauert kürzer – so wie uns dies aus den Tropen geläufig ist. Dies gilt im Übrigen

nicht nur für die Vektoren, sondern eben auch für die übertragenen Erreger. Die Vermehrung in den Vektoren erfolgt bei höherer Temperatur schneller, und die äußere Inkubationszeit (d. i. die Zeit zwischen der Aufnahme des Erregers durch den Vektor und der Ausscheidung, z. B. mit dem Speichsekret, durch diesen) ist kürzer. Die äußere Inkubationszeit ist in vielen Fällen bestimmend dafür, ob sich ein bestimmter Erreger in einem bestimmten

Gebiet etablieren kann. Wenn z. B. die äußere Inkubationszeit durch niedrige Temperaturen bedingt länger als die Lebenserwartung des Vektors ist, kann der Erreger zwar zunächst in dem Vektor existieren, sich entwickeln und vielleicht vermehren, aber ehe es zu einer Übertragung kommen kann, stirbt der Vektor. Die Malaria-Parasiten bieten ein anschauliches Beispiel: Tab. 1

Tab. 1.

Entwicklungsdauer von Plasmodien (äußere Inkubationszeit) in *Anopheles* (ergänzt durch Angaben von EBERT & FLEISCHER 2005)

<p><i>Plasmodium vivax</i>: bei 30 °C: 6,8 Tage bei 28 °C: 8 – 10 Tage bei 20 °C: 16 – 17 Tage bei 18 °C: 30 Tage unter 14,5 °C: keine Entwicklung (Formel zur Berechnung der äußeren Inkubationszeit (KISZEWSKI & al. 2004): $105 \cdot (T-14,5)^{-1}$) Obere Grenze: 32 – 34°C</p>
<p><i>Plasmodium malariae</i>: bei 28 °C: 14 Tage bei 20 °C: 30 – 35 Tage</p>
<p><i>Plasmodium falciparum</i>: bei 30 °C: 7,9 Tage bei 28 °C: 9 – 10 Tage bei 20 °C: 22 – 23 Tage bei 18 °C: 55,5 Tage unter 16 °C: keine Entwicklung (Formel zur Berechnung der äußeren Inkubationszeit (KISZEWSKI et al. 2004): $111 \cdot (T-16)^{-1}$) Faustregel: Erst ab 20 °C erleben genügend viele Anophelen die Reifezeit.</p>

Ebenso anschaulich zeigt Tab. 2 für drei weit verbreitete humanpathogene, durch Stechmücken

übertragene Viren die Bedeutung der Temperatur für die äußere Inkubationszeit.

Tab. 2.

Abhängigkeit der äußeren Inkubationszeit bei drei durch Stechmücken übertragenen Flaviviren (aus EBERT & FLEISCHER 2005 nach WATTS et al. 1987, DOHM et al. 2002, TAKAHASHI 1976)

Virus	Infizierte <i>Culiciden</i> -Spezies	Temperatur	Äußere Inkubationszeit in Tagen
Dengue-2	<i>Aedes aegypti</i>	35 °C	7
		30 °C	12
		18 °C	22
West Nile	<i>Culex pipiens</i>	30 °C	15
		26 °C	25
		18 °C	32
Japanese Encephalitis	<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	32 °C	5
		26 °C	21

4. Arthropoden als Überträger von Krankheitserregern in Mitteleuropa

Mitteleuropa beherbergt ca. 200 hämatophage Arthropoden, die auch am Menschen Blut

saugen. Sie gehören den folgenden Taxa an: Acari: Argasidae (3 Spezies), Ixodidae (ca. 15 Spezies), Dermanyssidae (ca. 5 Spezies), Trombiculidae (1 Spezies); Insecta: Anoplura (3 Spezies), *Heteropte-*

ra (ca. 5 Spezies), Diptera: Culicidae (ca. 50 Spezies), Simuliidae (> 10 Spezies), Ceratopogonidae (ca. 20 Spezies), Psychodidae/ Phlebotominae (2 – 4 Spezies), Tabanidae (ca. 70 Spezies), Siphonaptera (> 10 Spezies). Die weitaus meisten von ihnen sind periodische und temporäre Ektoparasiten, das heißt, dass nicht alle Stadien parasitisch sind und dass überdies das parasitische Stadium den Wirbeltierwirt nur zum Zwecke der Blutaufnahme aufsucht. Beispiele sind Zecken (die Eier leben frei, und Larve, Nymphe und Adultus verlassen nach dem Blutsaugen, d. i. nach Minuten bis Stunden bis – bei Ixodiden-Weibchen – Tagen den Wirt) und Stechmücken (die Eier, Larven und Puppen leben frei, die Imago sucht nur für Sekunden bis Minuten den Wirt zum Blutsaugen auf). Ebenso sind Wanzen, Kriebelmücken, Gnitzen, Sandmücken, Bremsen und Flöhe periodische und temporäre Ektoparasiten und daher in höchstem Maße von klimatischen Faktoren beeinflusst. Immerhin sind Bettwanze und manche Flöhe als ausgeprägt synanthrope Ektoparasiten so sehr mit dem Menschen (und dessen Haustieren) und den Behausungen des Menschen assoziiert, dass klimatische Faktoren nicht so massiv wirken wie bei in freier Natur lebenden Organismen. Nur die Läuse – Kopflaus, Kleiderlaus und Filzlaus – sind permanente und stationäre Parasiten, alle Stadien leben parasitisch, auch halten sich alle Stadien dauernd auf ihrem Wirt, der nur durch den Menschen repräsentiert wird, auf. Damit ist eine weitgehende Konstanz der Umgebungstemperatur der Läuse gewährleistet, und so ist auch verständlich, dass das Fleckfieber, dessen Erreger (*Rickettsia prowazeki*) durch Kleiderläuse übertragen wird, in allen Klimazonen aufgetreten ist.

Von den in Mitteleuropa vorkommenden Blut saugenden Arthropoden fungieren vor allem Schildzecken (Ixodidae) einerseits und Stechmücken (Culicidae) andererseits, und neuerdings in kleinen Gebieten auch Sandmücken (Phlebotominae) als Überträger pathogener Mikroorganismen. Zudem können Flöhe Rickettsien übertragen.

