

Durch blutsaugende Insekten und Zecken übertragene Krankheitserreger des Menschen in Mitteleuropa aus der Sicht von Klimawandel und Globalisierung

Vortrag von Horst Aspöck am XXIII. Internationalen Symposium für die
Entomofaunistik Mitteleuropas (SIEEC) in Bozen, 11. September 2013



Horst Aspöck & Julia Walochnik

Abstract

Blood sucking insects and ticks as vectors of pathogens of humans in Central Europe in the light of climate change and globalisation

In recent decades new pathogens and new vectors have emerged in Europe and also in Central Europe. In many cases this was linked to global warming, but now we know that this assumption has been wrong. Some of the surprisingly emerged pathogens (e.g. *Borrelia burgdorferi*) as well as vectors (e.g. sandflies) have always been in Central Europe, probably for several thousand years, but have remained undiscovered for long. The emergence of other pathogens (e.g. Dengue virus, Chikungunya virus in southern parts of Europe; *Leishmania* in Central Europe) and vectors (e.g. *Aedes albopictus* and other exotic mosquitoes in several parts of Europe and also Central Europe) has to be traced back to importations by human activities – as a consequence of globalisation with its permanent movements of millions of humans (tourists, business people, students, persons looking for better employment, refugees, ...) and with enormous transport of goods and domestic animals. So far we do not know any confirmed case of the emergence of a new pathogen or a new vector in Europe and particularly in Central Europe due to global warming. Nevertheless climate change is of utmost importance for the distribution and for the spread of vectors and thus also of pathogens transmitted by them in Europe and Central Europe. Even today alterations of vertical and horizontal distribution of vectors and vector-borne infections that are likely an effect of climate change can be observed (e.g. *Ixodes ricinus* and TBE infections in higher altitudes on one hand and a probable drift to the north in Scandinavia).

We are, however, only at the beginning of a global warming by at least 2°C (possibly 3°C) in this century. Consequently, imported vectors and pathogens will spread more rapidly and more widely. Particular alertness is indicated for the arthropod-borne viruses as (in most cases) neither a vaccine nor a specific treatment are available. Also leishmaniae and leishmanioses must be monitored in Central Europe although (and also because) an effective therapy is available. Malaria, on the other hand, will not become an issue in Central Europe, even if the most pessimistic climate change scenarios should prove true.

Keywords: Climate change, globalisation, Central Europe, arthropods, vectors, ticks, mosquitoes, sandflies, neobiota, invasive species, emerging diseases, arboviruses, *Leishmania*, malaria

Inhaltsverzeichnis:

- 1 Einleitung
- 2 Ursachen für das Auftauchen neuer Erreger und neuer Überträger
- 3 Globalisierung als wichtigste Ursache für Neobiota und Emerging Infections
- 4 Klimawandel: Fakten und Szenarien
- 5 Bedeutung des Klimas für Erreger und Überträger von Infektionen
- 6 Alte und neue Vektoren in Mitteleuropa
- 7 Alte und neue Erreger in Mitteleuropa
- 8 Arboviren
- 9 Leishmanien und Leishmaniosen
- 10 Malaria
Zusammenfassung

1 Einleitung

Im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte sind in Mitteleuropa zahlreiche vorher aus diesem geographischen Bereich nicht bekannte Organismen aufgetaucht. Sie werden (nicht immer zu Recht und manchmal auch voreilig) unter dem Begriff Neobiota zusammengefasst, und sie sind Gegenstand einer zunehmend wachsenden Literatur: ESSL & RABITSCH (2002, 2013), RÁKOSY & MOMEU (2009), KOWARIK (2010), RABITSCH & ESSL (2010). Zudem findet die Thematik auch in vielen Publikationen Berücksichtigung, die dem Klimawandel insgesamt gewidmet sind: EBERT & FLEISCHER (2005), MENNE & EBI (2006), HARTELT et al. (2008), ESSL & RABITSCH (2013), LOZÁN et al. (2014), DOBLER & PFEFFER (2014), APCC (2014).

Neben vielen Tieren und Pflanzen sind in der jüngsten Vergangenheit in Mitteleuropa auch nicht wenige vorher nicht nachgewiesene medizinisch relevante Mikroorganismen gefunden worden, zudem – unter den Tieren – blutsaugende Arthropoden, die als Überträger (Vektoren) pathogener Organismen fungieren können (TAKKEN & KNOLS 2007, ASPÖCK & WALOCHNIK 2010, 2013).

Dadurch hat die Thematik der Neobiota eine gewichtige medizinische Facette bekommen. Für in einem bestimmten Gebiet neu auftauchende Infektionen bzw. Infektionskrankheiten haben sich die englischen Begriffe „Emerging infections“ bzw. „Emerging (infectious) diseases“ eingebürgert, die auch in anderen Sprachen – so auch im Deutschen – verwendet werden. Dazu kommen noch die Begriffe „Re-emerging infections“ bzw. „Re-emerging diseases“, womit Infektionen bzw. Krankheiten gekennzeichnet werden, die in einem Gebiet bereits zu irgendeinem früheren Zeitpunkt auftraten, dann für kürzere oder längere Perioden verschwunden blieben und schließlich wieder in Erscheinung getreten sind. Man kann das Partizip „emerging“ natürlich auch mit Vektoren in Verbindungen bringen und dann von „emerging vectors“ sprechen.

Neobiota sind in strengem Sinn – jetzt und auch früher – nicht-autochthone, also *cum grano salis*: nach 1492 eingeschleppte Organismen, die sich in dem neuen Gebiet etabliert haben. Manche solcher Organismen fügen sich unscheinbar in bestehende Ökosysteme ein, haben quasi einen Platz gefunden, in dem sie andere, einheimische Organismen nicht verdrängen. Andere Neobiota treten hingegen in (oft heftige) Konkurrenz mit autochthonen Organismen und stören das bestehende Gleichgewicht der Biodiversität. Diese Neobiota bezeichnet man als invasive Spezies (NENTWIG 2010)¹. Emerging infections (microorganisms, vectors, diseases) sind hingegen ein *Mixtum compositum*, mit dem ein Phänomen umrissen wird, das Erreger, Überträger und Krankheitsbilder betrifft, die aus sehr unterschiedlichen Gründen vorher nicht nachgewiesen und als solche nicht erkannt worden sind.

2 Ursachen für das Auftauchen neuer Erreger und neuer Überträger

Es gab (und gibt noch immer) geradezu überall in der Welt Krankheiten oder zumindest manche Symptom-Komplexe, die der einheimischen Bevölkerung und insbesondere auch der Ärzteschaft bekannt waren (sind), ohne dass man etwas über den Erreger und den/ die Überträger wusste. (Nahezu) alle heute in Mitteleuropa nachgewiesenen durch Arthropoden übertragenen Erreger waren vor der Mitte des 20. Jahrhunderts unbekannt, weil unentdeckt. Spektakuläre Beispiele sind die wichtigsten durch Zecken (vor allem *Ixodes ricinus*) übertragenen Erreger: das Virus der Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) einerseits und die Borreliose-Erreger des *Borrelia burgdorferi*-Komplexes andererseits. Beide Krankheiten waren bekannt, aber die Ursache blieb rätselhaft, und die ätiologischen Zusammenhänge wurden erst viel später aufgedeckt. Das FSME-Virus wurde in Mitteleuropa erstmals 1949 isoliert (ASPÖCK 2012), *Borrelia burgdorferi* wurde erst 1984 beschrieben und als Erreger bekannter Krankheitsbilder (wie z.B. des Erythema chronicum migrans) identifiziert (STANEK 2002, 2010). Man kann davon ausgehen, dass sowohl das FSME-Virus als auch *Borrelia burgdorferi* s.l. seit Jahrhunderten, eher wahrscheinlich seit Jahrtausenden in Mitteleuropa vorkommen, aber erst vor wenigen Jahrzehnten als Erreger nachgewiesen werden konnten. Diese Situation finden wir *mutatis mutandis* auch bei anderen Erregern und sogar Überträgern, wobei in manchen Fällen auch die Krankheit selbst – wenn der Erreger nicht vorkam – erst spät aufgefallen ist (Beispiel: Phlebotomen als Überträger von Leishmanien).

Eine zweite gewichtige Ursache für das Auftauchen neuer Erreger und neuer Überträger ist die anthropogene Einschleppung. Bei diesen Organismen handelt es sich

¹Der Terminus „invasive Arten“ für durch den Menschen eingeschleppte Organismen ist nicht gerade glücklich. Das lateinische Verbum „*invado* 3 (Infinitiv: *invadere*)“ heißt „eindringen“ und hat viele andere durchwegs (gewaltsame) Aktivität ausdrückende Bedeutungen. Das von *invadere* abgeleitete Substantiv *invasio*, -onis f. bedeutet gewaltsames Eindringen (Invasion), auch Vergewaltigung. In dem z.B. von NENTWIG (2010) gebrauchten Sinn ist immerhin die gewaltsame Aktivität – wenn auch nach der Einschleppung (einem passiven Vorgang!) – durch den Einfluss auf andere Organismen (Konkurrenz mit bodenständigen Arten) enthalten. In der Definition von KOWARIK (2010) ist dieses Kriterium nicht enthalten. Eine Verbesserung der Semantik und eine Vereinheitlichung der Terminologie erscheinen wünschenswert.

um klassische Neobiota. Das war bereits in früheren Jahrhunderten immer wieder der Fall: Gelbfieber und Dengue und auch deren wichtigster Vektor, *Aedes aegypti*, wurden durch den weltweiten Schiffsverkehr wiederholt aus tropischen Gebieten nach Europa eingeschleppt, und in vielen Fällen führte dies zu vorübergehenden Etablierungen der Infektion (HUBÁLEK & HALOUZKA 1996, DOBLER & ASPÖCK 2010a). Für Einschleppungen von Erregern ebenso wie von Überträgern durch menschliche Aktivitäten nach Europa und auch nach Mitteleuropa in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten gibt es viele Beispiele: Chikungunya-Virus (ein durch Stechmücken übertragenes Alphavirus der Familie Togaviridae), Phleboviren (durch Stechmücken übertragene Bunyaviridae), Blue-Tongue of Sheep (BTS)-Virus (Erreger einer schweren Erkrankung vor allem der Wiederkäuer, übertragen durch Ceratopogonidae (Gnitzen) des Genus *Culicoides*); *Leishmania donovani* / *infantum*-Komplex (Erreger der viszeralen Leishmaniose = Kala-Azar, durch Phlebotominae übertragen); mehrere Stechmücken-Arten.

Schließlich eine dritte Ursache für das Auftauchen neuer Erreger ist die natürliche Verschleppung von pathogenen Mikroorganismen und von potenziellen Vektoren durch Tiere ohne Einflussnahme des Menschen. Klassische Beispiele sind Einschleppungen von Viren durch Zugvögel: West-Nile-Virus und Usutu-Virus (zwei Arboviren der Familie Flaviviridae), Sindbis-Virus (ein Alphavirus der Familie Togaviridae), drei in Mitteleuropa derzeit etablierte, primär aber sicher nicht autochthone Arboviren (PFEFFER & DOBLER 2014, WEISSENBOCK et al. 2002). Zugvögel können aber auch Zecken verschleppen, und wenn diese infiziert sind, können dadurch neue Erreger in ein Gebiet gelangen. Für Mitteleuropa gibt es dafür allerdings keinen gesicherten Nachweis.

Eine vierte Ursache für das Auftauchen neuer Erreger und neuer Vektoren in einem bestimmten geographischen Gebiet ist die natürliche (allmähliche) Einwanderung aufgrund veränderter ökologischer Bedingungen. Solche Veränderungen sind in der Regel mehr oder weniger mittelbar durch Veränderungen des Klimas bedingt. Generell betrachtet, ist dies die Grundlage für das Entstehen der Biodiversität bestimmter Gebiete schlechthin.

Die gegenwärtige Zusammensetzung der Flora und Fauna Mitteleuropas ist die Folge gravierender Klimaveränderungen im Verlaufe der letzten rund 12.000 Jahre nach dem Ende der letzten Eiszeit und der Erwärmung des Klimas. Dies ermöglichte ein massives Einwandern von Organismen aus mediterranen Refugialgebieten einerseits und aus asiatischen Refugialzentren andererseits nach Mitteleuropa. Nur ein ganz kleiner Teil der heute in Mitteleuropa vorkommenden Organismen überdauerte die Eiszeit in Mitteleuropa. Die Veränderungen der Biodiversität in Mitteleuropa im Verlauf des Holozäns, also die postglaziale (Wieder-)Besiedlung, sind ein eindrucksvolles Beispiel für die ökologischen und chorologischen Folgen des Klimawandels. Auch die heute in Mitteleuropa autochthonen durch Arthropoden übertragenen Erreger ebenso wie die Vektoren sind irgendwann früh im Holozän eingewandert.

Bis heute kennen wir keinen belegten Fall des Auftauchens eines neuen Erregers oder Überträgers in Mitteleuropa in der jüngsten Zeit (d.h. in den vergangenen Jahrzehnten) durch Einwanderung infolge des Klimawandels (ASPÖCK 2008b, 2010a). Aber der Klimawandel wird zunehmend die Etablierung und weitere Verbreitung eingeschleppter Organismen ermöglichen und damit von großer Bedeutung für die Biodiversität in Mitteleuropa sein (RABITSCH & ESSL 2010, APCC 2014).

3 Globalisierung als wichtigste Ursache für das Auftreten von Neobiota und für Emerging Infections

Stets haben Menschen – direkt oder indirekt durch Migration und durch Transport von Tieren und Gütern – Krankheitserreger und Krankheitsüberträger verschleppt, aber das Ausmaß nimmt sich höchst bescheiden aus im Vergleich zu den weltweiten Bewegungen von Menschen, Tieren und Gütern heutzutage: siehe Kasten.

Globalisierung und Verbreitung von Krankheiten durch Einschleppung und Verschleppung von Vektoren und/oder Erregern:

- Migrationen von Menschen:
 - durch Beruf (Wirtschaft, Politik, Wissenschaft, Studium, Ausbildung, ...)
 - zum Vergnügen (Tourismus)
 - zur Suche nach neuen Arbeitsmöglichkeiten
 - unter Zwang (Flüchtlinge)
- Transport von Gütern auf dem Landweg, mit Schiffen oder Flugzeugen
- Transport von Nutztieren
- Transport von Haustieren

Jeden Tag gelangen tausende Menschen – wie viele es wirklich sind, wissen wir nicht einmal – mit Infektionen von einem Land in ein anderes, von einem Kontinent in einen anderen und können so eine Quelle von Infektionen für andere Menschen sein. Folgeschwere Beispiele der jüngsten Vergangenheit für Erreger, die von Mensch zu Mensch übertragen werden, sind AIDS, Influenza, SARS, ...

