Entomologica Austriaca
www.entomologie.org Band 29: 183–208 Wien, 19.03.2022

Überträger und Erreger von Krankheiten als Neobiota in Mitteleuropa

Edwin Kniha, Horst Aspöck & Julia Walochnik

Abstract: Non-native vectors and associated diseases in Central Europe. Postglacial recolonization events have formed a relatively young but diverse Central European fauna including vectors and associated pathogens. While some prevalent vector-borne diseases have already vanished, others have been introduced recently with the potential to become established and spread. The medically most relevant arthropods in Central Europe are mosquitoes, ticks, and sandflies, which can transmit arboviruses, bacteria, protozoan parasites, and helminths. The arrival of non-native vectors is mainly due to globalization and climate change. Moreover, favorable environmental conditions in a novel habitat affect a species' potential to become established. Medically relevant non-native mosquito species are *Aedes albopictus*, *Aedes japonicus*, and *Aedes koreicus*. Particularly, *Ae. albopictus*, the Asian Tiger Mosquito, has an enormous potential to spread and is a proven vector for several arboviruses such as Chikungunya virus, Zika virus, or Dengue viruses, but also for the filarial nematodes *Dirofilaria* spp. Newly emerging ticks are *Hyalomma marginatum*, the principal vector of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever virus, *Rhipicephalus sanguineus*, and *Ixodes inopinatus* (a species recently described). Moreover, sandflies were discovered rather recently in Central Europe, however, their occurrence is a result of postglacial recolonization from Mediterranean refugial areas. Their role as vectors of the protozoan parasites *Leishmania* spp. and of arboviruses in Central Europe is still unclear and a matter of ongoing research. The arrival and establishment of non-native arthropod vectors and pathogens is of enormous medical relevance as effective treatments or vaccines are not always available. Thus, extensive monitoring approaches are needed to understand the current and future distribution of arthropod vectors and to assess their medical importance in Central Europe.

Keywords: non-native species, arthropod vectors, Central Europe, climate change, globalization

Citation: Kniha E., Aspöck H. & Walochnik J. 2022: Überträger und Erreger von Krankheiten als Neobiota in Mitteleuropa. – Entomologica Austriaca 29: 183–208

Einleitung

Neobiota in der Medizinischen Entomologie

Der Begriff Neobiota (aus dem altgriechischen νέος néos „neu" und βίος bíos/βίοτος bíotos „Leben") umfasst jene Arten, die sich in Gebieten etablieren, in denen sie zuvor

noch nicht heimisch waren – zumeist (mit)verursacht durch den Menschen. Vor allem im deutschsprachigen Raum werden Neobiota in neobiotische Tiere (Neozoa), neobiotische Pflanzen (Neophyten) und neobiotische Pilze (Neomyceten) eingeteilt. Im Englischen erfolgt die Einteilung ein wenig liberaler, und Begriffe wie „alien species" (fremde Arten) oder „invasive species" (invasive Arten) stehen stellvertretend für alle Neobiota (Richardson et al. 2000, Essl et al. 2018). Letztlich sind Arten aber nur dann invasiv, wenn sie nachweislich heimische Arten beeinflussen oder gar verdrängen oder sogar das Ökosystem insgesamt verändern (Beck et al. 2008, www.tierschutzbund.de, aufgerufen am 08.11.2021).

Medizinisch relevante Arthropoden umfassen solche, die selbst Krankheiten beim Menschen verursachen oder die Krankheitserreger übertragen können (i. e. Vektoren; z. B. während des Blutsaugens). Stellvertretend für die erste Gruppe sind *Sarcoptes*-Milben, Erreger der Skabies, und die Dipterenfamilien Calliphoridae und Sarcophagidae zu nennen, Verursacher von Fliegenmadenbefall (Myiasis) (Robbins & Khachemoune 2010). In der zweiten und medizinisch wichtigeren Gruppe sind unter anderem Simuliidae (Kriebelmücken), Ceratopogonidae (Gnitzen), Tabanidae (Bremsen), Culicidae (Stechmücken), Phlebotominae (Sandmücken) und Ixodidae (Schildzecken) anzuführen, von denen die letzten drei als Vektoren besondere Bedeutung haben – vor allem auch in Mitteleuropa (Aspöck 2008a). Die Liste der durch Vektoren übertragenen Erreger ist lang und umfasst Bakterien, parasitische Einzeller (Protozoen) und Würmer (Helminthen), aber auch durch Arthropoden übertragene Viren (Arboviren) (Aspöck & Dobler 2010).

Mitteleuropa beherbergt eine Vielzahl von Arthropodenarten, die zum Blutsaugen und damit auch zur Übertragung von Erregern befähigt sind. Gewiss hat Mitteleuropa auch im Glazial reichlich blutsaugende Arthropoden (z. B. Culiciden, Ixodiden) beherbergt (es gab ja auch reichlich Vertebraten-Wirte), aber der größere Teil der blutsaugenden Arthropoden ist in den letzten Jahrhunderten und Jahrtausenden eingewandert und mit Ausnahmen bis heute etabliert (beispielsweise sind Kleiderlaus, Bettwanze und Menschenfloh in Europa inzwischen selten geworden). Um die aktuelle medizinisch relevante Arthropodenfauna in Mitteleuropa zu verstehen, muss man weit in die Vergangenheit blicken – bis zum Ende des letzten Glazials vor ca. 12.000 Jahren.