5. Durch Arthropoden übertragene Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa

Aus Mitteleuropa (einschließlich der südlichen, südwestlichen und südöstlichen Randgebiete) sind gegenwärtig etwa 30 (gesicherte oder möglicherweise) humangpathogene Erreger bekannt, die ca. 15 Arboviren, (je nach taxonomischer Beurteilung) 10 - 15 bakterielle Erreger und 4 - 5 Protozoen umfassen (Tabellen 3 - 5). Von diesen werden ca. 20 von Zecken, zu weitaus größtem Teil von *Ixodes ricinus*, jedoch auch von Spezies anderer Ixodiden-Genera übertragen:

- Flaviviridae: TBE-(FSME-)Virus
- Bunyaviridae: Uukuniemi-Virus, Crimean-Congo Haemorrhagic Fever-Virus (CCHF), Erve-Virus, Bhanja-Virus
- Reoviridae: Eyach-Virus, Tribec-Virus, Lipovnik-Virus
- Spirochaetales: Spirochaetaceae: *Borrelia burgdorferi* s.str., *B. afzelli*, *B. garinii*, *B. valaisiana* (und vermutlich weitere Genospezies von *B. burgdorferi* s.l.)
- Thiotricales: *Francisella tularensis*
- Rickettsiales: Rickettsiaceae: *Rickettsia slovacica*, *R. helvetica*, *R. monacensis*
- Rickettsiales: Anaplasmataceae: *Anaplasma phagocytophilum*
- Legionellales: Coxiellaceae: *Coxiella burnetii*
- Apicomplexa: Haematozoa: Piroplasmida: Babesiidae: *Babesia divergens*, *B. microti* (-Komplex), *Babesia* spp.

Zumindest 5 humanpathogene Arboviren, die durch Stechmücken übertragen werden, sind bisher in Mitteleuropa nachgewiesen worden:

- Flaviviridae: West Nile-Virus, Usutu-Virus
- Bunyaviridae: Batai-Virus, Tahyna-Virus (ein weiterer in Mitteleuropa nachgewiesener Vertreter der Bunyaviridae, das Lednice-Virus, ist vermutlich humanmedizinisch bedeutungslos, weil der Mensch wahrscheinlich nicht infiziert werden kann, also als Wirt ungeeignet ist).
- Togaviridae: Sindbis-Virus

Stechmücken (*Anopheles* spp.) haben bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts auch in Mit-

teleuropa Malaria-Erreger (fast durchwegs *Plasmodium vivax*) übertragen. Heute ist die Malaria in ganz Europa ausgerottet.

- Die bis vor kurzer Zeit nur aus den äußersten Randgebieten Mitteleuropas bekannten, aber seit 1999 in Deutschland und Belgien nachgewiesenen und auch in anderen Teilen Mitteleuropas zu erwartenden Sandmücken übertragen auch in Mitteleuropa *Leishmania infantum* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae).
- Vor wenigen Jahren wurde eine durch Flöhe übertragene *Rickettsia*-Art, *R. felis*, als Erreger des Floh-Fleckfiebers beschrieben, dieser Erreger kommt auch in Mitteleuropa vor (RICHTER & al. 2002, BROUQUI & al. 2007).

Flöhe (vermutlich vor allem *Pulex irritans* und andere Spezies, wahrscheinlich aber auch Kleiderläuse) haben im Mittelalter und auch noch in der Neuzeit *Yersinia pestis*, den Erreger der Pest übertragen; die Pest ist längst aus Europa verschwunden.

Schließlich ist auch der durch die Kleiderlaus übertragene Erreger des Fleckfiebers, *Rickettsia prowazeki*, der vor allem in Kriegszeiten in Europa und Mitteleuropa für den Tod zahlreicher Menschen verantwortlich war, aus Europa verschwunden, so dass Läuse insgesamt in Europa nicht mehr als Krankheitsüberträger eine Rolle spielen.

Alle übrigen in Mitteleuropa vorkommenden hämatophagen Arthropoden (Wanzen, Kriebelmücken, Gnitzen, Bremsen) haben als Vektoren keine Bedeutung.

Tab. 3.

Durch Arthropoden übertragene Viren (Arboviren) in Mitteleuropa

Virus Familie/Genus/ Spezies	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Flaviviridae				
<i>Flavivirus</i>				
TBE/CEE (= Central European Encephalitis) Virus = Zentraleuropäisches Enzephalitis-Virus, westlicher Typ (=FSME-Virus)	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i> (selten auch andere Spezies)	zahlreiche Rodentia, Insectivora und andere Säuger; Vögel, Eidechsen (?)	Frühsommer-Meningoenzephalitis =FSME	Mittel-, Nord-, Ost- und nördliches Südosteuropa
West Nile-Virus	Culicidae: zahlreiche besonders ornithophile Spezies mehrerer Genera; <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
Usutu-Virus	Culicidae: <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)

Virus Familie/Genus/ Spezies	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Togaviridae				
<i>Alphavirus</i>				
Sindbis-Virus	Culicidae: <i>Culex pipiens</i> , <i>C. modestus</i> , <i>Cochilletidia 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
Bunyaviridae				
<i>Bunyavirus</i>				
Batai- (= Calovo-) Virus	Culicidae: 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
<i>Bunyavirus (Californiavirus)</i>				
Tahyna-Virus	Culicidae: <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
<i>Bunyavirus (Turlovirus)</i>				
Lednice-Virus	Culicidae: <i>Culex modestus</i>	Vögel, bes. Anseriformes	keine Erkrankung bekannt. Mensch kann vermutlich nicht infiziert werden	Tschechien (Aknachweis: Rumänien)
<i>Uukuvirus</i>				
Uukuniemi-Virus	Ixodidae: <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 Exanthemen	Nord-, Mittel-, Osteuropa, Aserbeidschan, Russland
<i>Nairovirus</i>				
Crimean-Congo Haemorrhagic Fever Virus = Krim-Kongo-Hämorrhagisches Fieber-Virus (CCHF-Virus)	Ixodidae: <i>Hyalomma marginatum</i> u.a. spp., <i>Hemaphysalis punctata</i> , <i>Rhipicephalus</i> spp., <i>Dermacentor marginatus</i> (<i>Ixodes 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 infizierter Zecken von Bedeutung!)

Virus Familie/Genus/ Spezies	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
<i>Nairovirus (Thiaforavirus)</i>				
Erve-Virus	Ixodidae?	<i>Crocidura</i> (Antikörper in Klein- und Großsäugern)	„Donnerschlag-Kopfschmerz“ (?), Hämorrhagische ZNS-Affektion (?)	Frankreich, Deutschland
<i>Bhanjavirus</i>				
Bhanja-Virus	Ixodidae: <i>Haemaphysalis punctata</i> , <i>Dermacentor marginatus</i> u.a. <i>Metastrata</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 infizierte Zecken)
Reoviridae				
<i>Coltivirus</i>				
Eyach-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i>	Vermutlich Rodentia und Lagomorpha	Meningoenzephalitis (?)	Deutschland, Frankreich, Tschechien
<i>Orbivirus (Kemerovirus)</i>				
Tribec-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i> , <i>Haemaphysalis punctata</i>	Rodentia, Ruminantia; Vögel	Fieber, Meningitis	Tschechien, Slowakei (und vermutlich andere Teile Mitteleuropas), Italien, Osteuropa
Lipovnik-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i>	?	Fieber, ZNS-Symptomatik (?)	Tschechien, Slowakei

Tab. 4.