Aber auch humanpathogene Erreger, die durch Arthropoden übertragen werden, werden durch Menschen, die sich gerade im Zustand einer Virämie, Bakteriämie oder Parasitämie befinden – wenn also der Erreger im Blut kreist und von blutsaugenden Arthropoden aufgenommen werden kann – über Kontinente (zumindest über größere Entfernungen innerhalb der Kontinente) hinweg verschleppt. Aktuelle Beispiele sind Chikungunya-Virus und Dengue-Viren. Dass es nicht zu noch viel mehr Etablierungen von eingeschleppten Erregern kommt, ist meist darauf zurückzuführen, dass ein geeigneter Vektor zur richtigen Zeit (eine Virämie dauert z.B. nur wenige Tage) verfügbar ist.

4 Klimawandel: Fakten und Szenarien

Der Stellenwert vom Klimawandel für die Zusammensetzung der Organismenwelt Mitteleuropas ist eindrucksvoll und überzeugend durch die Veränderungen seit dem Ende der letzten Eiszeit zu belegen. In dieser bisher letzten Eiszeit, der Würm-Eiszeit, die von ca. 115.000 bis ca. 12.000 vor heute dauerte, lagen Skandinavien und große Teile Kanadas unter Gletschern von bis zu 3 km Höhe. In den Alpen erreichten die Gletscher eine Mächtigkeit von bis zu 2000 m. Durch die Bindung so enormer Mengen von Wasser in den Gletschern sank der Meeresspiegel um bis zu 120 m, was zum Verlanden riesiger Gebiete und zum Entstehen zahlreicher und zum Teil gewaltiger Landverbindungen führte. Ein besonders folgenreiches Beispiel ist die Entstehung von Beringia – also der etwa 1000 km breiten Landverbindung zwischen NW-Amerika und NO-Asien, was von entscheidender Bedeutung für die Besiedlung Amerikas durch den Menschen wurde.

Die globale mittlere Erwärmung seit dem letzten glazialen Maximum (LGM), d.i. vor ca. 25.000 Jahren vor heute, beträgt (nur!) 4-7°C. Und trotzdem hat diese relativ geringe Erwärmung genügt, um diese enormen Veränderungen zu bedingen (Abb. 1). Im Verlaufe des Holozäns zeigte die Temperatur durchaus erhebliche Schwankungen. So gab es vor etwa 6.500 Jahren eine Periode markanter Temperatur-Erhöhung (als holozänes Optimum bezeichnet). Es kann als gesichert gelten, dass in dieser Zeit eine Intensivierung der Einwanderung von Organismen aus dem Mittelmeerraum erfolgt ist. Nach einem neuerlichen Absinken der Temperatur trat vor etwa 4.500 Jahren wieder eine, wenngleich weniger starke, Klimaerwärmung ein. Im weiteren Verlauf des Holozäns gab es immer wieder (relativ geringfügige) Schwankungen, die allerdings sehr wahrscheinlich im Wesentlichen keine Auswirkungen auf die Biodiversität Mitteleuropas bedingt haben. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wird global eine Klimaerwärmung registriert, die zum Teil (wahrscheinlich zu erheblichem und größerem Teil) anthropogen, vorwiegend durch die Emission von Treibhausgasen, bedingt ist. Seit 1890 ist die globale Temperatur im Mittel um ca. 0,9°C gestiegen, in Österreich um ca. 2°C. Der tatsächliche Temperaturanstieg seit 1990 beträgt global 0,2°C, in Österreich 0,5°C.

Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ist in den letzten 100 Jahren von 300 ppm auf nahe 400 ppm gestiegen. In den letzten 400.000 Jahren bis zum Beginn der Industriellen Revolution betrug die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (in Korrelation mit Glazial oder Interglazial) 180 bis 280 ppm; bei einem Anhalten der CO₂-Emissionen könnte sie bis zum Ende dieses Jahrhunderts auf über 650 ppm steigen (KROMP-KOLB & FORMAYER 2005). Man muss davon ausgehen, dass ohne umfassende, wirksame Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen die Temperatur bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im Vergleich zum Beginn des 20. Jahrhunderts global im Mittel um 4° bis 5°C ansteigen wird. Ein Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts um 2°C ist selbst bei einem unverzüglichen Einsetzen von Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen unvermeidbar (APCC 2014).

Ein der Realität vermutlich sehr nahe kommendes Szenario ist ein Temperaturanstieg um 2,5°C von heute an bis 2100. Siehe hierzu SCHMIDT et al. (2009) und BÖHM (2010).

Nur erwähnt und in Erinnerung gebracht sei an dieser Stelle, dass Klimawandel ein gewichtiger Faktor für die Evolution insgesamt war und stets sein wird (WALOCHNIK et al. 2010).



Abb. 1: Die Stadt Salzburg und ihr Umland heute (unten) und vor ca. 15.000 Jahren (oben), also in der zu Ende gehenden letzten Eiszeit, ca. 10.000 Jahre nach dem letzten glazialen Maximum (LGM) vor 25.000 Jahren. Die mittlere globale Temperatur ist seither nur um 4-7°C gestiegen. – Ölgemälde von Adrian Leitl, Haus der Natur in Salzburg. Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Norbert Winding.

5 Bedeutung des Klimas für Erreger und Überträger von Infektionen

Klima und Klimawandel werden durch viele Faktoren geprägt, von denen allerdings für die hier behandelte Thematik die Temperatur die weitaus größte Bedeutung hat. Dies ist leicht erklärbar: Arthropoden sind ektotherme Organismen, das heißt, dass sie über keine Mechanismen der Regelung und Erhaltung der Konstanz der Körpertemperatur verfügen. Ihre Körpertemperatur entspricht der Umgebungstemperatur. Und die meisten Funktionen sind bei Temperaturerhöhung gesteigert: Entwicklung, Vermehrung, Nahrungsaufnahme, Aktivität, Ausbreitung, ... Ebenso verfügen natürlich die Erreger über keinerlei Strategie zur Regelung der Temperatur, aber die Geschwindigkeit ihrer Vermehrung ist von der Temperatur abhängig. Eine besonders wichtige Rolle für die Etablierung von Erregern, die durch Arthropoden übertragen werden, spielt die äußere Inkubationszeit. Darunter versteht man die Zeit vor der Infektion des Vektors bis zu dessen Fähigkeit, ein Wirbeltier zu infizieren. Die äußere Inkubationszeit ist in höchstem Maße von der Umgebungstemperatur abhängig. Je höher – innerhalb eines Rahmens – die Temperatur der Umgebung und damit die eines Vektors ist, umso schneller erfolgt die Vermehrung des Erregers im Vektor, d.h. umso früher ist der Vektor, der sich durch eine Blutmahlzeit infiziert hat, befähigt, den Erreger beim nächsten Blutsaugakt zu übertragen.

Ein Beispiel: Die äußere Inkubationszeit des West-Nile-Virus in der Stechmücke *Culex tarsalis* beträgt bei 17°C 30 Tage, bei 30°C hingegen nur 5 Tage.

Mutatis mutandis finden sich solche Unterschiede bei allen Erregern und allen Vektoren. Daraus ergibt sich, dass bei einer Erwärmung des Klimas eine zunehmend schnellere Zirkulation von Erregern möglich wird (BECKER et al. 2003).

Ein Anstieg der mittleren Jahrestemperatur in Mitteleuropa bedeutet einerseits das Entstehen günstiger Voraussetzungen für die (weitere) Ausbreitung mediterraner Faunenelemente – und eben auch von Arthropoden-Vektoren aus dem Mittelmeerraum, andererseits aber auch eine Optimierung der Möglichkeiten der Etablierung von eingeschleppten tropischen Vektoren.

6 Alte und neue Vektoren in Mitteleuropa

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Blut (oder im Falle einiger Milben, nach Einspritzen von histolytischem Speichel, Gewebsflüssigkeit) saugenden Arthropoden in Mitteleuropa. Strategien und funktionsanatomische Mechanismen des Blutsaugens und der Übertragung von Krankheitserregern sind außerordentlich vielfältig (ASPÖCK 2002, LEHANE 2005, KRENN & ASPÖCK 2010, 2012).

Fast alle diese Arthropoden sind in Mitteleuropa autochthon, das heißt, dass sie Mitteleuropa postglazial im Verlauf des Holozäns, zum Großteil im Verlauf der letzten 10.000 Jahre, aus mediterranen oder extramediterranen Refugialräumen besiedelt haben (ASPÖCK 2008b,c). Manche der extramediterranen Refugien lagen in klimatisch begünstigten Gebieten im südlichen Mitteleuropa, also z.B. auch in Südtirol. Vermutlich haben z.B. manche Ixodiden (so auch *Ixodes ricinus*) und auch wohl nicht wenige Dipteren, besonders Culiciden, Tabaniden, Ceratopogoniden und Simuliiden, die letzte Eiszeit mit einem Teil ihrer Populationen in solchen klimatisch begünstigten Refugialräumen in Mitteleuropa überdauert. Im Einzelnen ist es (noch) schwierig, die Herkunft mitteleuropäischer Populationen blutsaugender Arthropoden-Spezies festzustellen (sie ist in vielen Fällen sicher auch nicht einheitlich), doch darf man annehmen, dass in Zukunft phylogeographische Untersuchungen auf molekularbiologischer Basis weitgehend Klärung verschaffen können. Die anthropoxenostenen, stationären und permanenten Parasiten – Kopflaus, Kleiderlaus, Filzlaus – waren als ständige Begleiter des Menschen überall, wo Menschen lebten, aber auch Parasiten mit einem breiten Wirtsspektrum, aber ausgeprägt synanthropen Eigenschaften (Wanzen, Flöhe), mögen überall dort, wo Menschen siedelten, aufgetreten sein.

Nur wenige blutsaugende Arthropoden-Spezies repräsentieren Neobiota in Mitteleuropa. *Rhipicephalus sanguineus*, die Hundezecke, ein mediterranes Faunenelement, wurde schon in früheren Jahrzehnten immer wieder mit Hunden aus dem Mittelmeerraum nach Mitteleuropa eingeschleppt, wo auch vereinzelt vorübergehend Etablierungen in Gebäuden mit Hundehütten festgestellt wurden. Solche Ereignisse haben in jüngster Zeit vermutlich zugenommen, aber eine permanente Entwicklung dieser Zecke im Freien ist bisher in Mitteleuropa (noch) nicht nachgewiesen worden. Die medizinische Bedeutung muss eher als gering eingestuft werden.

Tabelle 1. Blut (oder, im Falle einiger Milben, Gewebsflüssigkeit) saugende Arthropoden in Mitteleuropa. **Neozoa fett**. Verändert und ergänzt nach ASPÖCK et al. 2002 und ASPÖCK 2008a. 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 (das Taxon) derzeit in Mitteleuropa humanmedizinisch als Vektor im Wesentlichen ohne Bedeutung ist (aber grundsätzlich als Überträger in Frage kommen könnte). Die Namen für die systematischen Kategorien (über der Gattung) wurden zur Optimierung der Übersicht hinzugefügt. Die deutschen Trivialnamen werden mit Rücksicht auf die zunehmend häufige Behandlung der Thematik in medizinischen und klimatologischen Schriften einerseits und in den Medien andererseits angeführt.

Phylum Arthropoda (Gliederfüßer)

Classis Arachnidae (Spinnentiere)

Subclassis Acari (Milben)

Superordo Parasitiformes (Anactinotrichidea)

Ordo Metastigmata (Ixodida) (Zecken)

Familia Argasidae (Lederzecken) (*)

Argas reflexus (FABRICIUS, 1794) (Taubenzecke, Lederwanze, Saumzecke) (*)

Argas versperilionis (LATREILLE, 1802) (Fledermauszecke) (*)

Argas persicus (LATREILLE, 1796) (Hühnerzecke) (*)

Familia Ixodidae (Schildzecken) ***

Ixodes ricinus (LINNAEUS, 1758) (Gemeiner Holzbock) *** (Abb. 2–4)

Dermacentor marginatus (SULZER, 1776) (Schafzecke, Frühjahrswaldzecke)** (Abb. 5)

Dermacentor pictus (HERMANN, 1804) *

Dermacentor reticulatus (FABRICIUS, 1774) (Auwaldzecke) ** (Abb. 6)

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) (Schlangenmilbe)

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)

Familia Cimicidae (Plattwanzen) (*)

Cimex lectularius LINNAEUS, 1758 (Bettwanze) (*)

Cimex columbarius JENYNS, 1839 (Taubenwanze)

Cimex pipistrelli JENYNS, 1839

Oeciacus hirundinis JENYNS, 1839 (Schwalbenwanze)

Familia Reduviidae (Raubwanzen)

Reduvius personatus (LINNAEUS, 1758) (Kotwanze)

Familia Anthochoridae (Blumenwanzen)

Lyctocoris 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 (Fiebertmücken)

Anopheles (A.) maculipennis MEIGEN, 1818 *

Anopheles (A.) messeae FALLERONI, 1926 *

Anopheles (A.) atroparvus VAN THIEL, 1927 *

Anopheles (A.) claviger (MEIGEN, 1804)

Anopheles (A.) hyrcanus (PALLAS, 1771)

Anopheles (A.) plumbeus STEPHENS, 1828 (*)

und wenige weitere, auch beim Menschen blutsaugende Spezies des Genus

Anopheles MEIGEN, 1818

Subfamilia Culicinae

Aedes (A.) cinereus MEIGEN, 1818 *

Aedes (Aedimorphus) vexans (MEIGEN, 1830) (Wiesenmücke) **

• *Aedes (Stegomyia) albopictus* (SKUSE, 1895) (Tigermücke) (***) (Abb. 7)

Ochlerotatus (O.) annulipes (MEIGEN, 1830) *

Ochlerotatus (O.) cantans (MEIGEN, 1830) *

Ochlerotatus (O.) flavescens (MÜLLER, 1764) *

Ochlerotatus (O.) communis (DE GEER, 1776) *

- Ochlerotatus (O.) leucomelas* (MEIGEN, 1804) (*)
Ochlerotatus (O.) cataphylla (DYAR, 1916) (*)
Ochlerotatus (O.) caspius (PALLAS, 1771) **
Ochlerotatus (O.) dorsalis (MEIGEN, 1830) *
Ochlerotatus (O.) sticticus (MEIGEN, 1838) (Auwaldmücke) *
 • ***Ochlerotatus (O.) atropalpus*** (COQUILLET, 1902) (*)
Ochlerotatus (Finlaya) geniculatus (OLIVIER, 1791) (*)
 • ***Ochlerotatus (Finlaya) japonicus*** (THEOBALD, 1901) (**)
 • ***Ochlerotatus (Finlaya) koreicus*** (EDWARDS, 1917) (*)
Coquillettidia richiardii (FICALBI, 1889) *
Culiseta (C.) annulata (SCHRANK, 1776) *
Culex (C.) pipiens pipiens LINNAEUS, 1758 (Hausmücke) *
Culex (C.) p. molestus FORSKAL, 1775 *
Culex (Barraudius) modestus FICALBI, 1890 *
Uranotaenia (Pseudoficalbia) unguiculata EDWARDS, 1913
 und einige andere Spezies (*). In Mitteleuropa gibt es insgesamt knapp über
 50 Culiciden-Spezies, von denen fast alle – zumindest gelegentlich – den
 Menschen stechen (BECKER et al. 2003).