Postglaziale Wiederbesiedelung Mitteleuropas

Seit dem Pleistozän, das vor ungefähr 2,5 Millionen Jahren begann, befindet sich unsere Welt in alternierenden Kalt- und Warmzeiten (Glaziale und Interglaziale). Während Glaziale etwa 90.000–100.000 Jahre andauern, sind Interglaziale mit ca. 15.000–20.000 Jahren wesentlich kürzer. Obwohl die globale Durchschnittstemperatur während der kältesten Phase der letzten Eiszeit (Weichsel-/Würm-Eiszeit) vor ca. 25.000 Jahren nur etwa 4–7 °C niedriger war als heute, waren große Teile Nordeuropas (ebenso die Alpen und andere Gebirge) von massiven Gletschern bedeckt. Die Permafrostgrenze zog sich quer durch Mitteleuropa und durchzog die Gebiete der heutigen Städte Wien, München und Bern. Die riesigen (nicht vergletscherten) Tundraregionen wiesen eine extrem reduzierte Fauna und Flora auf, wurden dafür aber von heute bereits ausgestorbenen Säugetieren wie dem Wollhaarmammut, Wollhaarnashorn, Moschusochsen und Höhlenlöwen bewohnt. Viele andere Arten starben aus oder fanden während dieser Zeit Schutz in (extra-) mediterranen Refugialräumen (Aspöck 2008b, 2010a).

Das Ende des Pleistozäns und damit der Anfang des Holozäns vor ca. 11.700 Jahren wurde durch einen raschen Temperaturanstieg geprägt. Dies hatte ein Abtauen der Gletscher und die Entstehung von Wäldern in Mittel- und Nordeuropa zur Folge. Damit verbunden kam es zu einer massiven Einwanderung von mediterranen Faunenelementen, und zwar nicht nur von Tieren, Pflanzen und Pilzen, sondern auch von (parasitischen) pro- und eukaryotischen Einzellern und von Viren. Diese postglaziale Wiederbesiedelung erfolgte hauptsächlich aus den Atlantomediterranen, Adriatomediterranen und Balkanomediterranen Refugialräumen. Aber auch aus (kleinen) extramediterran-europäischen Refugien, vor allem im südlichen Mitteleuropa und in Osteuropa, und auch aus solchen in paläarktischen Teilen Asiens erfolgten Wanderungen nordwärts und westwärts (Aspöck 2008b, Aspöck et al. 2008, Schmitt & Varga 2012, Kühne et al. 2017). Speziell während zwei ausgesprochen warmen Perioden, den Holozänen Optima vor ca. 6.500 und 4.500 Jahren, wurden Gebiete von Arten weit nördlich ihrer heutigen Verbreitungsgrenze besiedelt, und in weiterer Folge konnten sich Populationen in kleinen, klimatisch begünstigen Arealen bis heute etablieren. Beispielsweise modellierten Trájer et al. (2013) die potentielle Verbreitung mehrerer mediterraner Sandmückenarten während der Holozänen Optima weit in den Norden bis zu den Britischen Inseln. Die rezente Biodiversität Mitteleuropas ist also ein Produkt junger postglazialer Wiederbesiedelung, die auch aktuell keineswegs stagniert und ständigem Wandel unterzogen ist.

Ursachen für das Auftreten von Neobiota in Mitteleuropa

Das rezente und auch das zukünftige (Neu-)Auftreten von medizinisch relevanten Arthropoden und den von ihnen übertragenen Erregern in Mitteleuropa ist durch mehrere Faktoren bestimmt. Allen voran spielen Globalisierungsprozesse wie Reisen, Migration und Güterverkehr eine maßgebliche Rolle für die Verschleppung und Einschleppung von Vektoren und Erregern. So wurden 2019 weltweit mehr als 45 Millionen Flüge verzeichnet, und selbst im Jahr 2020, das vollständig von der rezenten Corona-Virus-Pandemie geprägt war, wurden mehr als 20 Millionen Flüge durchgeführt (www.statista.com, aufgerufen am 09.11.2021). Hinzu kommen etwa 90.000 Frachtschiffe sowie Güterverkehr auf Schiene und Straße, die Reisende, Waren und auch Vektoren um den Globus transportieren (www.umweltbundesamt.de, aufgerufen am 09.11.2021). So können Krankheitsüberträger, aber auch Krankheitserreger von Menschen oder Tieren verschleppt werden. Auch Arthropoden-assoziierte Erreger sind davon nicht ausgenommen, lediglich das Vorhandensein bzw. Fehlen kompetenter Überträger in nicht-heimischen Regionen limitiert mitunter eine Etablierung oder Verbreitung (Aspöck & Walochnik 2014).