Durch Arthropoden 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> v.a.	<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)	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				

Erreger	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
<i>Rickettsia prowazeki</i>	<i>Pediculus humanus</i>	Mensch	Läuse-Fleckfieber (Epidemisches Fleckfieber)	(Europa: ausgerottet), Asien, Amerika (sporadisch)
<i>Rickettsia felis</i>	<i>Ctenocephalides felis</i> u. a. Flöhe; <i>Ixodes ricinus</i> (?)	Katze u. a. Vertebraten ?	Floh-Fleckfieber	vermutlich weltweit
<i>Rickettsia helvetica</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> , <i>D. reticulatus</i> , <i>I. ricinus</i>		Fieber, allg. Krankheitsgefühl, Kopfschmerzen, Myalgien	Europa, Asien
<i>Rickettsia slovaca</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> , <i>Dermacentor reticulatus</i>	Kleinsäuger (Rodentia, Insectivora), Ungulaten, Karnivore	TIBOLA: Lymphadenopathie, Fieber, Kopfschmerzen, Myalgie, Arthralgie, ulzerative Hautreaktionen an Einstichstelle (Eschar)	Mittel-, Ost-, Südwest-, und Südosteuropa
<i>Rickettsia monacensis</i>	<i>Ixodes ricinus</i>	?	?	Bayern
Rickettsiales: Anaplasmataceae				
<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>Ixodes ricinus</i> u.a. <i>Ixodes</i> spp.	vermutlich Kleinsäuger, Reh, Schaf, Rind	Akut fieberhafte Infektion, Myalgien, Kopfschmerz, Leukozytopenie, Thrombozytopenie, Anämie (HGA = Granulozytäre Anaplasiose, früher als HGE = Humane Granulozyten-Ehrlichiose bezeichnet)	Europa, Asien, N-Amerika
Legionellales: Coxiellaceae:				
<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

Tab. 5.

Durch Arthropoden übertragene Protozoen in Mitteleuropa

Erreger	Überträger	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Kinetoplastida: Trypanosomatidae				

Erreger	Überträger	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Leishmania				
<i>Leishmania infantum</i>	Psychodidae: Phlebotominae: <i>Phlebotomus papatasi</i> u.a. <i>Phlebotomus</i> spp; in Mitteleuropa: <i>Ph. mascittii</i> ?	Kleinsäuger, Hunde	Viszerale Leishmaniose	Gesamter Mittelmeerraum, Asien, Afrika, sporadisch in Mitteleuropa
Apicomplexa: Haematozoa: Piroplasmida: Babesiidae: Babesia:				
<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

6. Die Herkunft der Vektoren und der durch diese übertragenen Erreger in Mitteleuropa

Alle in Mitteleuropa vorkommenden Arthropoden-Spezies, die als Vektoren von Krankheitserregern des Menschen fungieren können, haben diesen Teil Europas postglazial aus mediterranen oder (zu erheblichem Teil) extramediterranen Refugien auf natürlichem Wege besiedelt. Ausnahmen sind gelegentlich durch den Menschen eingeschleppte Ixodiden (*Rhipicephalus sanguineus* u. a.), bei denen aber (bisher) keine dauerhaften Etablierungen bekannt sind, und *Aedes albopictus* (siehe Kap. 7). Dass weitere Arthropoden-Spezies, die als Vektoren fungieren könnten, aus mediterranen und extramediterranen (nicht nur europäischen, sondern auch asiatischen) Refugien ihre Verbreitung nach Mitteleuropa ausdehnen werden, ist eine gut begründbare Annahme, obwohl es bisher keine wirklich bewiesenen Beispiele gibt. Auf der anderen Seite muss man erwarten, dass bei weiterer Klimaerwärmung Spezies, die nicht ausgeprägte Wärmeansprüche haben, jedoch eine hohe relative Luftfeuchtigkeit

brauchen, aus manchen Teilen Mitteleuropas verschwinden könnten.

Auch der weitaus überwiegende Teil der durch Arthropoden übertragenen Krankheitserreger des Menschen in Mitteleuropa gehört zum „alten Bestand“ der in Europa vorkommenden Organismen, die die letzte Eiszeit in mediterranen oder extramediterranen Refugien überdauert haben.

Nahezu alle durch Arthropoden übertragenen Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa sind Erreger von Zoonosen (oder zumindest von Infektionen von Wildtieren) und brauchen den Menschen in keiner Weise zur Aufrechterhaltung ihrer Zyklen. Das gilt für alle Viren und – mit Ausnahme des Fleckfieber-Erregers, *Rickettsia prowazeki* – für alle bakteriellen Erreger. Die derzeit in Mitteleuropa vorkommenden humanpathogenen Protozoen (Leishmanien, Babesien) zirkulieren ebenso primär in Wildtieren. Nur die etwa vor einem halben Jahrhundert ausgerotteten Plasmodien

sind streng anthropostenoxene Parasiten. Ohne eine genügend hohe Bevölkerungsdichte können diese Parasiten nicht existieren. (Das ist auch der Grund, weshalb unbewohnte tropische Gebiete, trotz hoher Populationsdichte der potentiellen Vektoren, malariafrei sind.)

Nichts spricht also gegen die Annahme, dass die weitaus meisten pathogenen Mikroorganismen postglazial mit ihren Vektoren allmählich Mitteleuropa besiedelt haben. Und dieser Prozess hält grundsätzlich natürlich an und wird sich durch Klimaerwärmung verstärken.