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 human-
 medizinisch relevant (*).

Infraordo Psychodomorpha

Familia Psychodidae (Schmetterlingsmücken) *

Subfamilia Phlebotominae (Sandmücken) *

- Phlebotomus (P.) papatasi* (SCOPOLI, 1786) * (Abb. 8)
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 glaucopis 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) (Igelfloh) (*)

Familia Ceratophyllidae

Ceratophyllus gallinae (SCHRANK, 1804) (Hühnerfloh) (*)

Ceratophyllus columbae (GERVAIS, 1844) (Taubenfloh) (*)

Nosopsyllus fasciatus (BOSC, 1800) (Europäischer Rattenfloh) (*)

Abb.2: *Ixodes ricinus* (Gemeiner Holzbock), die häufigste Zecke Mitteleuropas und Überträger von mehr als 20 humanmedizinisch relevanten Erregern (Viren, Bakterien, Protozoen), so auch Vektor des Virus der Frühsommer-Meningoenzephalitis und von Borrelien, den Erregern der Lyme-Borreliosen. Das Bild zeigt ein hungriges Weibchen auf der Haut eines Menschen auf der Suche nach einer geeigneten Einstich-Stelle.
Foto: Dr. Heiko Bellmann. Aus ASPÖCK (2002).



Abb.3: *Ixodes ricinus* (Gemeiner Holzbock). Das Weibchen hat eine geeignete Stelle gefunden und versenkt seine Mundwerkzeuge in die Haut. Zum Mechanismus des Zeckenstichs: KRENN & ASPÖCK (2010).
Foto: Dr. Heiko Bellmann. Aus ASPÖCK (2002).



Abb.4: Vollgesogenes Weibchen von *Ixodes ricinus* (Gemeiner Holzbock). In diesem Stadium werden alle pathogenen Mikroorganismen übertragen. Nicht alle Erreger werden gleich nach dem Einstechen und dem Einspritzen von Speichel übertragen. Im Darm einer Zecke befindliche Borrelien müssen erst – nach Blutkontakt – ein bestimmtes Oberflächen-Antigen exprimieren, das das Einwandern aus dem Darm in die Speicheldrüsen ermöglicht. Das FSME-Virus und andere Arboviren sind hingegen auch bei hungrigen Zecken in den Speicheldrüsen und können sofort übertragen werden. Eine Zecke saugt in der Regel mehrere Tage Blut, dabei nimmt ihr Körpergewicht um das 200 (bis 300) Fache zu. Der Speichel enthält anästhesierende Substanzen, sodass der Wirt die saugende Zecke nicht registriert, wodurch diese sich in Ruhe der Blutaufnahme widmen kann.
Foto: Dr. Heiko Bellmann. Aus ASPÖCK (2002).



Abb.5: *Dermacentor marginatus* (Schafzecke), ♂. – Foto: Dr. Reiner Pospischil. Aus ASPÖCK (2010b). Auch diese in Mitteleuropa autochthone, aber ziemlich disjunkt verbreitete Spezies ist ein mediterranes Faunenelement und wär melieliebend; mit weiterer Ausbreitung ist zu rechnen. Sie ist der Hauptvektor von *Coxiella burnetii*, kann aber auch andere Erreger (Viren, Rickettsien, Borrelien) übertragen.



Abb.6: *Dermacentor reticulatus* (Auwaldzecke), ♀. Foto: Dr. Reiner Pospischil. Aus ASPÖCK (2010b). Diese Schildzeckenart, ein Vertreter der metastriaten Ixodidae, kann als Überträger vieler Erreger (bes. Arboviren, Rickettsien) fungieren. *D. reticulatus* ist eine wärmeliebende Art, deren Verbreitung in Mitteleuropa sich im Verlaufe der nächsten Jahrzehnte vermutlich ausweiten wird. *D. reticulatus* könnte auch als Überträger des Virus des Krim-Kongo-Hämorrhagischen Fiebers fungieren.



Abb.7: *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Asiatische Tigermücke), ♀ – Foto: Dr. Reiner Pospischil. Aus ASPÖCK (2010b). Diese aus Südostasien stammende Stechmücken-Art ist durch den Menschen in viele tropische und subtropische, jedoch auch gemäßigte Gebiete aller Kontinente verschleppt worden und breitet sich überall weiter aus (Abb.9). *Aedes albopictus* hat eine hohe Vektorkapazität und wird in Zukunft sehr wahrscheinlich auch in den extramediterranen Teilen Europas als Überträger von Arboviren an Bedeutung gewinnen.



Abb. 8: *Phlebotomus papatasi*, ♀, am Menschen saugend. Foto: Prof. Dr. Hanns M. Seitz. Aus ASPÖCK (2010b). Die Art ist im gesamten europäischen Mittelmeerraum und in Vorderasien weit verbreitet und wurde auch im Gardasee-Gebiet und in nördlichen Teilen der Balkan-Halbinsel nachgewiesen. In Mitteleuropa kommen derzeit andere Arten (v.a. *Phlebotomus mascittii*) vor; diese Spezies wurde erst 1999 in SW-Deutschland und später in verschiedenen Teilen Österreichs festgestellt. Phlebotomen übertragen einerseits Leishmanien, andererseits Phleboviren. Ihre Bedeutung als Vektoren wird im Verlaufe dieses Jahrhunderts in Mitteleuropa sicher zunehmen.

Großen medizinischen Stellenwert haben hingegen die Einschleppung und Etablierung einiger primär nicht in Europa vorkommender Stechmücken-Spezies nach Mitteleuropa (BECKER et al. 2014): *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Heimat: SO-Asien) (Abb. 9), *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus* (Heimat: O- und NO-Asien) (Abb. 10), *Ochlerotatus (O.) atropalpus* (Heimat: Nordamerika), *Ochlerotatus (Finlaya) koreicus* (Heimat: Korea). In anderen Teilen Europas sind noch weitere exotische Stechmücken-Arten eingeschleppt worden (MEDLOCK et al. 2012). Besondere Erwähnung verdient *Aedes (Stegomyia) aegypti*, eine in den Tropen weit verbreitete Spezies, die derzeit in der Ukraine, in Südrussland und in Georgien auftritt, aber früher bereits in verschiedenen Teilen Europas vorübergehend etabliert war. Die Einschleppungen erfolgen in erster Linie über den Handel mit gebrauchten Autoreifen, in denen sich kleine Wasseransammlungen bilden, die den Stechmücken die Möglichkeit der Entwicklung bieten (REITER & SPRENGER 1987), weiters mit Pflanzen mit Wasseransammlungen („Lucky Bamboo“) (HOFHUIS et al. 2009) und schließlich (vor allem innerhalb Europas), wenn Culiciden-Weibchen mit Verkehrsmitteln von einem Land in ein anderes verschleppt werden (THOMAS et al. 2014). In manchen Fällen ist die Art der Einschleppung nicht bekannt. So tauchte z.B. *O. japonicus* vor einigen Jahren in der Schweiz in Blumenvasen auf Friedhöfen auf, und inzwischen hat sich diese Stechmücke in alle Richtungen verbreitet (MEDLOCK et al. 2012, IBÁÑEZ-JUSTICIA et al. 2014, KAMPEN & WERNER 2014, ZIELKE et al. 2014). In keinem einzigen Fall des Auftauchens exotischer Stechmücken-Arten in Europa und in keinem einzigen Fall der Ausbreitung exotischer Stechmücken innerhalb von Europa kann ein kausaler Zusammenhang mit der Klimaerwärmung nachgewiesen werden. Alle Etablierungen sind auf Aktivitäten des Menschen zurückzuführen. Für die weitere Ausbreitung dieser Neobiota in Mitteleuropa werden in den kommenden Jahrzehnten Klimafaktoren (und im Besonderen die Klimaerwärmung) von Bedeutung sein. Von den in jüngster Zeit in Mitteleuropa aufgetauchten Stechmücken verdient ohne Zweifel die Asiatische Tigermücke, *Aedes albopictus*, die größte Beachtung. Sie ist nachweislich ein sehr effizienter Vektor mehrerer Arboviren, außerdem von Dirofilarien. Die Art ist in Mitteleuropa in vielen Gebieten etabliert und wird sich nicht mehr ausrotten lassen. Häufig werden die nach Europa eingeschleppten, aus anderen Kontinenten stammenden Culiciden als invasive Spezies („invasive mosquitoes“: MEDLOCK et al. 2012) bezeichnet; dies ist deshalb nicht ganz richtig, weil sie – soweit wir bisher wissen – nicht mit anderen, autochthonen Stechmücken-Arten in eine nennenswerte Konkurrenz getreten sind. Die ursprüngliche Biodiversität der Ökosysteme ist also (jedenfalls noch) nicht gestört. Außerdem haben sich nur einige Spezies über größere Teile Europas (und auch Mitteleuropas) verbreitet, andere Arten sind auf ganz kleine Gebiete beschränkt geblieben. Eine Überwachung der Situation ist ein Gebot der Stunde (SCHAFFNER et al. 2012).

Im Verlauf der vergangenen 15 Jahre sind an mehreren Stellen in Mitteleuropa erstmals Sandmücken (*Phlebotomus* spp.) gefunden worden, was zunächst in kausalen Zusammenhang mit der Klimaerwärmung gebracht wurde. Diese Annahme lässt sich allerdings durch keinerlei Beweise stützen. Was für viele plötzlich in Mitteleuropa auftauchende „seltene“ Insekten gilt, trifft auch für die Phlebotomen zu: Sie kommen seit langer Zeit (wahrscheinlich seit über 6.000 Jahren in Mitteleuropa) vor, wenngleich ihre Verbreitung auf kleine klimatisch begünstigte Refugien beschränkt war (ASPÖCK 2010a). Die kleinräumigen Vorkommen in Deutschland (NAUCKE & PESSON 2000, NAUCKE 2002, NAUCKE et al. 2008) und in Österreich (NAUCKE et al. 2011, POEPL et al. 2013, OBWALLER et al. 2014) sind bisher einfach unentdeckt geblieben. Dass die Klimaerwärmung für die weitere Ausbreitung der *Phlebotomus*-Arten aus ihren Refugien in Mitteleuropa von Bedeutung sein wird, kann allerdings kaum bezweifelt werden (ASPÖCK et al. 2008, ASPÖCK & WALOCHNIK 2009, FISCHER et al. 2011).

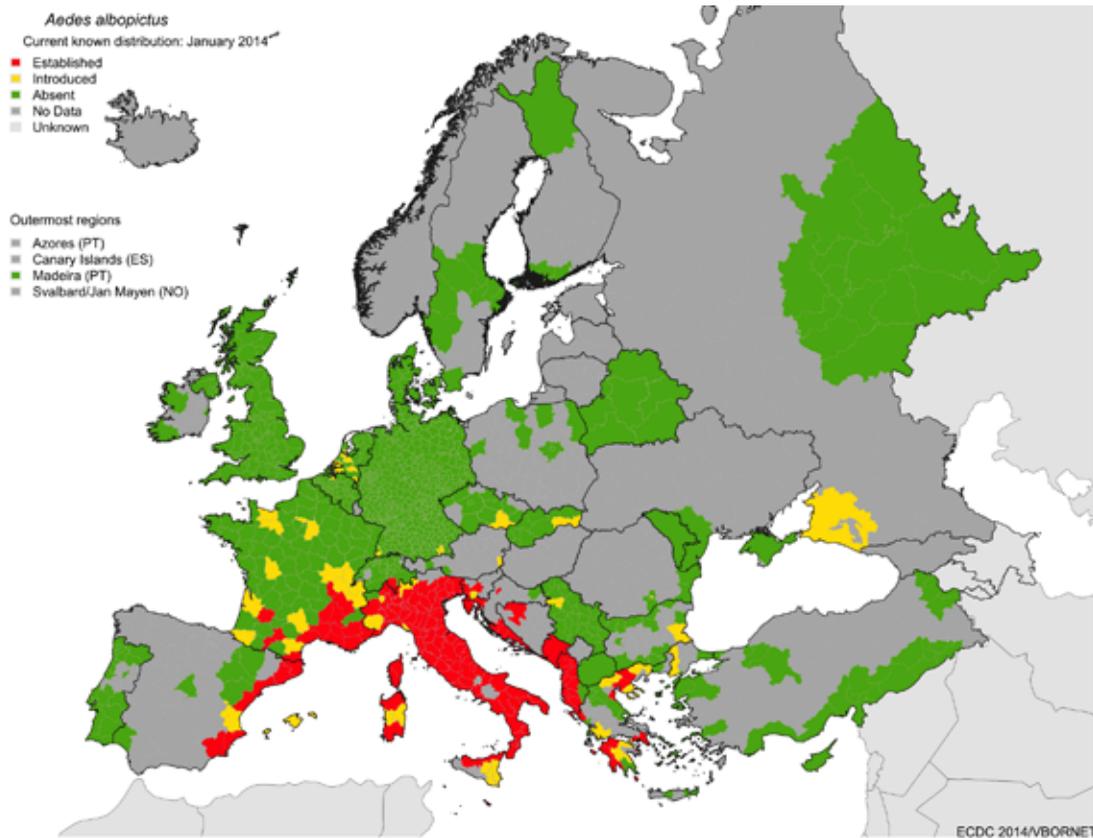


Abb.9: Geographische Verbreitung von *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Europa. Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Die Asiatische Tigermücke trat – vermutlich nach Einschleppung mit gebrauchten Autoreifen, in denen sich ausreichend Wasser für die Entwicklung der Larven angesammelt hatte – erstmals in Europa 1979 in Albanien auf und wurde dann weiter in andere europäische Länder verschleppt (PLUSKOTA et al. 2008). Man muss damit rechnen, dass diese durch hohe Vektor-Kapazität ausgezeichnete Spezies in einigen Jahrzehnten in fast ganz Europa verbreitet sein wird.