Ixodes ricinus ist ein polyzentrisches extramediterran-mediterranes Faunenelement, das die letzte Eiszeit in zahlreichen mediterranen und extramediterranen Refugien überdauert hat. Auf der Basis phylogeographischer Untersuchung wird sich gewiss klären lassen, aus welchen Refugien welche Teile Mitteleuropas von *Ixodes ricinus* und darüber hinaus von den durch diese Schildzecke übertragenen Erregern wann besiedelt worden sind. Jedenfalls gibt es keinen Hinweis dafür, dass irgendwelche durch *Ixodes ricinus* übertragenen Erreger auf einem anderem als auf natürlichem, kontinuierlichem Weg nach Mitteleuropa gelangt sind. Dies ist auch in Übereinstimmung damit, dass fast alle diese Erreger in der Paläarktis weit oder zumindest nicht in tropischen Gebieten verbreitet sind. Nur bei wenigen Ausnahmen mögen Zugvögel, die infizierte Zecken verschleppen können (Beispiel: CCHF), oder Verschleppung durch den Menschen (Beispiel: *Coxiella burnetii*) eine Rolle spielen. Im Übrigen handelt es sich bei den Vektoren dieser beiden Erreger nicht um Ixodinae sondern um metastriate Schildzecken der Subfamilien Haemaphysalinae, Hyalomminae und Rhipicephalinae mit mediterranen Refugialzentren.

Anders ist die Situation bei den durch Stechmücken übertragenen Viren. Fast alle finden in verschiedenen Vögeln geeignete Reservoir-Wirte, und wir wissen, dass virämische Zugvögel bei der Ausbreitung dieser Viren eine Schlüsselrolle spielen, wenn die geeigneten Vektoren vorhanden sind.

Manche dieser Viren werden vermutlich regelmäßig eingeschleppt und können sich anschließend über kürzere oder längere Perioden etablieren, weil sich für die Übertragung kompetente Vektoren einschalten. Solche Viren sind zwar nicht autochthon, werden aber endemisch (ASPÖCK 1979)¹.

Das West Nile-Virus, das mehr oder weniger regelmäßig aus dem vorderasiatischen Mittelmeerraum oder aus Afrika nach Europa eingeschleppt wird und z.B. in Bukarest in den Jahren 1996 und 1997 eine Epidemie mit ca. 500 Erkrankungen und ca. 50 Todesfällen ausgelöst hat, jedoch auch in anderen Teilen Europas zu Infektionen beim Menschen führt (HUBÁLEK & HALOUZKA 1996, RAPPOLE & HUBÁLEK 2003, HUBÁLEK & al. 2006), ist ein gutes Beispiel. Das plötzliche Auftreten des Virus in Nordamerika (nach ungeklärter Art der Verschleppung vermutlich aus Vorderasien) und die nachfolgende enorme Ausbreitung über weite Teile des Kontinents mit über 10 000 Erkrankungen und ca. 1000 Todesfällen unterstreicht die Fähigkeit des Virus, sich in neuen Systemen zu etablieren.

Dass die isolierten Vorkommen von *Phlebotomus* in SW-Deutschland und Belgien (und anderen Teilen Mitteleuropas?) auf frühe postglazial-wärmezeitliche Einwanderungen aus dem Mittelmeerraum zurückzuführen sind, wurde schon in Kap. 2 dargelegt. Sie sind Reste einer ehemals mit Sicherheit viel größeren Verbreitung in Mitteleuropa, und sie sind ausreichend, um die Etablierung von durch Sandmücken übertragenen Erregern zu gewährleisten.

Die durch sie übertragenen Leishmanien sind hingegen erst in der jüngsten Zeit durch menschliche Aktivitäten nach Mitteleuropa gelangt (siehe Kap. 7).

¹ Der Terminus „endemisch“ hat – leider! – in der Medizin und in der Biologie gänzlich unterschiedliche Bedeutungen. In der Biologie verstehen wir darunter die ausschließliche Beschränkung auf ein bestimmtes Gebiet (Gebirge, Insel ...), in der Medizin bedeutet „endemisch“, dass der Erreger in einem bestimmten Gebiet (schon immer oder erst nach Einschleppung, dauernd oder nur vorübergehend) zirkuliert und in den für die Zirkulation ungeeigneten Jahreszeiten in dem Gebiet in irgendeinem Stadium und in irgendeinem Wirt persistiert.

Ein anderes überzeugendes Beispiel ist das schon vor langer Zeit in Südafrika entdeckte Usutu-Virus, das 2001 erstmals in Europa und zwar als Ursache eines in Europa beobachteten „Amselsterbens“ beobachtet wurde (WEISSENBÖCK & al. 2002, 2007). Das Virus wurde auch in den folgenden Jahren in Österreich gefunden, ist also (im medizinischen Sinn) „endemisch“ geworden.

7. Neue durch Arthropoden übertragene Erreger in Mitteleuropa aus der Sicht von Klimawandel und Globalisierung

In den vergangenen 30 Jahren hat sich das Spektrum der in Mitteleuropa vorkommenden Erreger, die durch Arthropoden übertragen werden, erheblich erweitert (vgl. ASPÖCK 1974, 1976, 1977, 1992, 1996, 2002, 2005, 2008a). Das hat verschiedene Gründe:

Zunächst sind etliche Erreger isoliert worden, die mit Sicherheit schon immer in Mitteleuropa waren, aber nicht nachgewiesen worden waren. Die prominentesten Beispiele sind ohne Zweifel die Borrelien-Arten. Die durch die Borrelien hervorgerufenen Krankheitsbilder – Erythema chronicum migrans, Neuroborreliose, Acrodermatitis chronica atrophicans – sind schon seit eh und je in Europa bekannt und vor vielen Jahrzehnten genau beschrieben worden. Die Ätiologie war allerdings unbekannt, der immer wieder geäußerte Verdacht, dass Zecken als Vektoren fungieren, wurde zu wenig hartnäckig verfolgt, und so blieben die Erreger unentdeckt – bis die Suche nach der Ursache einer in den 70er Jahren im Orte Lyme (und in benachbarten Ortschaften) in Connecticut in den USA epidemisch aufgetretenen Arthritis schließlich zu Beginn der 80er Jahre zur Entdeckung einer Spezies des Genus *Borrelia* führte, die 1984 als *Borrelia burgdorferi* beschrieben wurde (STANEK 2004, STEERE 2006).

Durch die Entdeckung der Borrelien ergab sich für die Thematik der durch Arthropoden übertragenen Erreger mit einem Male eine neue Dimension, die in der Folge hunderte Studien aller Art, zoologische, mikrobiologische und klinische, auslöste. Und angesichts der großen Bedeutung (im-

merhin erkranken in Österreich mindesten 51 000, möglicherweise bis 80 000 Personen, d. i. 0,6 bis 1 % der Bevölkerung alljährlich an einer Borreliose; STANEK 2008) hält die intensive Befassung mit diesen durch Zecken übertragenen Erregern weiter an. *Borrelia burgdorferi* s.l. und die Borreliose hat es also schon immer, zumindest seit etlichen tausend Jahren, in Mitteleuropa gegeben.

Ähnlich ist die Situation mit den übrigen bakteriellen Erregern, die durch Arthropoden übertragen werden und die erst in den letzten Jahrzehnten entdeckt oder als Erreger von Krankheiten des Menschen nachgewiesen worden sind: Rickettsien, *Anaplasma*, *Francisella tularensis*. Und auch die Babesien hat es wohl „immer“ schon in Mitteleuropa gegeben, aber erst seit 1957 weiß man überhaupt, dass sie auch humanpathogen sind und besonders für Immunsupprimierte eine Gefahr darstellen. Es gibt weiters nicht den geringsten Hinweis dafür, dass die Herkunft eines der durch Zecken übertragenen Viren Mitteleuropas auf eine Einschleppung oder Ausweitung der Verbreitung durch Klimawandel zurückzuführen ist.

Hingegen gibt es unter den durch Stechmücken übertragenen Viren zumindest eines, das Usutu-Virus, das erst vor wenigen Jahren in Mitteleuropa aufgetaucht ist und auf Einschleppung durch Zugvögel zurückzuführen ist. Auch dies hat mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nichts mit Klimawandel zu tun. Auch die – wahrscheinlich schon seit langer Zeit regelmäßig erfolgten – Einschleppungen von Sindbis-Virus, West Nile-Virus und möglicherweise anderer Viren durch Zugvögel stehen in keinerlei ursächlichem Zusammenhang mit Klimaveränderung.

Damit verbleiben die Leishmanien als neue Erreger in Mitteleuropa. So schwere Krankheiten wie Leishmaniosen kann man nicht übersehen, und so dürfen wir mit gutem Grund annehmen, dass die Leishmanien tatsächlich erst in der jüngsten Zeit Mitteleuropa erreicht haben. Aber auch sie verdanken ihr Auftreten nicht dem Klimawandel, sondern dem Zusammentreffen zweier Faktoren: einmal

dem reliktiären Vorkommen von Sandmücken in Mitteleuropa und zum Zweiten der Einschleppung von Leishmanien mit infizierten Hunden aus dem Mittelmeerraum andererseits. In vielen Gebieten in mediterranen Ländern sind Hunde zu hohem Prozentsatz (>50 %) mit *Leishmania infantum* infiziert. Sie erkranken unter einer oft spektakulären Symptomatik, die den Tieren ein jämmerliches Aussehen gibt. Mitleidvolle mitteleuropäische Touristen haben immer schon solche Hunde nach Mitteleuropa gebracht, aber erst in den letzten Jahren haben gerissene Geschäftemacher in manchen Ländern im Mittelmeerraum diese Marktlücke erkannt, und seither werden solche Hunde im Internet angeboten. Es gibt genügend Menschen, die sich von den Bildern und Schilderungen so beeindruckt lassen, dass sie aus Mitleid solche Hunde für teures Geld kaufen und – meist illegal – nach Mitteleuropa bringen. Man schätzt, dass derzeit alleine in Deutschland mindestens 20 000 (!) mit Leishmanien infizierte Hunde leben. Damit war es unvermeidbar, dass infizierte Hunde auch in Gebiete kamen, in denen es Sandmücken gibt, und sobald solche Hunde von zur Übertragung befähigten Phlebotomen gestochen wurden, war die Grundlage für eine Etablierung eines Zyklus gegeben.

Das Auftreten von autochthoner Leishmaniose in Mitteleuropa ist also nicht eine Folge des Klimawandels, sondern eine der vielen Folgen der Globalisierung (ASPÖCK & al. 2007, 2008).

Noch zwei aktuelle Themen, die immer wieder – besonders natürlich von den Medien – mit Klimawandel in Verbindung gebracht werden, müssen umrissen werden: Es handelt sich um das Auftauchen der Tigermücke, *Aedes albopictus*, und um das Auftreten von Blue Tongue in Mitteleuropa.

Aedes albopictus ist eine südostasiatische Stechmückenspezies, die sich in kleinen und kleinsten Wasseransammlungen zu entwickeln vermag und die mit auf Schiffen transportierten Waren aller Art, besonders aber mit alten Autoreifen, in denen sich Regenwasser sammelt, in alle Welt verschleppt worden ist. In den USA tauchte die ursprünglich in

den Tropen beheimatete Art in Gebieten in erstaunlich nördlicher Breite auf. Dass als Erklärung die globale Erwärmung ins Treffen geführt wurde, ist durchaus verständlich – aber falsch. Heute wissen wir, dass sich Stämme herausselektiert haben, die sich an niedrigere Temperaturen adaptiert haben, die weit nach Norden vordringen. Solche Stämme sind mittlerweile auch nach Europa gelangt und vereinzelt bereits in Mitteleuropa nachgewiesen worden. Auch hier ist Globalisierung der entscheidende Faktor gewesen, wobei noch genetische Veränderungen dazu gekommen sind, nicht aber der Klimawandel.

Blue Tongue ist eine Erkrankung von Wiederkäuern (Haustieren und Wildwiederkäuern), die durch das durch Ceratopogoniden übertragene Blue Tongue-Virus (BTV) hervorgerufen wird. Die Krankheit trat erstmals im August 2006 im Nordwesten Mitteleuropas auf und verbreitete sich über große Teile der Niederlande und Nordwestdeutschland. Alle Stämme gehören einem Cluster an (Serotyp 8), der in Afrika vorkommt (KAMPEN 2008). Vermutlich ist das Virus mit (legalen oder illegalen) Tiertransporten in die Niederlande gelangt, wo es unter den dort vorkommenden Ceratopogoniden geeignete Überträger fand. Auch dies zeigt die enorme Bedeutung der vielen Formen der Globalisierung, bei denen der Klimawandel fast keine Rolle spielt².