Die fortschreitende Klimaerwärmung im Verlauf des Jahrhunderts wird mit Sicherheit zu Arealverschiebungen der Vektoren führen, sie werden ihre horizontale ebenso wie ihre vertikale Verbreitung ausweiten, indem sie einerseits höher gelegene Gebiete besiedeln, andererseits nach Norden vorstoßen werden. Für *Ixodes ricinus*, die häufigste Zeckenart Mitteleuropas und Überträger von FSME-Virus, Borrelien und anderen pathogenen Mikroorganismen, ist dies bereits nachgewiesen. In Vorarlberg wurde das Vorkommen des FSME-Virus in 1.500m Höhe festgestellt (HOLZMANN et al. 2009). Im Riesengebirge haben umfangreiche Untersuchungen das kontinuierliche Ansteigen der oberen Verbreitungsgrenzen von *Ixodes ricinus* und den durch diese Zeckenart übertragenen Erregern gezeigt (DANIEL et al. 2011, DANIELOVÁ et al. 2008, 2010).

In Schweden wurde die Ausweitung des Verbreitungsareals nach Norden aufgezeigt (LINDGREN et al. 2000, JAENSON et al. 2012a, b). Man muss – darf – auf der anderen Seite damit rechnen, dass *Ixodes ricinus*, der Biotope mit genügender Feuchtigkeit braucht, in manchen Gebieten mit zunehmender Aridität immer kleinere Populationen ausbilden und letztlich verschwinden wird, womit in solchen Regionen auch FSME und Borreliosen verschwinden könnten.

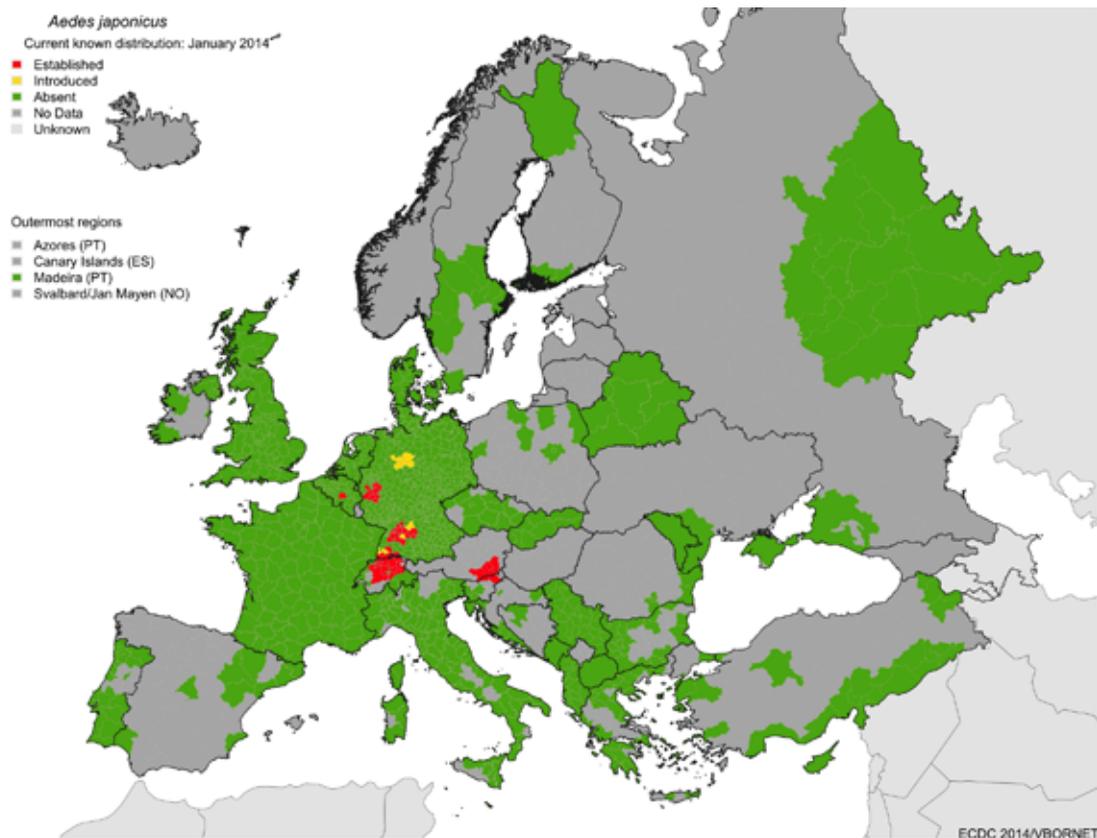


Abb.10: Gegenwärtige Verbreitung von *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus* (Asiatische Buschmücke) in Europa. Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Auch diese aus Ostasien stammende Stechmücke wurde durch menschliche Aktivitäten in verschiedene Gebieten der Erde eingeschleppt, so auch nach Mitteleuropa, wo die Art in Deutschland und in der Schweiz weit verbreitet und zum Teil wohl dauerhaft etabliert ist. Auch im Südosten von Österreich wurde *O. japonicus* nachgewiesen (SEIDEL et al. 2012, HUBER et al. 2014). *O. japonicus* verdient wachsame Beachtung als potentieller Vektor von Arboviren in Mitteleuropa.

7 Alte und neue Erreger in Mitteleuropa

Das Spektrum der in Mitteleuropa vorkommenden durch Arthropoden übertragenen Erreger von Infektionen des Menschen hat sich im Verlauf der vergangenen Jahrhunderte, der vergangenen Jahrzehnte, aber auch der letzten Jahre erheblich verändert. Das hat mehrere – sehr unterschiedliche – Ursachen.

In früheren Jahrhunderten kannte man nur die Krankheiten, nicht aber die Erreger und nicht einmal die Überträger. Europa und auch Mitteleuropa wurden im Mittelalter und in der Neuzeit von mehreren Pest-Epidemien heimgesucht, denen Millionen von Menschen zum Opfer fielen (PFEFFER 2010). (Im Verlaufe der Pest-Epidemie im 14. Jahrhundert zum Beispiel starben ca. 25 Millionen, das war damals mehr als ein Viertel der Bevölkerung Europas.) Der Erreger der Pest, *Yersinia pestis*, wird von Flöhen (nicht nur

vom Pestfloh!) übertragen. Längst ist die Pest in Europa ausgerottet. Und sollte einmal eine Einschleppung aus einem anderen Kontinent erfolgen, stehen uns heute Antibiotika zur Verfügung, mit denen der Spuk schnell beendet werden könnte.

Eine andere schwere und ebenfalls epidemieartig auftretende Krankheit, das Fleckfieber, deren Erreger (*Rickettsia prowazekii*) durch Arthropoden (*Pediculus humanus* = Kleiderlaus) übertragen wird, hat – besonders in Kriegszeiten – in Europa und auch in Mitteleuropa im Verlauf früherer Jahrhunderte bis herauf zum 1. Weltkrieg Millionen Todesopfer gefordert (DOBLER 2010). Auch diese Krankheit ist heute in Europa längst verschwunden. Auch hier gilt das bei der Pest Gesagte: Jeder durch Einschleppung auftretende Fall wäre durch Antibiotika (Tetracycline) bei früh einsetzender Therapie leicht unter Kontrolle zu bringen. Auch der Erreger des Fünftage-Fiebers, *Bartonella quintana*, ebenfalls durch Läuse von Mensch zu Mensch übertragen und in den Kriegen im 19. und auch im 20. Jahrhundert epidemisch auftretend, ist inzwischen verschwunden. Man geht heute davon aus, dass weitaus mehr Menschen (vor allem Soldaten) der Krankheit (sie wurde auch Schützengraben-Fieber genannt) zum Opfer gefallen sind, als lange angenommen.

Und noch eine andere, weitaus kleinere Gebiete und weniger Menschen betreffende und zumeist auch weniger gefährliche Krankheit, deren Erreger durch Arthropoden übertragen werden, trat in früheren Jahrhunderten und bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts in Mitteleuropa auf: die Malaria. Alle Malaria-Erreger werden durch Stechmücken des Genus *Anopheles* übertragen. In Mitteleuropa trat vor allem die durch *Plasmodium vivax* erregte *Malaria tertiana* auf, jedoch auch die durch *Plasmodium malariae* hervorgerufene *Malaria quartana* und in weitaus geringerem Maß auch die gefährliche, durch *Plasmodium falciparum* hervorgerufene *Malaria tropica*. *Malaria tertiana* gab es noch bis über die Mitte des 20. Jahrhunderts in Mitteleuropa. Heute ist die Malaria in allen ihren Formen in Mitteleuropa ausgerottet.

Im 20. Jahrhundert tauchten – neben anderen – zwei „neue“, durch Schildzecken (vor allem *Ixodes ricinus*) übertragene Erreger in Mitteleuropa auf – Erreger von Krankheiten, die man zwar seit langer Zeit kannte, deren Ätiologie aber im Dunkel lag: die Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), in der Bevölkerung salopp (und semantisch natürlich nicht richtig) als „Zeckenenzephalitis“ bezeichnet, und die Lyme-Borreliosen in ihren verschiedenen klinischen Formen: Erythema chronicum migrans, Acrodermatitis atrophicans, Lymphozytom und viele Formen von Erkrankungen von Haut, Gelenken, Nervensystem, Herz, ... Und im Verlauf der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts kamen noch weitere Erreger dazu: Arboviren, Rickettsien, Leishmanien, Babesien, Filarien (Tab. 2 - 6).

Von wenigen Ausnahmen abgesehen (manche Arboviren), sind mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit alle diese Erreger schon lange in Mitteleuropa verbreitet – sie wurden einfach nicht isoliert, die in den meisten Fällen unspezifische Symptomatik der Infektionen (Fieber, Exantheme, Arthritis, selten Pneumonie, selten Befall des Zentralnervensystems) erschwerten die gezielte Suche nach Erregern und Überträgern. Vermutlich gehören auch die Dirofilarien der alten Fauna Mitteleuropas an, obwohl autochthone Fälle erst in jüngster Zeit diagnostiziert wurden (AUER & SUSANI 2008, AUER & ASPÖCK 2010). SASSNAU et al. (2014) halten eine Ausbreitung von *Dirofilaria*-Arten aus dem Mittelmeerraum für möglich oder sogar wahrscheinlich; sie haben (durch DNA-Nachweise in aus verschiedenen Teilen Deutschlands stammenden Stechmücken) überdies Hinweise auf mögliche Vorkommen von *Dirofilaria immitis* (neben Nachweisen von *D. repens*) gefunden.

Einige Arboviren sind vielleicht oder ziemlich sicher erst im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte nach Europa, manchmal auch nach Mitteleuropa, gelangt, aber keines dieser „emerging agents“ verdankt dem Klimawandel sein Auftreten auf unserem Kontinent.

Besondere Beachtung verdienen, ja verlangen geradezu drei Gruppen von Erregern: die Arboviren, die Leishmanien und die Malaria-Erreger.

Tabelle 2.: In Mitteleuropa verschwundene (ausgerottete) durch Arthropoden übertragene Erreger von Infektionen des Menschen

Erreger	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Bacteria: Proteobacteria: Alphaproteobacteria: Rickettsiaceae				
<i>Rickettsia prowazekii</i>	Phthiraptera: <i>Pediculus humanus</i>	Mensch	Läuse-Fleckfieber (Epidemisches Fleckfieber)	Heute sporadisch und herdförmig: Nordwest-, Ostafrika, Ostasien, Südost-USA, Süd Mexiko, Peru
Bacteria: Proteobacteria: Alphaproteobacteria: Rhizobiales: Bartonellaceae				
<i>Bartonella quintana</i>	Phthiraptera: <i>Pediculus humanus</i>	Mensch	Fünftage-Fieber (Wolhynisches Fieber, Schützengraben-Fieber)	Heute sporadisch und herdförmig: Russland, Nordafrika, Ostafrika, Mexiko, Südamerika
Bacteria: Proteobacteria: Gammaproteobacteria: Enterobacteriales: Enterobacteriaceae				
<i>Yersinia pestis</i>	Siphonaptera: <i>Xenophylla cheopis</i> und andere Flöhe	Ratten, Erdhörnchen, Murmeltier u.a. Kleinsäuger	Pest	Heute regional und herdförmig: Vorder-, Zentral-, Ost-, Südostasien, Zentral-, Ost-, Südafrika, Madagaskar, Nord- und Südamerika
Protozoa: Alveolata: Apicomplexa: Haemosporida: Plasmodiidae				
<i>Plasmodium vivax</i>	Culicidae: <i>Anopheles</i> spp.	Mensch	Malaria tertiana	(Europa: ausgerottet), weltweit in Subtropen und Tropen
<i>Plasmodium malariae</i>	Culicidae : <i>Anopheles</i> spp.	Mensch	Malaria quartana	weltweit in Subtropen und Tropen
<i>Plasmodium falciparum</i>	Culicidae: <i>Anopheles</i> spp.	Mensch	Malaria tropica	Tropen (und Subtropen) von Asien, Afrika, Süd- und Mittelamerika Schwerpunkt: Sub-saharisches Afrika

Tabelle 3: Durch Arthropoden übertragene Viren (Arboviren) in Mitteleuropa

Virus	Vektor in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Flaviviridae: <i>Flavivirus</i>				
TBE/CEE (=Central European Encephalitis) Virus, westlicher Typ (=FSME-Virus)	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i> (selten auch andere Spezies)	zahlreiche Kleinsäuger 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,	Mittel-, Ost-, Südeuropa; große Teile Asiens und Afrikas, seit 1999 in Nordamerika, seit 2012 auch in Mittel- und im westl. Südafrika
Usutu-Virus	Culicidae: <i>Culex pipiens</i> (u.a. Spezies ?)	zahlreiche Vogel-Spezies, bes. auch Zugvögel	Fieber, Exanthem (?)	Afrika, seit 2001 in Mitteleuropa (Österreich, seit 2005 Ungarn, Schweiz, Italien)
Togaviridae: <i>Alphavirus</i>				
Sindbis-Virus	Culicidae: <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, Kleinsäuger	(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, Süd-, Südostasien, trop. Afrika
Bunyaviridae: <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.	Hasenartige (Feldhase, Kaninchen), Kleinsäuger, Igel, Schwein	„Sommergrippe“, selten Bronchopneumonie, Meningitis	Mitteleuropa, Isolierungen und/ oder Antikörper-Nachweise in fast allen Teilen Europas, Vorderasien, Zentralasien, Süd-, Ostasien, fast ganz Afrika