8. Ausblick: Szenarien der nächsten Jahrzehnte

Die bisher nachgewiesenen Einflüsse des Klimawandels auf das Spektrum und auf die Verbreitung der durch Arthropoden übertragenen Erreger sind eher dürftig (ROGERS & RANDOLPH 2006). Es gibt mehrere Untersuchungen über die Frühsommermeningoenzephalitis, aus denen gefolgert werden kann, dass das TBE (FSME)-Virus in den letzten Jahren seine Verbreitung nach Norden ausgebreitet hat. Aber auch die Vertikalverbreitung ist im Begriff, auf den Klimawandel zu reagieren. Galten vor 10 und 20 Jahren noch Höhen von unter 1000 m als eine Grenzlinie für das Vorkommen von FSME, so hat sich diese vertikale Verbreitungsgrenze um² Möglicherweise ist die Übertragungskapazität der Vektoren unter dem Einfluss höherer Temperaturen gesteigert (ROGERS & RANDOLPH 2006).

mindestens 300 - 400 Meter verschoben (DANIEL & al. 2003, 2006, DANIELOVA & al. 2006, LINDGREN & JAENSON 2006). Dass diese Entwicklung auch zum Verschwinden von FSME-Herden in stark wärmebegünstigten Arealen führen kann, muss allerdings gerade auch an dieser Stelle erwähnt werden. Dieser Trend wird in den nächsten Jahrzehnten gewiss anhalten (ROGERS & RANDOLPH 2006).

Mutatis mutandis gilt dies für alle durch *Ixodes ricinus* übertragenen Erreger, weil das Phänomen durch die ökologische Valenz dieser Ixodenspezies bestimmt wird. Daher wird eine Klimaänderung sicher nicht zu einer Zunahme, sondern eher zu einer Abnahme der *Borrelia*-Infektionen führen. *Ixodes ricinus* ist, obwohl Refugien im Mittelmeerraum (aber nur in größeren Höhen!) bestehen, kein rein mediterranes, sondern polyzentrisches mediterran-extramediterranes (sibirisches) Faunenelement, das Mitteleuropa und Nordeuropa nicht aus mediterranen, sondern aus extramediterranen Zentren besiedelt hat. Und deshalb kann mit gutem Grund geschlossen werden, dass eine Klimaerwärmung Mitteleuropa keine neuen durch *Ixodes ricinus* übertragenen Erreger bescheren wird. Anders ist die Situation bei Ixodiden, die Mitteleuropa aus mediterranen Refugialzentren besiedelt haben oder besiedeln können (*Hyalomma*, *Haemaphysalis*, *Rhipicephalus*, *Dermacentor*). Daher erscheint die Möglichkeit des Vordringens des CCHF-Virus und des Bhanja-Virus (und vielleicht anderer durch Metastriata übertragener Erreger) und von mehreren Rickettsiales-Spezies mit den Zecken nach Norden mit der Etablierung von Herden in Mitteleuropa realistisch.

Es scheint, dass *Dermacentor*-Arten in der jüngsten Vergangenheit ihre Verbreitungsareale in Mitteleuropa ausgeweitet haben (STING & al. 2004, DAUTEL & al. 2006), wenngleich es noch keine konkreten Hinweise für das Auftreten neuer Erreger gibt. Eine zunehmende Etablierung von Ixodiden mediterranen Ursprungs würde auch die Möglichkeit der Etablierung von Viren, die aus tropischen

Gebieten durch Zugvögel eingeschleppt werden, realistisch erscheinen lassen.

Diese Möglichkeit besteht in noch verstärktem Maße bei den durch Stechmücken übertragenen Viren (ASPÖCK & DOBLER 2008). West Nile-Virus, Usutu-Virus und Sindbis-Virus sind überzeugende Beispiele. Aber auch die Möglichkeit der Einschleppung von durch Stechmücken übertragenen Arboviren auf andere Weise (z. B. mit infizierten Stechmücken in Transportmitteln oder durch virämische Menschen) darf nicht außer Acht gelassen werden. Die jüngste in der Toskana aufgetretene Chikungunya-Epidemie (PFEFFER & al. 2008) ist ein sehr überzeugendes Beispiel, das zur Wachsamkeit mahnt. In diesem Zusammenhang muss auch die Möglichkeit der Einschleppung subtropischer oder tropischer Stechmückenarten in Erwägung gezogen werden (Stichwort *Aedes albopictus*). Bei einer weiteren Klimaerwärmung könnte sich durchaus das Chikungunya-Virus oder auch eines der Dengueviren in Mitteleuropa etablieren.

In den Jahren 1927 und 1928 hat es in Griechenland eine Dengue I- und Dengue II-Epidemie mit mindestens 1 Million Erkrankungen und über 1000 Todesfällen gegeben (HUBÁLEK & HALOUZKA 1996). Eine Wiederholung solcher Ereignisse – und in Zukunft um ein paar Breitengrade weiter nördlich – ist ein realistisches Szenario.

Andere durch Stechmücken übertragene Erreger als Arboviren sind hingegen in Mitteleuropa in den nächsten Jahrzehnten nicht zu erwarten. Es ist zwar möglich und sogar wahrscheinlich, dass sich im Zuge der weiteren Klimaerwärmung (und möglicherweise der Zunahme der Niederschläge) die Bedingungen für die Zirkulation von Plasmodien (nicht nur *Plasmodium vivax*, sondern auch *Pl. falciparum*) verbessern, und es wird auch in Zukunft natürlich immer wieder geschehen, dass Malaria-Patienten nach Mitteleuropa kommen und von zur Übertragung befähigten Anophelen gestochen werden, aber die Malaria ist (in allen ihren Formen) eine der Therapie durch hochwirksame Medikamente zugängliche Infektion, deren Erreger

sich in keinem anderen Wirbeltier als dem Menschen entwickeln können. Damit ist die Ausrottung der Malaria in Ländern, in denen jeder infizierte Mensch problemlos behandelt werden kann, leicht zu erzielen. Die immer wieder von Medien kolportierten Sensationsmeldungen über eine „Rückkehr der Malaria“ durch globale Klimaerwärmung sind schlichtweg Unsinn.

Die dritte Gruppe wichtiger Vektoren in Europa – und seit einigen Jahren auch in Mitteleuropa – sind die Sandmücken. Klimaerwärmung wird mit Sicherheit eine Ausweitung der Verbreitungsareale der Phlebotominae zur Folge haben, und damit wird auch die Leishmaniose häufiger werden, obwohl das gegenwärtige Auftreten von Leishmaniose in Mitteleuropa nicht auf Klimawandel (sondern auf den Import von infizierten Hunden; siehe Kap. 7) zurückzuführen ist, ist die Leishmaniose jene Infektionskrankheit, für deren Auftreten in Mitteleuropa der Klimawandel von besonders großer Bedeutung sein wird.

Wenn man Überlegungen über ein Auftreten von neuen Infektionskrankheiten in Mitteleuropa im Gefolge des Klimawandels anstellt, ist zunächst vordergründig zu prüfen, welche Erreger im Süden des Kontinents vorkommen und sich nach Norden ausbreiten können. Phlebotominae übertragen im Mittelmeerraum mehrere Phlebovirus-Spezies, bei denen der Mensch als Reservoirwirt wahrscheinlich durchwegs eine entscheidende Rolle einnimmt (HUBÁLEK & HALOUZKA 1996). Mit der Ausbreitung dieser Viren in Gefolge einer weiteren Klimaerwärmung ist durchaus zu rechnen; das kann, wenn virämische Menschen in Mitteleuropa von Phlebotomen, die zur Übertragung befähigt sind, gestochen werden, sehr schnell zu einer Etablierung von Viruszyklen führen.

Zusammenfassend darf man feststellen: Klimawandel und Globalisierung werden in den kommenden Jahrzehnten mit Sicherheit zu einer Veränderung des Spektrums und der Verbreitungsmuster der durch Arthropoden übertragenen humanpathogenen Erreger – nicht nur in Mitteleuropa! – bei-

tragen. Wirklich nachhaltige Probleme größeren Ausmaßes sind kaum durch bakterielle oder parasitäre Erreger zu erwarten, weil gegen alle diese Mikroorganismen hochwirksame Medikamente zur Verfügung stehen. Allerdings ist die früh einsetzende Therapie von großer Bedeutung, Voraussetzung dafür ist eine frühzeitige Diagnose. Vor allem bei lebensgefährlichen Erkrankungen – z. B. Babesiosen und Leishmaniosen – ist dies entscheidend. Nicht gut abschätzbar sind hingegen die Szenarien, die sich durch Auftauchen oder Vordringen von Arboviren ergeben können. Impfstoffe gibt es derzeit im Wesentlichen gegen drei Arboviren: TBE/FSME, Gelbfieber und Japan B Enzephalitis. Medikamente stehen uns kaum zur Verfügung (die Wirksamkeit von Ribavirin gegen CCHF-Virus bedarf noch weiterer Prüfungen). Ebenso wichtig ist daher Überwachung der möglichen Vektoren, um gezielt in die Zyklen eingreifen zu können. Das sind wichtige Aufgaben der Medizinischen Arachnoentomologie!

LITERATUR

- ASPÖCK H. 1974. Medizinisch-entomologische Probleme in Mitteleuropa und die Bedeutung taxonomischer und faunistischer Forschung. *Folia Entomol. Hungar.*; **27**(Suppl.): 85 - 102.
- ASPÖCK H. 1976. Arthropoden als Überträger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa. *Anzeiger Schädlingssk., Pflanzen- Umweltsch.*; **49**: 164 - 166 und *Zschr. angew. Entomol.*; **82**: 63.
- ASPÖCK H. 1977. Taxonomie und Faunistik der Stechmücken – von der Medizinischen Entomologie kritisch beleuchtet. (Mit allgemeinen Überlegungen über die Relevanz von Taxonomie und Faunistik). *Verhandl. VI. Int. Sympos. Entomofaunistik in Mitteleuropa, 1975*, Junk, The Hague: 251-258.
- ASPÖCK H. 1979. Biogeographie der Arboviren Europas. – Beiträge zur Geoökologie des Menschen, *Votr. 3. Geomed. Sympos., Schloß Reisingburg, 1977. Geograph. Zschr. Beiheft*; **51**: 11 - 28.
- ASPÖCK H. 1992. Insekten, Zecken und Krankheiten des Menschen. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.*; **8**: 37-49.
- ASPÖCK H. 1996. Stechmücken als Virusüberträger in Mitteleuropa. *Nova Acta Leopoldina NF 71*, 292: 37-55.
- ASPÖCK H. 2002. Zecken, Insekten und andere Gliederfüßer als Erreger und Überträger von Krankhei-

- ten, pp: 397-445. In: ASPÖCK H. (ed.): Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa. Denisia 6.
- ASPÖCK H. 2005. Insekten und Zecken als Überträger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa. Linzer biol. Beitr. (Verhandl. XVIII. Int. Sympos. Entomofaunistik Mitteleuropas); **37**(1): 21-28.
- ASPÖCK H. 2008a. Durch Arthropoden übertragene Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa – ein Update. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.; **16**: 371–392.
- ASPÖCK H. 2008b. Postglacial formation and fluctuations of the biodiversity of Central Europe in the light of climate change. Parasitol. Res. (in Druck).
- ASPÖCK H., DOBLER G. 2008. Arboviruses; ASF Viruses; Bunyaviridae; Flaviviridae; *Flavivirus*; Orthomyxoviridae; Reoviridae; Rhabdoviridae; Togaviridae. In: MEHLHORN H. (ed.): Encyclopedia of Parasitology. Third Edition, Volume I. A-M. Springer-Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- ASPÖCK H., GERERSDORFER T., FORMAYER H., WALOCHNIK J. 2008: Sandflies and Sandfly-Borne Infections of Humans in Central Europe in the Light of Climate Change. Wien. Klin. Wochenschr.; **120**(Suppl.) (in Druck).
- ASPÖCK H., WALOCHNIK J., GERERSDORFER T., FORMAYER H. 2007. Risiko-Profil für das autochthone Auftreten von Leishmaniosen in Österreich. StartClim2006. URL: <http://www.austroclim.at/startclim>: 49 pp.
- BÖHM R. (ed.). 2008. Heiße Luft. Reizwort Klimawandel. Fakten – Ängste – Geschäfte. EDITION VA BENE, Wien-Klosterneuburg: 263 pp.
- BROUQUI P., PAROLA P., FOURNIER P. E., RAOULT D. 2007. Spotted fever rickettsioses in southern and eastern Europe. Immunol. Med. Microbiol.; **49**(1): 2-12.
- DANIEL M., DANIELOVÁ V., KRÍŽ B., BENEŠ C. 2006. Tick-borne Encephalitis, pp: 189-205. In: MENNE B., EBI K. L. (eds.). Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. Steinkopf Verl., Darmstadt.
- 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. Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. **22**(5): 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. Int. J. Med. Microbiol. **296**(Suppl. 40): 48-53.
- DAUTEL H., DIPPEL C., OEHME R., HARTELT K., SCHETTLER E. 2006. Evidence of an increased geographical distribution of *Dermacentor reticulatus* in Germany and detection of *Rickettsia* sp. RpA4. Int. J. Med. Microbiol. **296**(Suppl. 40): 149-156.
- DOBLER G., JENDRITZKY G. 2001. Diseases and Climate, pp: 331-339. In: LOZÁN L., GRASSL H., HUBER P. (eds.). Climate of the 21st Century: Changes and Risks. Scientific Facts. Wissenschaftl. Auswert., Hamburg:
- DOHM D. J., O'GUINN M. L., TURELL M. J. 2002. Effect of environmental temperature on the ability of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. J. Med. Entomol. **39**(1): 221-225.
- EBERT B., FLEISCHER B. 2005. Globale Erwärmung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten. Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz.; **48**(1): 55-62.
- HUBÁLEK Z., HALOUZKA J. 1996. Arthropod-borne viruses of vertebrates in Europe. Acta Sci. Nat. Acad. Sci. Bohem., Brno.; **30**: 1-95.
- HUBÁLEK Z., LUKÁČOVÁ L., HALOUZKA J., ŠIRŮČEK P., JANUŠKA J., PŘECEHTĚLOVÁ J., PROCHÁZKA P. 2006. Import of West Nile virus infection in the Czech Republic. Eur. J. Epidemiol.; **21**(4): 323-324.
- IPCC 2007. Summary of Policymakers. In: SOLOMON S., QIN D., MANNING M., CHEN Z., MARQUIS M., AVERYT K. B., TIGNOR M., MILLER H. L. (eds.). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York: 18 pp.
- KAMPEN, H. (2008): Der Ausbruch der Blauzungenerkrankung 2006 in Mitteleuropa – Fakten und Fragen. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.; **16**: 393-397.
- KINZELBACH R. 2007. Der Treibhauseffekt und die Folgen für die Tierwelt. Klimawandel - ein Feigenblatt? BIUZ, **37**: 250-259.
- KISZEWSKI A., MELLINGER A., SPIELMAN A., MALANEY P., SACHS S. E., SACHS J. 2004. A global index representing the stability of malaria transmission. Am. J. Trop. Med. Hyg.; **70**(5): 486-498.
- KROMP-KOLB H., FORMAYER H. (eds.) 2005. Schwarzbuch Klimawandel. Wieviel Zeit bleibt uns noch? ecowin, Salzburg: 222 pp.
- LINDGREN E., JAENSON T. G. T. 2006. Lyme Borreliosis in Europe: Influences of Climate Change, Epidemiology, Ecology and Adaptation Measure, pp: 157-188. In: MENNE B., EBI K. L. (eds.). Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. Steinkopf Verl., Darmstadt.