Virus	Vektor in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Bunyaviridae: <i>Bunyavirus</i> (<i>Turlovirus</i>)				
Lednice-Virus	Culicidae: <i>Culex modestus</i>	Vögel, bes. Gänseartige	Keine Erkrankung bekannt, Mensch kann vermutlich nicht infiziert werden	Tschechien (Ak-Nachweis: Rumänien)
Bunyaviridae: <i>Uukuvirus</i>				
Uukuniemi-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i> (Culicidae: <i>Culex</i> , <i>Aedes</i> spp.)	Vögel (viele Spezies), bes. auch Zugvögel ; Kleinsäuger (<i>Myodes</i> , <i>Apodemus</i>)	? Akut fieberhafte Erkrankung mit Kopf-, Muskel- und Gliederschmerzen und Exanthenen	Nord-, Mittel-, Ost-Europa, Aserbeidschan, Russland
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
Reoviridae: <i>Coltivirus</i>				
Eyach-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i>	Vermutlich Kleinsäuger und Hasenartige	Meningoenzephalitis (?)	Deutschland, Frankreich, Tschechien
Reoviridae: <i>Orbivirus</i> (<i>Kemerovirus</i>)				
Tribec-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i> , <i>Haemaphysalis punctata</i>	Kleinsäuger, Wiederkäuer; Vögel	Fieber, Meningitis	Tschechien, Slowakei (und vermutlich andere Teile Mitteleuropas), Italien, Osteuropa
Lipovnik-Virus	Ixodidae: <i>Ixodes ricinus</i>	?	Fieber, ZNS-Symptomatik (?)	Tschechien, Slowakei

Tabelle 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> u.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>	Kleinsäuger, Hasen, Kaninchen u.a. Säugetiere	Tularämie (Hasenpest)	Holarktis (Europa, Asien, Nordamerika)
Rickettsiales: Rickettsiaceae				
<i>Rickettsia helvetica</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> , <i>D. reticulatus</i> , <i>I. ricinus</i>	Kleinsäuger, Vögel	Fieber, allg. Krankheitsgefühl, Kopfschmerzen, Myalgie	Europa, Asien
<i>Rickettsia slovaca</i>	<i>Dermacentor marginatus</i> , <i>Dermacentor reticulatus</i>	Kleinsäuger (Nagetiere, Insektenfresser), Huftiere, Karnivore	TIBOLA: Lymphadenopathie, Fieber, Kopfschmerzen, Myalgie, Arthralgie, ulzerative Hautreaktionen an Einstichstelle (Eschar)	Mittel-, Ost-, Südwest- und Südosteuropa
<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 monacensis</i>	<i>Ixodes ricinus</i>	?	Fieber	Deutschland (Bayern), Spanien
Rickettsiales : Anaplasmataceae				
<i>Anaplasma phagocytophilum</i>	<i>Ixodes ricinus</i> u.a. <i>Ixodes</i> spp.	vermutlich Kleinsäuger, Reh, Schaf, Rind	Akut fieberhafte Infektion, Mylagien, Kopfschmerz, Leukozytopenie, Thrombozytopenie, Anämie (HGA= Granulozytäre Anaplasmose, früher als HGE= Humane Granulozyten-Ehrlichiose bezeichnet)	Europa, Asien, Nordamerika

Erreger	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
<i>Neoehrlichia mikurensis</i>	<i>Ixodes ricinus</i>	Kleinsäuger	Fieber, Muskel-, Gelenkschmerzen, allg. Krankheitsgefühl	Europa, Ostasien (China, Japan)
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

Tabelle 5: Durch Arthropoden übertragene Protozoa¹ in Mitteleuropa

Erreger	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Kinetoplastida: Trypanosomatidae: Leishmania				
<i>Leishmania donovani</i> / <i>infantum</i> -Komplex	Psychodidae: Phlebotominae: <i>Phlebotomus papatasi</i> u.a. <i>Phlebotomus</i> spp.; in Mitteleuropa: <i>Ph. mascittii</i> ?	Kleinsäuger, Hunde	Viszerale (und kutane) 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 fiebrhafte Erkrankung mit Ikterus und Hämoglobinurie bei splenektomierten Patienten)	Europa, Asien, Nordafrika, Nordamerika
<i>Babesia microti</i> (-Komplex)	<i>Ixodes ricinus</i>	Kleinsäuger	Fiebrhafte Erkrankung mit Kopf-, Gelenk- und Muskelschmerzen bei Immunkompetenten (bisher nur in USA)	Holarktis (vermutlich mehrere spp. unterschiedlicher Verbreitung)
<i>Babesia venatorum</i> u.a.	<i>Ixodes ricinus</i> (?)	? (verschiedene Säuger)	Fiebrhafte Erkrankung bei Splenektomierten	Große Teile Europas, Asien (China)

Tabelle 6: Durch Arthropoden übertragene Helminthen in Mitteleuropa

Erreger	Überträger in Mitteleuropa	Natürliches Reservoir (Vertebraten)	Erkrankung beim Menschen	Verbreitung
Nematoda: Spirurida: Onchocercidae				
<i>Dirofilaria repens</i>	Culicidae: <i>Culex</i> spp. <i>Ochlerotatus</i> spp. <i>Anopheles</i> spp.	Hund, Fuchs, Katze u.a. Carnivora	Meist subkutane Dirofilariose, jedoch auch andere Lokali- sation (z.B. Genitale) möglich	Süd-, Ost und Mittel- europa, Asien

¹Der Begriff „Protozoa“ ist ein Kollektivname ohne jede systematische Bedeutung. In ihm sind einzellige, zellwandlose Organismen aus phylogenetisch voneinander weit entfernt stehenden Gruppen zusammengefasst (richtiger: zu einem polyphyletischen Konglomerat zusammengeworfen): Amoebozoa, Excavata, SAR (Stramenopila, Alveolata, Rhizaria) (siehe ADL et al. 2012). Mit Recht vermeidet man in der Biologie zunehmend die Verwendung dieses alten (nun schon antiquiert wirkenden) Terminus. In der Medizin ist er hingegen nach wie vor sehr gebräuchlich (weil er letztlich doch recht praktisch ist), und er wird sicher auch weiter verwendet werden. Wir bezeichnen damit die einzelligen, zellwandlosen, heterotrophen Eukaryonten. Unter ihnen finden sich Erreger bedeutender Erkrankungen: Amöbenruhr, Schlafkrankheit, Morbus Chagas, Leishmaniosen, Malaria, Toxoplasmose, ... Man sollte sich dabei trotzdem vor Augen halten, dass der Erreger der Amöbenruhr mit uns – dem *Homo sapiens* – weitaus näher verwandt ist als mit dem Erreger der Malaria.

8 Arboviren

Der Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass in Mitteleuropa eine Reihe von Arboviren vorkommt, von denen einige sehr wahrscheinlich erst in jüngerer oder jüngster Zeit durch Zugvögel nach Europa – und im Besonderen auch nach Mitteleuropa – eingeschleppt wurden (Übersichten: ASPÖCK 1996, 2002, 2012, HUBÁLEK & HALOUZKA 1996, WEISSENBOCK et al. 2002, HUBÁLEK 2008, DOBLER & ASPÖCK 2010b, PFEFFER & DOBLER 2014). In anderen Teilen Europas traten in der jüngsten Zeit noch weitere Arboviren auf, die aber nicht durch Zugvögel (oder auf andere natürliche Weise) nach Europa gelangt, sondern durch infizierte Menschen aus tropischen Gebieten eingeschleppt worden waren: Chikungunya und Dengue.

Arboviren nehmen aus mehreren Gründen eine besondere Stellung unter den durch Arthropoden übertragenen Erregern ein: Es gibt sehr viele (ca. 500, von denen über 100 beim Menschen Krankheiten hervorrufen), es gibt gegen kein einziges Arbovirus eine verlässlich wirksame spezifische Therapie, und es gibt – wenn man von Gelbfieber, FSME und Japanischer Enzephalitis absieht – keine Impfungen, also keine spezifische Prophylaxe. Viele sind in den Tropen so massiv verbreitet, dass auch in der Zukunft – vermehrt! – mit der Einschleppung durch virämische Menschen und Tiere gerechnet werden muss.

Der Begriff „Arboviren“ ist kein systematisch begründeter Terminus, er steht also nicht für eine natürliche Gruppe miteinander verwandter Viren, sondern er umfasst alle jene Viren, die durch Arthropoden (Zecken, Stechmücken, Sandmücken, Gnizen) auf Wirbeltiere übertragen werden, in denen sie sich – ebenso wie in den Arthropoden – vermehren (ASPÖCK & DOBLER 2010). Der Begriff „Arboviren“ ist also ausschließlich ökologisch zu verstehen, er umfasst ganz unterschiedliche und miteinander nicht näher verwandte Viren. Die Vertebraten-Wirte können erkranken, vorher besteht eine (in der Regel wenige Tage andauernde) Virämie, während der das Virus von blutsaugenden Arthropoden aufgenommen werden kann. Für die Arthropoden ist die Infektion meist ohne Bedeutung, das Virus gelangt aus dem Verdauungstrakt in die Speicheldrüsen und wird mit dem Speichel während des Saugakts auf das Wirbeltier, allenfalls eben auf den Menschen übertragen. Mit dem Ende der Virämie endet auch die potentielle Funktion des Wirbeltiers als Infektionsquelle für Arthropoden; der Wirbeltier-Wirt bildet eine Immunität gegenüber dem Virus aus (messbar durch die Antikörper) und ist – wenn er überlebt – fortan ohne jede Bedeutung für die Zirkulation des Virus. (Ausnahmen sind persistierende Virämien unter bestimmten Umständen, z.B. bei Zugvögeln.) Der Arthropoden-Wirt behält das Virus lebenslang, kann auch lebenslang als Überträger fungieren, aber die Lebensdauer der Arthropoden ist begrenzt, sie schwankt zwischen einigen Tagen bei manchen Stechmücken bis zu etwa drei Jahren bei manchen Zecken. Viele Arthropoden können das Virus allerdings transovariell und dann transstadial weitergeben, was bedeutet, dass solche Viren – zumindest über gewisse Zeiträume hinweg – im Biotop erhalten bleiben können, ohne dass sie zirkulieren. Die transovarielle Übertragung hat vor allem in jenen Gebieten der Erde enorme Bedeutung, wo durch ein Absinken der Temperatur im Winter die Aktivität der Vektoren zum Stillstand kommt. Wenn ein Virus in (s)einem Vektor nicht durch transovarielle Übertragung persistieren kann, stirbt das Virus in solchen Biotopen aus, wenn es nicht neuerlich von außen eingeschleppt wird.

Es ist nicht anzunehmen, dass in naher Zukunft spezifisch wirksame Medikamente gegen (bestimmte) Arboviren entwickelt werden, und die Entwicklung von (allgemein verfügbaren) Impfstoffen gegen weitere Arboviren liegt noch immer in unsicherer Ferne.

Am ehesten darf man das Gelingen der Herstellung eines Dengue-Impfstoffs erhoffen. Dengue-Viren (es gibt vier verschiedene Serotypen) sind weltweit in den Tropen und Subtropen verbreitet und führen jährlich zu 50 bis 100, in manchen Jahren aber offenbar zu einigen 100 Millionen Infektionen beim Menschen (BHATT & al 2013). Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation leben 2,5 Milliarden Menschen in Endemiegebieten, etwa 22.000 Menschen sterben alljährlich an schweren Verlaufsformen von Dengue. Der enorme medizinische Stellenwert dieser Arboviren (SCHEID & NUSSBAUM 2007) ist seit vielen Jahren Anlass für intensive Bemühungen um die Entwicklung von Impfstoffen. In jüngster Zeit haben sich wesentliche und vielversprechende Fortschritte ergeben (HEINZ 2014). Vielleicht wird irgendwann ein Impfstoff gegen West Nile-Virus verfügbar werden; seit das Virus 1999 nach Amerika gelangt ist und sich in der Folge rasch und weit verbreitet hat, wächst das Bedürfnis nach einer Vakzine enorm. Andere – zum Teil sehr gefährliche – Arboviren sind zu selten, um einen Absatz erwarten zu lassen, der die enormen Kosten der Entwicklung eines Impfstoffs rechtfertigt. Umso wichtiger ist es, andere Möglichkeiten der Prophylaxe auszuschöpfen, wenn solche Viren nach Mitteleuropa eingeschleppt werden.

Abb. 11 zeigt das grundsätzliche Schema von Arboviruszyklen. Daraus können die Möglichkeiten prophylaktischer Maßnahmen abgeleitet werden. Sie betreffen die Vektoren, die natürlichen Wirbeltier-Wirte (Reservoir-Tiere) und natürlich auch den Menschen. Es steht außer Zweifel, dass die Globalisierung und damit die Möglichkeiten der Einschleppung von Arboviren, aber auch von neuen Vektoren, nach Mitteleuropa in den kommenden Jahrzehnten weiter ansteigen werden. Die zunehmende Klimaerwärmung wird zur Verkürzung der äußeren Inkubationszeiten führen; das bedeutet, dass ein Vektor nach einer Blutmahlzeit an einem virämischen Wirbeltier früher wieder als Überträger fungieren kann. Die Verbreitungsgebiete der Vektoren und damit der durch sie übertragenen Erreger werden sich vertikal (in den Gebirgen) und horizontal (nach Norden) ausbreiten. Bekannte und potentielle Vektoren werden einem permanenten Monitoring unterworfen werden müssen, um – wenn möglich – gezielte Bekämpfungsmaßnahmen durchzuführen (JANSEN et al. 2008). Eine Kontrolle der Reservoir-Wirte ist wesentlich schwieriger. Die Bevölkerung wird weitaus mehr als bisher über mögliche Gefahren durch Arboviren aufgeklärt werden müssen, um individuelle prophylaktische Maßnahmen (Repellentien, Expositionsprophylaxe) überzeugend als sinnvoll oder gar notwendig erklären zu können.

Welche Arboviren werden in naher Zukunft und im Verlauf des Jahrhunderts in Mitteleuropa vordringliche medizinische Bedeutung haben? Ohne Zweifel wird dem FSME-Virus weiterhin der größte Stellenwert zukommen – unabhängig davon, dass sich Veränderungen in der horizontalen und der vertikalen Verbreitung ergeben werden (siehe oben, Kap. 6).

Das West-Nile-Virus wird unbedingt wachsame Beachtung erfordern, auch wenn es bisher in Mitteleuropa glücklicherweise medizinisch (noch?) nicht ins Gewicht fällt (FRANK et al. 2014, HUBER et al. 2014). Es ist auch anzunehmen, dass sich das Virus in Europa (so wie es in Amerika geschehen ist) weiter ausbreitet (WEISSENBOCK et al. 2010, BAKONYI et al. 2013).

Vor den Toren Mitteleuropas steht das Virus des Krim-Kongo-Hämorrhagischen Fiebers. Das durch Zecken (vor allem *Hyalomma marginatum*, aber auch durch mehrere andere Ixodiden-Spezies mehrerer Genera) übertragene Virus kommt in vielen Teilen Afrikas,

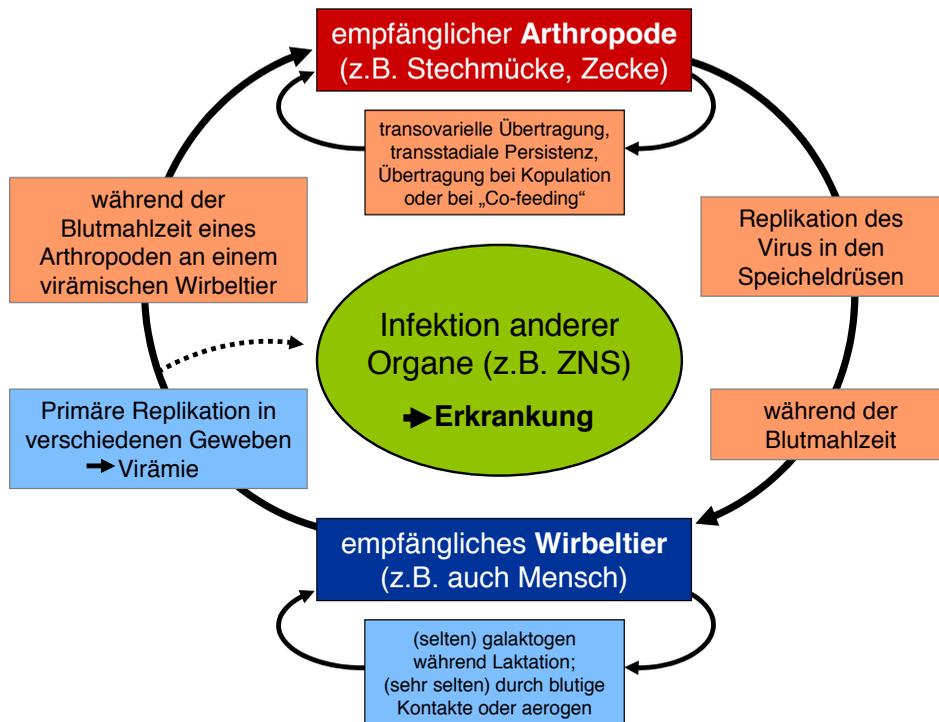


Abb. 11: Grundschemata von Arbovirus-Zyklen. – Aus ASPÖCK & DOBLER (2010). Die Aufrechterhaltung eines Arbovirus-Zyklus ist weitgehend an die dauernde Verfügbarkeit von geeigneten Arthropoden-Wirten einerseits und von genügend nicht-immunen Wirbeltieren andererseits gebunden. Diese Voraussetzung wird in den Tropen zumeist voll erfüllt, in den gemäßigten Zonen stellt der Winter eine wesentliche Schwachstelle dar. Sie wird bei manchen Viren durch Überwinterung in Arthropoden-Wirten (z.B. FSME-Virus und andere Viren in Zecken oder manche Viren in überwinternden Stechmücken-Imagines) kompensiert. Eine andere, sehr wichtige Strategie ist die transovariable Übertragung in den Arthropoden-Wirten von einer Generation auf die nächste. Wo dies nicht möglich ist, kann sich ein Arbovirus nicht dauerhaft etablieren. Dies ist bei Überlegungen über das Auftreten neuer Arboviren im Zusammenhang mit Klimawandel unbedingt zu berücksichtigen.

Vorderasiens, aber auch in Osteuropa und auf der Balkan-Halbinsel vor (MALTEZOU et al. 2010, DOBLER & ASPÖCK 2010a, ZEHENDER et al. 2013). Das Krim-Kongo-Hämorrhagische Fieber ist eine schwere, lebensgefährliche Erkrankung mit einer Letalität von 30 bis 60% der hämorrhagischen Erkrankungsformen.

Phlebovirus-Infektionen sind in Südeuropa weit verbreitet; die bekannteste Erkrankung ist das Pappataci-Fieber, aber es gibt noch einige weitere Phleboviren im Mittelmeerraum (DEPAQUIT et al. 2010, DOBLER & ASPÖCK 2010c). Alle diese Viren werden durch Sandmücken übertragen. Seit wir wissen, dass Phlebotominae in verschiedenen Teilen Mitteleuropas vorkommen, ist die Möglichkeit der Zirkulation von Phleboviren auch nördlich der Alpen eine durchaus realistische Möglichkeit. Tatsächlich sind vor wenigen Jahren Fälle von Phlebovirus-Infektionen in Südwestdeutschland bei Patienten, die Mitteleuropa nicht verlassen hatten, diagnostiziert worden (DOBLER, pers. Mitt.). Eine Einschleppung durch Reisende im Stadium der Virämie ist natürlich denkbar.

Einschleppung und (kurzfristige) Etablierung von Dengue-Viren in Mitteleuropa im Verlauf der Klimaerwärmung muss für durchaus möglich gehalten werden. Dies gilt auch für andere durch Stechmücken übertragene Viren (z.B. Chikungunya), wobei *Aedes albopictus* bei weiterer Ausbreitung in Mitteleuropa als Vektor fungieren könnte. Eine dauerhafte Etablierung wäre allerdings nur möglich, wenn die Viren transovariell übertragen werden können, was bisher noch nicht für alle in Frage kommenden Viren einwandfrei geklärt werden konnte (MOURYA 1987, ZYTOON et al. 1993). Die Frage ist deshalb so wichtig, weil *Aedes albopictus* (und andere zu Virusübertragung befähigte *Aedes*-Arten) im Eistadium überwintern.

9 Leishmanien und Leishmaniosen

Die durch Phlebotominae übertragenen Leishmanien sind (in mehreren Arten, Genotypen, ...) über große Teile der Tropen und Subtropen verbreitet und kommen auch im Mittelmeerraum und besonders auch in Vorderasien vor, wo die durch sie hervorgerufenen Erkrankungen seit dem Altertum bekannt sind. Diese manifestieren sich entweder in Form von Ulcera der Haut oder der Schleimhäute (kutane bzw. mukokutane Leishmaniose) oder durch Befall innerer Organe – Leber, Milz, Knochenmark, ... (viszerale Leishmaniose). Die Leishmaniosen sind typische Zoonosen, die Erreger sind für viele Säugetiere infektiös und eben auch für den Menschen. Viele Infektionen verlaufen beim Menschen asymptomatisch oder mit nur uncharakteristischen Krankheitssymptomen; eine viszerale Leishmaniose ist aber grundsätzlich eine lebensgefährliche Erkrankung. Im immungesunden Menschen können Leishmanien jahrelang persistieren, ohne zu Erkrankungen zu führen. Leishmanien sind opportunistische Erreger, d.h., dass sie für den Immunsupprimierten eine wesentlich größere Gefahr als für den Immunkompetenten darstellen. Tatsächlich zählen sie zu den mit AIDS assoziierten Parasitosen. Die WHO schätzt, dass weltweit ca. 12 Millionen Menschen mit Leishmanien infiziert sind und dass etwa 60.000 alljährlich an einer Leishmaniose sterben.

Mitteleuropa galt bis in die 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts als frei von Leishmanien, zudem nahm man an, dass Sandmücken nördlich der Alpen nicht vorkommen, sodass auch die ökologischen Voraussetzungen für die Übertragung von Leishmanien in Mitteleuropa zu fehlen schienen. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verdichtete sich der Verdacht, dass Leishmaniosen auch in Mitteleuropa autochthon vorkommen könnten. Im Jahre 1999 wurden erstmals Phlebotomen in Deutschland nachgewiesen (NAUCKE & PESSON 2000), inzwischen sind Sandmücken in verschiedenen Teilen Deutschlands, Belgiens und Österreichs gefunden worden (NAUCKE et al. 2011, POEPL et al. 2013, OBWALLER et al. 2014).

Wie sind Leishmanien nach Mitteleuropa gekommen? Ganz sicher wissen wir es nicht, aber naheliegend ist zunächst die Annahme, dass aus dem Mittelmeerraum oder anderen Endemiegebieten kommende infizierte Menschen als Infektionsquellen fungiert haben (und weiterhin als solche fungieren). Tatsache ist weiters, dass mit Leishmanien infizierte Hunde mit den auffallenden Symptomen der Erkrankung, die durch Ulcera, besonders an Maul und Nase, und durch erhebliche Veränderungen des Fells ein jämmerliches Aussehen zeigen. Solche Tiere wurden und werden von mitleidvollen Menschen aus

dem Mittelmeerraum nach Mitteleuropa geschmuggelt. Dies war möglicherweise der Anfang des Auftretens von Leishmaniosen in Mitteleuropa. Man schätzt, dass alleine in Deutschland heute 20.000 mit Leishmanien infizierte Hunde leben (NAUCKE, pers. Mitt.).

Eine wachsende Zahl von offenbar in Mitteleuropa erworbenen *Leishmania*-Infektionen (KOLLARITSCH et al. 1989, BOGDAN et al. 2001, WALOCHNIK & ASPÖCK 2010) berechtigt zu der Annahme, dass sich die Erreger in extramediterranen Teilen Europas (und auch nördlich der Alpen) etabliert haben und kaum auszurotten sind (FARKAS et al. 2011). Diese Annahme wird auch durch seroepidemiologische Studien unterstützt (POEPL et al. 2012). Phlebotomen sind zwar nicht durch Klimaerwärmung erst in jüngster Zeit nach Mitteleuropa gekommen, sondern waren schon immer da, aber sie werden sich im Zuge der globalen Erwärmung weiter ausbreiten – und mit ihnen sehr wahrscheinlich die Leishmanien. Weitere Einschleppungen von Leishmanien – nicht nur durch infizierte Hunde, sondern auch durch infizierte Menschen – werden diese Situation wohl noch verstärken (FISCHER et al. 2010).

Glücklicherweise stehen uns wirksame Medikamente zur Behandlung von Leishmaniosen zur Verfügung (WALOCHNIK & ASPÖCK 2010, 2014), allerdings sind die frühe Diagnostik und frühe Einleitung der Therapie entscheidend. Die viszerale Leishmaniose beginnt oft sehr uncharakteristisch mit Fieber und wenig indikativer Allgemeinsymptomatik, sodass wertvolle Zeit vergeht, weil zu spät an Leishmaniose gedacht wird. Die Verdachtsdiagnose kann schon auf Grund weniger Parameter eines üblichen Blutbefundes ausgesprochen werden, die parasitologische Diagnostik bringt verlässlich Aufklärung. Ganz besonders wichtig ist es und wird es zunehmend sein, auch in Mitteleuropa bei der medizinischen Betreuung immunsupprimierter Patienten (nicht nur HIV-Patienten) an Leishmaniose zu denken. Dabei muss vor allem auch bedacht werden, dass lange zurückliegende Infektionen ohne klinische Manifestation bei einer Beeinträchtigung des Immunsystems exazerbieren und zu gefährlichen Krankheiten führen können.

10 Malaria

Das Thema Klimawandel und Infektionskrankheiten wird immer wieder mit der Malaria assoziiert – vor allem durch die Medien, die manchmal auch nicht davor zurückschrecken, furchterregende Szenarien auszumalen und – wohl um der Aufmerksamkeit der Leser, Hörer und Seher willen – eine gewisse Panik zu induzieren. Vorweg: Die Furcht vor einer Etablierung der Malaria in Mitteleuropa ist – selbst, wenn die düstersten Prognosen der Klimatologen eintreffen sollten – unbegründet. Diese Schreckensmeldungen über eine „Wiederkehr der Malaria“ erfolgen häufig zusammen mit dem Hinweis, dass weltweit alljährlich Hunderttausende (manchmal ist auch von Millionen die Rede) an Malaria sterben und dass die Krankheit infolge des Klimawandels auch nach Mitteleuropa gelangen könnte.

Es ist wahr, dass die Malaria – und zwar die durch *Plasmodium falciparum* hervorgerufene *Malaria tropica* – jene Parasitose ist, die weltweit die höchste Zahl an Todesopfern fordert. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) schätzt, dass alljährlich ca. 650.000 Menschen

an *Malaria tropica* sterben. Wahrscheinlich ist diese Zahl tatsächlich sogar höher, vor wenigen Jahren noch wurde die Zahl der Todesopfer durch Malaria auf 1,7 bis 2,5 Millionen jährlich geschätzt. Mehr als 99 (vielleicht sogar mehr als 99,8 %) davon entfielen (und entfallen auch heute) auf die tropischen Gebiete Afrikas. Tatsache ist weiters, dass die Malaria auch in Europa einmal weit verbreitet und auch regelmäßig in vielen Gebieten Mitteleuropas (und sogar im südlichen Nordeuropa) vorgekommen ist (WERNSDORFER 2002) und dass auch weiterhin ganz und gar geeignete Voraussetzungen für ein Auftreten von Malaria in Mitteleuropa bestehen. Allerdings war der dominierende Malaria-Erreger früherer Jahrhunderte in Europa und besonders in Mitteleuropa *Plasmodium vivax*, der Erreger der *Malaria tertiana*. Immerhin trat immer wieder – neben *Plasmodium vivax* und *Pl. malariae* – auch *Pl. falciparum* regional und zeitlich begrenzt in Mitteleuropa auf, und dies könnte auch heute geschehen.

Um zu verstehen, warum die Malaria relativ leicht in einem begrenzten Gebiet ausgerottet werden kann, sind ein paar grundsätzliche Erläuterungen angebracht. Eine basale Prämisse für die Möglichkeit der Ausrottung eines Krankheitserregers des Menschen ist, dass der Mensch eine absolut notwendige Rolle im Zyklus des Erregers spielt, dass also der Erreger anthropostenoxen ist, also (zumindest in einer bestimmten Phase des Entwicklungszyklus) auf die Verfügbarkeit des Wirts „Mensch“ angewiesen ist. Dies ist bei den Malaria-Erregern (entweder weltweit oder – bei *Plasmodium malariae* – zumindest in Mitteleuropa) gegeben. Mikroorganismen, die nicht nur im Menschen, sondern auch in – womöglich zahlreichen – anderen Vertebraten existieren und sich vermehren können, können grundsätzlich nicht ausgerottet werden, sie sind letztlich unangreifbar, weil sie von den vielen anderen Wirten immer wieder (direkt oder indirekt) auf den Menschen übertragen werden können. Einige Beispiele: Tollwut-Virus¹, *Borrelia burgdorferi*, *Toxoplasma gondii*, *Trypanosoma cruzi*, Babesien, ... sind Erreger von Zoonosen, sie zirkulieren in Tieren und gelangen mehr oder weniger zufällig und/oder gelegentlich in den Menschen, in dem sie allerdings (und gerade auch deshalb) zu einer schweren und häufig lebensbedrohlichen Krankheit führen können.