- LINDGREN E., NAUCKE T. 2006. Leishmaniasis: Influences of Climate and Climate Change Epidemiology, Ecology and Adaptation Measures, pp: 131-156. In: MENNE B., EBI K. L. (eds.). Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. Steinkopf Verl., Darmstadt.
- NAUCKE T. J. 2002. Leishmaniose, eine Tropenkrankheit und deren Vektoren (Diptera, Psychodidae, Phlebotominae) in Mitteleuropa, pp:163-178. In: ASPÖCK H. (ed.) Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und Parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa. Katalog des OÖ Landesmuseums. Denisia 6.
- NAUCKE T. J., PESSON B. 2000. Presence of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908 (Diptera: Psychodidae) in Germany. Parasitol. Res.; **86**(4): 335-336.
- NAUCKE T. J., SCHMITT C. 2004. Is leishmaniasis becoming endemic in Germany? Int. J. Med. Microbiol.; **293**(Suppl. 37): 179-181
- PFEFFER M., ZÖLLER G., ESSBAUER S., TOMASO H., BEHRENS-RIHA N., LÖSCHER T., DOBLER G. 2008. Clinical virological characterization of imported cases of chikungunya fever. Wien. Klin. Wochenschr.; **120**(Suppl.) (in Druck).
- RAPPOLE J. H., HUBÁLEK Z. 2003. Migratory birds and West Nile virus. J. Appl. Microbiol.; **94**: 47S-58S.
- RICHTER J., FOURNIER P. E., PETRIDOU J., HAUSSINGER D., RAOULT D. 2002. *Rickettsia felis* infection acquired in Europe and documented by polymerase chain reaction. Emerg. Infect. Dis.; **8**(2): 207-208.
- ROGERS D. J., RANDOLPH S. E. 2006. Climate Change and Vector-Borne Diseases. Adv. Parasitol. **62**: 345-381.
- STANEK G. 2004. Lyme-Rorreliose, pp: 483-492. In: ASPÖCK U. (ed.) Entomologie und Parasitologie. Festschrift zum 65. Geburtstag von Horst Aspöck. Denisia 13.
- STANEK G. 2008. Zur Epidemiologie der Lyme-Borreliose in Österreich & Borreliose-Update 2008. Antibiotika Monitor.; **24**(2/3): 14-32.
- STEERE A. C. 2006. Lyme borreliosis in 2005, 30 years after intial observation in Lyme Connecticut. Wien. Klin. Wochenschr.; **118**(21-22): 625-633.
- STING R., BREITLING N., OEHME R., KIMMIG P. 2004. The occurence of *Coxiella burnetii* in sheep and ticks of the genus Dermacentor in Baden-Wuerttemberg. Dtsch. Tierarztl. Wochenschr.; **111**(10): 390-394.
- SUDHAUS W., KONTKE K., FÜRST VON LIEVEN A., MANEGOLD A., SEITZ V. 1997. Speziation in Mitteleuropa im Gefolge der Eiszeiten. Sitzungsber. Ges. Naturforsch. Freunde. Berlin (N.F.); **36**:1-175.
- TAKAHASHI M. 1976. The effects of environmental and physiological conditions of *Culex tritaeniorhynchus* on the pattern of transmission of Japanese Encephalitis Virus. J. Med. Entomol.; **13**(3):275-284.
- WATTS D.M., BURKE D.S., HARRISON B.A. WHITMIRE R. E., NISALAK A.1987. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for Dengue 2 virus. Am. J. Trop. Med. Hyg.; **36**(1):143-152.
- WEISSENBOCK H., CHVALA-MANNBERGER S., BAKONYI T., NOWOTNY N. 2007. Emergence of Usutu virus in Central Europe: diagnosis, surveillance and epizootiology, pp: 153-168. In: TAKKEN W., KNOLS B. G. J. (eds.). Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Wageningen Acad. Publishers, Wageningen.
- WEISSENBOCK H., KOLODZIEJEK 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. Emerg. Infect. Dis.; **8**(7): 652-656.

Anschrift des Autors:

Univ.Prof. Dr. Horst ASPÖCK
Abteilung für Medizinische Parasitologie,
Klinisches Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie,
Medizinische Universität Wien (MUW),
Kinderspitalgasse 15, 1095 Wien
Tel: +43-1-40490-79430, -79431
Fax: +43-1-40490-79499
E-Mail: horst.aspoeck@meduniwien.ac.at

Received: 4.09.2008

Accepted: 8.09.2008

Printed: 28.10.2008