Dass ein pathogener Mikroorganismus außer dem Menschen keine anderen Vertebraten-Wirte hat, genügt aber nicht, um ihn auszurotten zu können. Es muss eine Möglichkeit geben, die menschliche Population erregerefrei zu bekommen, und das gelingt nur, wenn entweder eine wirksame Chemotherapie oder eine Impfung zur Verfügung steht. Bisher ist erst ein einziger für den Menschen pathogener Mikroorganismus ausgerottet worden: das Pocken-Virus. Es kommt ausschließlich im Menschen vor, und es gibt (gab) einen wirksamen Impfstoff, durch den man geradezu von Dorf zu Dorf wandernd die Bevölkerung vor neuen Ansteckungen schützen konnte. Und da es keine Wirbeltiere gab, von denen aus das Virus wieder auf den Menschen übertragen werden hätte können, gelang es bis zum Ende der 1970er Jahre tatsächlich, die Pocken auszurotten. Die Malaria-Erreger haben zwar neben dem Menschen noch einen anderen Wirt, nämlich die *Anopheles*-Mücken, die ja als Überträger fungieren, aber in ihnen können Plasmodien im äußersten Fall einige Monate überdauern (das ist die maximale Lebensdauer von überwinterten *Anopheles*-Stechmücken), und mit dem Tod der Culiciden sind die Plasmodien verschwunden, wenn nicht für die nächste *Anopheles*-Generation Menschen, die Plasmodien in ihrem Blut haben, für blutsaugende Stechmücken zur Verfügung stehen.

¹ Auch die erfolgreiche regional (und letztlich zeitlich) begrenzte Ausrottung der Tollwut ändert nichts daran.

Es gibt zwar nach wie vor keine Impfung zufriedenstellender Effektivität gegen die Malaria (und wird auch nicht so schnell – wenn überhaupt – eine geben), aber für die Therapie (und auch für die Chemoprophylaxe) der Malaria stehen uns mehrere hochwirksame Medikamente zur Verfügung. Ein an Malaria erkrankter Mensch kann, wenn die Therapie rechtzeitig einsetzt, so gut wie immer gerettet werden, womit die Plasmodien aus seinem Blut verschwunden sind. Auf diese Weise wurden große Teile des einstigen Verbreitungsgebiets der Malaria frei von humanpathogenen Plasmodien – so auch Mitteleuropa. Theoretisch könnte man die Malaria weltweit ausrotten (dieses Ziel hatte die WHO auch tatsächlich vor ca. 40 Jahren ins Auge gefasst), aber in der Praxis ist das doch nicht möglich, weil die Infrastruktur, die Mittel, das medizinische Personal und andere Voraussetzungen fehlen, um wirklich große Gebiete von der Infektion zu befreien.

Selbstverständlich können Malaria-Erreger geradezu jederzeit nach Mitteleuropa eingeschleppt werden, das kann durch infizierte Stechmücken (vor allem in Flugzeugen) geschehen, das ist aber auch durch infizierte Patienten möglich, wenn diese in Mitteleuropa von Anophelen (die in manchen Gebieten sehr häufig sind) gestochen werden, die den Erreger nach einiger Zeit durch einen weiteren Stich auf einen anderen Menschen übertragen können. Da aber in Mitteleuropa jeder Malaria-Fall sofort einer Therapie unterworfen wird, wird die Möglichkeit einer Etablierung humanpathogener Plasmodien geradezu im Keim erstickt. Im Gefolge der globalen Erwärmung wird sich die äußere Inkubationszeit der Plasmodien in den Stechmücken (vielleicht um wenige Tage) verkürzen, und *Anopheles*-Arten werden sich vielleicht weiter nach Norden ausbreiten, und es werden sowohl durch Touristen als auch durch Asylsuchende mehr Personen mit Plasmodien-Infektionen nach Mitteleuropa einreisen, aber aus den genannten Gründen wird dies ohne nachhaltige Folgen bleiben.

Zusammenfassung

In den vergangenen Jahrzehnten sind in Europa und auch in Mitteleuropa neue Erreger und neue Überträger aufgetaucht, die in vielen Fällen zunächst mit dem Klimawandel in kausalem Zusammenhang gebracht wurden. Das hat sich durchwegs als unzutreffend erwiesen. Manche überraschend in Mitteleuropa aufgetauchten Erreger (z.B. *Borrelia burgdorferi*) und Überträger (z.B. Sandmücken) waren immer schon da, wurden aber erst spät entdeckt. Andere Erreger (z.B. Dengue-Virus, Chikungunya-Virus in Südeuropa; Leishmanien in Mitteleuropa) und Vektoren (z.B. *Aedes albopictus* und andere exotische Stechmücken) sind auf Einschleppungen durch menschliche Aktivitäten zurückzuführen – letztlich eine Folge der Globalisierung mit enormen Bevölkerungsbewegungen (Tourismus, Arbeitssuche, Flüchtlinge, ...), Transport von Gütern, Nutz- und Haustieren. Es gibt bisher keinen einzigen bewiesenen Fall des Auftretens neuer Erreger oder Überträger in Europa und eben auch in Mitteleuropa infolge der globalen Erwärmung. Trotzdem hat der Klimawandel eine enorme Bedeutung für Verbreitung und Ausbreitung von Überträgern und damit von Erregern in Mitteleuropa. Schon jetzt verändern sich vertikale und horizontale Verbreitung, aber wir stehen erst am Anfang der in diesem Jahrhundert zu erwartenden Erwärmung um mindestens 2°C, vielleicht 3°C. Dadurch werden eingeschleppte Überträger und Erreger sich schneller und weiter ausbreiten können. Besondere Wachsamkeit verlangen dabei die durch Arthropoden übertragenen Viren (Arboviren), weil es gegen die meisten weder eine Impfung noch

eine spezifische Therapie gibt. Ebenso müssen die Leishmanien in Mitteleuropa beachtet werden, wenngleich (oder auch gerade weil) sie einer wirksamen Chemotherapie zugänglich sind.

Die Malaria wird hingegen selbst bei einer exzessiven Klimaerwärmung in Mitteleuropa nicht zu einer realen Gefahr werden.

Dank

Die Herren Dr. Heiko Bellmann (1950-2014) (Ulm), Dr. Reiner Pospischil (Bergheim) und Prof. Dr. Hanns M. Seitz (Bonn) haben uns liebenswürdiger Weise aus ihren Fotoarchiven Bilder mit der Erlaubnis zur Veröffentlichung zur Verfügung gestellt. Wir möchten auch an dieser Stelle unseren aufrichtigen Dank aussprechen.

Literatur

- ADL S.M., SIMPSON A.G., LANE C.E., LUKEŠ J., BASS D., BOWSER S.S., BROWN M., BURKI F., DUNTHORN M., HAMPL V., HEISS A., HOPPENRATH M., LARA E., LEGALL L., LYNN D.H., McMANUS H., MITCHELL E.A.D., MOZLEY-STANRIDGE S.E., WEGENER PARFREY L., PAWLOWSKI J., RUECKERT S., SHADWICK L., SCHOCH C., SMIRNOV A., & SPIEGEL F.W., 2012: The revised classification of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59 (5): 429-514. doi: 10.1111/j.1550-7408.2012.00644x.
- APCC, 2014: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, 1096 pp.
- 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 Krankheiten. In: ASPÖCK H. (wiss. Red.): Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa im Überblick. *Denisia*, 6: 397-445.
- ASPÖCK H., 2008a: Durch Arthropoden übertragene Erreger von Infektionen des Menschen in Mitteleuropa – ein Update. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 16: 371-392.
- ASPÖCK H., 2008b: Postglacial formation and fluctuations of the biodiversity of Central Europe in the light of climate change. *Parasitology Research*, 103 (Suppl. 1): S7-S10.
- ASPÖCK H., 2008c: Klimawandel und die Ausbreitung von Krankheiten: Durch Arthropoden übertragene Infektionen in Mitteleuropa. *Entomologica romanica*, 12: 343-362.
- ASPÖCK H., 2010a: Fluctuations of Biodiversity in Europe in Light of Climate Change. In: FRIEDRICH B., HACKER J., HASNAIN S.E., METTENLEITER TH.C. & SCHELL J. (eds.): *Climate Change and Infectious Diseases*. *Nova Acta Leopoldina NF 111*, 381: 35-44.
- ASPÖCK H., 2010b: Krank durch Arthropoden: Gliederfüßer als Erreger und Überträger von Krankheiten des Menschen. *Grundlagen und Überblick*. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): *Krank durch Arthropoden*. *Denisia*, 30: 11-32.
- ASPÖCK H., 2012: Die Anfänge der Erforschung der Bedeutung von Stechmücken als Überträger von Arboviren in Mitteleuropa. *DGaaE (Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie) Nachrichten*, 26 (2): 75-90.

- ASPÖCK H. & DOBLER G., 2010: Durch Arthropoden übertragene Viren – Steckbrief und Überblick. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. *Denisia*, 30: 457-465.
- 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. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 120 (Suppl. 4): 24-29.
- ASPÖCK H. & WALOCHNIK J., 2009: Climate change, globalization and Leishmania infections. When sandflies move north. *Public Health Journal*, 20: 24-31.
- ASPÖCK H. & WALOCHNIK J., 2010: Krankheitserreger als Neobiota. In: RABITSCH W. & ESSL F. (Hrsg.): Aliens. Neobiota und Klimawandel – Eine verhängnisvolle Affäre? Bibliothek der Provinz, Weitra: 126-145.
- ASPÖCK H. & WALOCHNIK J., 2013: Klimawandel, Globalisierung und Infektionskrankheiten des Menschen. In: ESSL F. & RABITSCH W. (Hrsg.): Biodiversität und Klimawandel – Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer Spektrum, Heidelberg: 153-160.
- ASPÖCK W., 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 im Überblick. *Denisia*, 6: 33-74.
- AUER H. & ASPÖCK H., 2010: Dirofilariosen des Menschen – seltene Helminthozoonosen auch in Mitteleuropa (Nematoden, Spirurida, Onchocercidae). In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. *Denisia*, 30: 783-794.
- AUER H. & SUSANI M., 2008: Der erste autochthone Fall einer subkutanen Dirofilariose in Österreich. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 120 (Suppl. 4): 104-106.
- BAKONYI T., FERENCZI E., ERDÉLYI K., KUTASI O., CSÖRGŐ T., SEIDEL B., WEISSENBÖCK H., BRUGGER K., BÁN E. & NOWOTNY N., 2013: Explosive spread of a neuroinvasive lineage 2 West Nile virus in Central Europe, 2008/2009. *Veterinary Microbiology*, 165: 61-70.
- BECKER N., 2008: Influence of climate change on mosquito development and mosquito-borne diseases in Europe. *Parasitology Research*, 103 (Suppl. 1): S19-S28.
- BECKER N., KRÜGER A., KUHN C., PLENGE-BÖNIG A., THOMAS S.M., SCHMIDT-CHANASIT J. & TANNICH E., 2014: Stechmücken als Überträger exotischer Krankheitserreger in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt*, 57: 531-540.
- BECKER N., PETRIĆ D., ZGOMBA M., BOASE C., DAHL CH., LANE J. & KAISER A., 2003: Mosquitoes and their control. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 498 pp.
- BHATT S., GETHING P.W., BRADY O.J., MESSINA J.P., FARLOW A.W., MOYES C.L., DRAKE J.M., BROWNSTEIN J.S., HOEN A.G., SANKOH O., MYERS M.F., GEORGE D.B., JAENISCH T., WINT G.R.W., SIMMONS C.P., SCOTT T.W., FARRAR J.J. & HAY S.I., 2013: The global distribution and burden of dengue. *Nature*, 496: 504-507.
- BÖHM R., 2010: Heiße Luft nach Kopenhagen. Reizwort Klimawandel: Fakten – Ängste – Geschäfte. Edition VA bENE, Wien, 280 pp.
- BOGDAN C., SCHÖNIAN G., BAÑULS A.L., HIDE M., PRATLONG F., LORENZ E., RÖLLINGHOFF M. & MERTENS R., 2001: Visceral leishmaniasis in a German child who had never entered a known endemic area: case report and review of the literature. *Clinical Infectious Diseases*, 32: 302-306.
- DANIEL M., BENES C., DANIALOVÁ V. & KRÍZ B., 2011: Sixty years of research of tick-borne encephalitis – a basis of the current knowledge of the epidemiological situation in Central Europe. *Epidemiologie Mikrobiologie Immunologie*, 60 (5): 135-155.
- DANIELOVÁ V., DANIEL M., SCHWARZOVÁ L., MATERNA J., RUDENKO N., GOLOVCHENKO M., HOLUBOVÁ J., GRUBHOFFER L. & KILIÁN P., 2010: Integration of a Tick-Borne Encephalitis Virus and *Borrelia burgdorferi* sensu lato into Mountain Ecosystems, Following a Shift in the Altitudinal Limit of Distribution of Their Vector, *Ixodes ricinus* (Krkonoše Mountains, Czech Republic). *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 10 (3): 223-230. doi: 10.1089=vbz.2009.0020.
- DANIELOVÁ V., KLIÉROVÁ S., DANIEL M. & BENEŠ Č., 2008: Influence of climate warming on tick-borne encephalitis expansion to higher altitudes over the last decade (1997-2006) in the Highland Region (Czech Republic). *Central European Journal of Public Health*, 16 (1): 4-11.
- DEPAQUIT J., GRANDADAM M., FOUQUE F., ANDRY P.E. & PEYREFITTE C., 2010: Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: a review. *Eurosurveillance*, 15: 1-8.

- DOBLER G., 2010: Läuse-Fleckfieber, Zeckenstichfieber und andere Rickettsiosen. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. Denisia, 30: 565-592.
- DOBLER G. & ASPÖCK H., 2010a: Durch Zecken übertragene Arboviren als Erreger von Infektionen des Menschen. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. Denisia, 30: 467-499.
- DOBLER G. & ASPÖCK H., 2010b: Durch Stechmücken übertragene Arboviren als Erreger von Infektionen des Menschen. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. Denisia, 30: 500-553.
- DOBLER G. & ASPÖCK H., 2010c: Durch Sandmücken und durch Gnitzen übertragene Arboviren als Erreger von Infektionen des Menschen. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. Denisia, 30: 555-563.
- DOBLER G. & PFEFFER M., 2014: Bedeutung der Klimafaktoren für die Ausbreitung und Übertragung von Arbovirus-Infektionen. In: LOZÁN L.J., GRASSL H., PIEPENBURG D. & BRANDT A. (Hrsg.): WARNSIGNAL KLIMA: Gesundheitsrisiken/Gefahren für Pflanzen, Tiere & Menschen. http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2014/06/dobler_pfeffer.pdf
- EBERT B. & FLEISCHER B., 2005: Globale Erwärmung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 48: 55-62.
- ESSL F. & RABITSCH W., 2002: Neobiota in Österreich. Umweltbundesamt, Wien, 432 pp.
- ESSL F. & RABITSCH W. (Hrsg.), 2013: Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer Spektrum, Berlin, 458 pp.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), 2014: Vector maps. <http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/vector-maps.aspx>
- FARKAS R., TÁNCZOS B., BONGIORNO G., MAROLI M., DEREURE J. & READY P.D., 2011: First Surveys to Investigate the Presence of Canine Leishmaniasis and Its Phlebotomine Vectors in Hungary. Vector-Borne and Zoonotic Diseases, 11 (1): 1-12.
- FISCHER D., MOELLER P., THOMAS S.M., NAUCKE T.J. & BEIERKUHNLIN C., 2011: Combining climatic projections and dispersal ability: a method for estimating the responses of sandfly vector species to climate change. PLoS Neglected Tropical Diseases: e1407. doi:10.1371/journal.pntd.0001407
- FISCHER D., THOMAS S.M. & BEIERKUHNLIN C., 2010: Temperature-derived potential for the establishment of phlebotomine sandflies and visceral leishmaniasis in Germany. Geospatial Health, 5: 59-69.
- FRANK C., FABER M., HELLENBRAND W., WILKING H. & STARK K., 2014: Wichtige, durch Vektoren übertragene Infektionskrankheiten beim Menschen in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt, 57: 557-567. doi: 10.1007/s00103-013-1925-9
- HARTELT K., PLUTA S., OEHME R. & KIMMIG P., 2008: Spread of ticks and tick-borne diseases in Germany due to global warming. Parasitology Research, 103 (Suppl. 1): S109-S116.
- HEINZ F.X., 2014: Hoffnung für eine Dengue Vakzine? Virusepidemiologische Information, 17/14: 2-4.
- HOFHUIS A., REIMERINK J., REUSKEN C., SCHOLTE E.-J., BOER A. DE, TAKKEN W. & KOOPMANS, 2009: The Hidden Passenger of Lucky Bamboo: Do Imported *Aedes albopictus* Mosquitoes Cause Dengue Virus Transmission in the Netherlands? Vector-borne and Zoonotic Diseases, 9 (2): 217-220.
- HOLZMANN H., ABERLE S.W., STIASNY K., WERNER P., MISCHAK A., ZAINER B., NETZER M., KOPPI S., BECHER E. & HEINZ F.X., 2009: Tick-borne encephalitis from eating goat cheese in a mountain region of Austria. Emerging Infectious Diseases, 15 (10): 1671-1673.
- HUBÁLEK Z., 2008: Mosquito-borne viruses in Europe. Parasitology Research, 103 (Suppl. 1): 29-43.
- HUBÁLEK Z. & HALOUZKA J., 1996: Arthropod-borne Viruses of Vertebrates in Europe. Acta scientiarum naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae Brno, 30: 1-95.
- HUBER K., JANSEN S., LEGGEWIE M., BADUSCHE M., SCHMIDT-CHANASIT J., BECKER N., TANNICH E. & BECKER S.C., 2014: *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) from Germany have vector competence for Japan encephalitis virus but are refractory to infection with West Nile virus. Parasitology Research, 113: 3195-3199. doi: 10.1007/s00436-014-3983-9

- IBÁÑEZ-JUSTICIA A., KAMPEN H., BRAKS M., SCHAFFNER F., STEEGHS M., WERNER D., ZIELKE D., HARTOG, W. DEN, BROOKS M., DIK M., VOSSENBERG, B. VAN DE & SCHOLTE E.-J., 2014: First report of established population of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) in the Netherlands. *Journal of the European Mosquito Control Association*, 32: 9-13.
- JAENSON T.G.T., JAENSON D.G.E., EISEN L., PETERSSON E., & LINDGREN E., 2012a: Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. *Parasites & Vectors*, 5: 8. <http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/8>
- JAENSON T.G.T., HJERTQVIST M., BERGSTRÖM T. & LUNDKVIST Å., 2012b: Why is tick-borne encephalitis increasing? A review of the key factors causing the increasing incidence of human TBE in Sweden. *Parasites & Vectors*, 5: 184. <http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/184>
- JANSEN A., FRANK CH., KOCH J. & STARK K., 2008: Surveillance of vector-borne diseases in Germany: trends and challenges in the view of disease emergence and climate change. *Parasitology Research (Suppl. 1)*, 103: S11-S17.
- KAMPEN H. & WERNER D., 2014: Out of the bush: the Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) becomes invasive. *Parasites & Vectors*, 7: 59. <http://www.parasitesandvectors.com/content/7/1/59>
- KOLLARITSCH H., EMMINGER W., ZAUNSCHIRM A. & ASPÖCK H., 1989: Suspected autochthonous kala-azar in Austria. *The Lancet*, 8643: 901-902.
- KOWARIK I., 2010: Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 492 pp.
- KRENN H.W. & ASPÖCK H., 2010: Bau, Funktion und Evolution der Mundwerkzeuge blutsaugender Arthropoden. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. *Denisia*, 30: 81-108.
- KRENN H.W. & ASPÖCK H., 2012: Form, function and evolution of the mouthparts of blood-feeding Arthropoda. *Arthropod Structure & Development*, 41: 101-118. doi: 10.1016/j.asd.2011.12.001.
- KROMP-KOLB H. & FORMAYER H., 2005: Schwarzbuch Klimawandel. ecowin Verlag, Salzburg, 219 pp.
- LEHANE M., 2005: The Biology of Blood-Sucking in Insects. Cambridge University Press, Cambridge, 321 pp.
- 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 (2): 119-123.
- LOZÁN L.J., GRASSL H., PIEPENBURG D. & BRANDT A. (Hrsg.), 2014: WARNSIGNAL KLIMA: Gesundheitsrisiken / Gefahren für Pflanzen, Tiere & Menschen. <http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/>
- MALTEZOU H.C., ANDONOVA L., ANDRAGHETTI R., BOULOY M., ERGONUL O., JONGEJAN F., KALVATCHEV N., NICHOL S., NIEDRIG M., PLATONOV A., THOMSON G., LEITMEYER K. & ZELLER H., 2010: Crimean-Congo hemorrhagic fever in Europe: current situation calls for preparedness. *Euro Surveillance*, 15 (10): pii=19504. <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19504>.
- MEDLOCK J.M., HANSFORD K.M., SCHAFFNER F., VERSTEIRT V., HENDRICKX G., ZELLER H. & VAN BORTEL W., 2012: A Review of the Invasive Mosquitoes in Europe: Ecology, Public Health Risks, and Control Options. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12 (6): 435-447.
- MENNE B. & EBEL K.L. (eds.), 2006: Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 449 pp.
- MOURYA D.T., 1987: Absence of transovarial transmission of Chikungunya virus in *Aedes aegypti* & *Ae. albopictus* mosquitoes. *Indian Journal of Medical Research*, 85: 593-595.
- NAUCKE T.J., 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 im Überblick. *Denisia*, 6: 163-178.
- NAUCKE T.J., LORENTZ S., RAUCHENWALD F. & ASPÖCK H., 2011: *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908, in Carinthia: first record of the occurrence of sandflies in Austria (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). *Parasitology Research*, 109 (4): 1161-1164.

- NAUCKE T.J., MENN B., MASSBERG D. & LORENTZ S., 2008: Sandflies and leishmaniasis in Germany. *Parasitology Research*, 103 (Suppl. 1): S65-S68.
- NAUCKE T.J. & PESSON B., 2000: Presence of *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908 (Diptera: Psychodidae) in Germany. *Parasitology Research*, 86: 335-336.
- NENTWIG W., 2010: Invasive Arten. Haupt Verlag, Bern, 128 pp.
- OBWALLER A., POEPL W., NAUCKE T.J., LUKSCH U., MOOSEDER G., ASPÖCK H. & WALOCHNIK J., 2014: Stable populations of sandflies (*Phlebotominae*) in Eastern Austria: a comparison of the trapping seasons 2012 and 2013. *Trends in Entomology*, 10: 49-53.
- PFEFFER M., 2010: Die Pest. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. *Denisia*, 30: 625-636.
- PFEFFER M. & DOBLER G., 2014: Biologie, Ökologie und medizinische Bedeutung von Stechmücken in Deutschland. In: LOZÁN L.J., GRASSL H., PIEPENBURG D. & BRANDT A. (Hrsg.): WARNSIGNALKLIMA: Gesundheitsrisiken / Gefahren für Pflanzen, Tiere & Menschen. http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2014/06/pfeffer_dobler.pdf
- PLUSKOTA B., STORCH V., BRAUNBECK T., BECK M. & BECKER N., 2008: First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. *European Mosquito Bulletin*, 26: 1-5.
- POEPL W., HERKNER H., TOBUDIC S., FAAS A., AUER H., MOOSEDER G., BURGMANN H. & WALOCHNIK J., 2012: Seroprevalence and asymptomatic carriage of *Leishmania* spp. in Austria, a non-endemic European country. *Clinical Microbiology and Infection*, 19 (6): 572-577.
- POEPL W., OBWALLER A.G., WEILER M., BURGMANN H., MOOSEDER G., LORENTZ S., RAUCHENWALD F., ASPÖCK H., WALOCHNIK J. & NAUCKE T.J., 2013: Emergence of sandflies (*Phlebotominae*) in Austria, a Central European Country. *Parasitology Research*, 112: 4231-4237.
- RABITSCH W. & ESSL F. (Hrsg.), 2010: Aliens. Neobiota und Klimawandel – Eine verhängnisvolle Affäre? Bibliothek der Provinz, Weitra, 160 pp.
- RÁKOSY L. & MOMEU L.(eds.), 2009: Neobiota din Romania. Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca, 212 pp.
- REITER P. & SPRENGER D., 1987: The used tire trade: a mechanism for the worldwide dispersal of container breeding mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 3 (3): 494-501.
- SASSNAU R., CZAJKA C., KRONEFELD M., WERNER D., GENCHI C., TANNICH E. & KAMPEN H., 2014: *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis* DNA findings in mosquitoes in Germany: temperature data allow autochthonous extrinsic development. *Parasitology Research*, 113: 3057-3061.
- SCHAFFNER F., BELLINI R., PETRIĆ D. & E.J. SCHOLTE, 2012: Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes. European Centre for Disease Prevention and Control, Stockholm, 44 pp. + Annex.
- SCHEID P.L. & NUSSBAUM M., 2007: Überträgerassoziierte Infektionskrankheiten im Fokus des globales Klimawandels. Leishmaniose und Dengue-Fieber. *Flugmedizin Tropenmedizin Reisemedizin*, 14 (4): 187-192.
- SCHMIDT R., MATULLA C. & PSENNER R. (Hrsg.), 2009: Klimawandel in Österreich. Die letzten 20.000 Jahre... und ein Blick voraus. insbruck university press, Innsbruck, 183 pp.
- SEIDEL B., DUH D., NOWOTNY N. & ALLERSBERGER F., 2012: Erstnachweis der Stechmücken *Aedes (Ochlerotatus) japonicus japonicus* (THEOBALD, 1901) in Österreich und Slowenien in 2011 und für *Aedes (Stegomyia) albopictus* (SKUSE, 1895) in Österreich 2012 (Diptera: Culicidae). *Entomologische Zeitschrift Stuttgart*, 112 (5): 223-226.
- STANEK G., 2002: Durch Zecken übertragene Krankheitserreger in Mitteleuropa. . In: Aspöck H. (wiss. Red.): Amöben, Bandwürmer, Zecken... Parasiten und parasitäre Erkrankungen des Menschen in Mitteleuropa im Überblick. *Denisia*, 6: 477-496.
- STANEK G., 2010: Borreliosen. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. *Denisia*, 30: 605-624.
- TAKKEN W. & KNOLS B.G.J. (Hrsg.), 2007: Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 499 pp.
- THOMAS S.M., TJADEN N.B., VAN DEN BOS S. & BEIERKUHNLEIN C., 2014: Implementing Cargo Movement into Climate Based Risk Assessment of Vector-Borne Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11: 3360-3374.
- WALOCHNIK J. & ASPÖCK H., 2010: Sandmücken, Leishmanien und Leishmaniosen – neue Dimensionen alter Krankheiten. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. *Denisia*, 30: 673-694.

- WALOCHNIK J. & ASPÖCK H., 2014: Protozoen und Protozoen-Infektionen des Menschen in Mitteleuropa. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 164 (19): 435-445. doi: 10.1007/s10354-014-0318-5.
- WALOCHNIK J., HARZHAUSER M. & ASPÖCK H., 2010: Climate Change as a Driving Force for Evolution. In: FRIEDRICH B., HACKER J., HASNAIN S.E., METTENLEITER TH.C. & SCHELL J. (eds.): *Climate Change and Infectious Diseases*. Nova Acta Leopoldina NF 111, 381: 23-34.
- WEISSENBOCK H., HUBÁLEK Z., BAKONYI T. & NOWOTNY N., 2010: Zoonotic mosquito-borne flaviviruses: worldwide presence of agents with proven pathogenicity and potential candidates of future emerging diseases. *Veterinary Microbiology*, 140 (3-4): 271-280.
- 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. *Emerging Infectious Diseases*, 8: 652-656.
- 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.
- ZEHENDER G., EBRANATI E., SHKJEZI R., PAPA A., LUZZAGO C., GABANELLI E., LO PRESTI A., LAI A., REZZA G., GALLI M., BINO S. & CICOZZI M., 2013: Bayesian Phylogeography of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus in Europe. *PLOS ONE*, 8 (11): e79663.
- ZIELKE D.E., WERNER D., SCHAFFNER F., KAMPEN H. & FONSECA D.M., 2014: Unexpected Patterns of Admixture in German Populations of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) Under-score the Importance of Human Intervention. *PLOS ONE*, 9 (7): e99093.
- ZYTOON E.M., EL-BELBASI H.I. & MATSUMURA T., 1993: Transovarial transmission of Chikungunya virus by *Aedes albopictus* mosquitoes ingesting microfilariae of *Dirofilaria immitis* under laboratory conditions. *Microbiology and Immunology*, 37 (5): 419-421.

Adresse der Autoren:

Univ.-Prof. Dr. Horst Aspöck
Assoz. Prof. Dr. Julia Walochnik
Institut für Spezifische Prophylaxe und Tropenmedizin, Medizinische Parasitologie, Medizinische Universität Wien (MUW)
Kinderspitalgasse 15
A-1090 Wien, Österreich
horst.aspoeck@meduniwien.ac.at, julia.walochnik@meduniwien.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Gredleriana](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [014](#)

Autor(en)/Author(s): Aspöck Horst, Walochnik Julia

Artikel/Article: [Durch blutsaugende Insekten und Zecken übertragene Krankheitserreger des Menschen in Mitteleuropa aus der Sicht von Klimawandel und Globalisierung 61-98](#)