Ein weiterer essentieller Faktor für das Auftreten neuer Überträger und Erreger ist der Klimawandel. Zwar gibt es bisher keinen gesicherten Fall einer durch den Klimawandel bedingten Einwanderung von medizinisch relevanten Neobiota in Mitteleuropa, aber die sekundäre Etablierung und Ausbreitung eines anthropogen eingeschleppten Vektors wird ohne Zweifel durch kontinuierlich steigende Durchschnittstemperaturen begünstigt. Der jüngste Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) führt zahlreiche Klimaszenarien an, die ein Ansteigen der globalen Durchschnittstemperaturen (im Vergleich zum vorindustriellen Referenzwert von 1850–1900) um bis zu

1,5 °C bis 2040, 3,4 °C bis 2060 und sogar 4,4 °C bis 2100 vorhersagen (IPCC 2021), was die weitere Ausbreitung von Vektoren und ihren Erregern massiv vorantreiben wird. Als ektotherme Organismen sind Arthropoden von der Umgebungstemperatur abhängig. Das heißt, Entwicklung, Vermehrung, Nahrungsaufnahme, Aktivität, Stechfrequenz etc. werden durch eine Temperaturerhöhung gesteigert (Walochnik & Aspöck 2008, Aspöck & Walochnik 2014).

Zum Auftauchen neuer Vektoren in Mitteleuropa kann auch intensivierte entomologische Beprobung beitragen. Als Beispiel dafür sind die Sandmücken und ihre erstmalige Entdeckung 1999 in Deutschland und 2009 in Österreich anzuführen. Anfänglich noch als Neobiota vermutet, wurde rasch durch weitere Studien belegt, dass die rezente mitteleuropäische Verbreitung auf postglaziale Wiederbesiedelung zurückzuführen ist. Kleine, bereits lange etablierte Sandmücken-Populationen wurden bis dahin schlicht übersehen bzw. wurde aufgrund der Vermutung, dass nördlich der Alpen keine Sandmücken existieren, nicht gezielt nach ihnen gesucht (Naucke & Pesson 2000, Naucke & Schmitt 2004, Aspöck et al. 2008, Naucke et al. 2011, Poeppl et al. 2013).

Einen weiteren, ähnlichen Fall stellen Gnitzen dar, denen erst nach Ausbruch der Blauzungenkrankheit wieder mehr Beachtung in Mitteleuropa geschenkt wurde. Mehrere Arten der Gattung *Culicoides* Latreille, 1809, spielen eine veterinärmedizinische Rolle als Überträger jenes Virus, das vor allem bei Schafen, Ziegen und Rindern die Blauzungenkrankheit auslöst, welche mit hohen Letalitätsraten einhergeht (Conraths et al. 2009). Eine Blauzungen-Virus-Epidemie im Dreiländereck Deutschland-Belgien-Niederlande im Jahr 2006 und kleinere Ausbrüche in sechs Bundesländern Österreichs (Ausnahmen waren Wien, Niederösterreich und Tirol) in den Jahren 2008 bis 2016 intensivierten die Gnitzen-Überwachung in den betroffenen Ländern (Sehnal et al. 2008, Mehlhorn et al. 2009, Ogden et al. 2014, Brugger et al. 2016). Erst durch ausgedehnte Beprobungen zum Zweck des Bluetongue-Monitorings wurden bisher unentdeckte Arten nachgewiesen; so stellten von 30 gefangenen *Culicoides*-Arten 19 Erstnachweise für Österreich dar (Anderle et al. 2011).

Auch die zunehmende Anwendung molekularbiologischer Methoden in der Medizinischen Entomologie verhilft zu neuen Erkenntnissen und Funden. Die „Erfindung" der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) durch Kary Mullis im Jahr 1986 und die ständige Weiterentwicklung dieser Methode in den Folgejahren verhalf der Molekularbiologie zu einem enormen Aufschwung (Mullis et al. 1986). Rund 20 Jahre später prägte der Begriff „Barcoding" durch Paul Hebert, also die molekulare Identifizierung einer Art durch einen ganz bestimmten Genabschnitt, einen massiven und vieldiskutierten Umschwung in der Taxonomie (Hebert et al. 2003), nämlich weg von morphologischen Methoden und hin zu molekularbiologischen Methoden zur Artunterscheidung, ein Trend der bis heute anhält. Oft fördert die molekulare Identifizierung kryptische Arten, Artkomplexe oder Schwesterarten von Vektoren zutage (Augot et al. 2013, Zittra et al. 2019).

Zuletzt darf die natürliche, rezente Einwanderung von Vektoren nicht außer Acht gelassen werden. Zwar werden häufig nur geringe Distanzen durch aktiven Flug zurückgelegt, jedoch werden flugfähige Vektoren durch Windverdriftung oft etliche (bis hunderte) Kilometer weit transportiert (Ducheyne et al. 2007). Zusätzlich importieren jährlich

migrierende Zugvögel auf ganz natürliche Weise verschiedene Zeckenarten, die während der langen Reise an ihren Wirten Blut saugen (Hasle 2013).

Das Auftreten neuer Überträger und Erreger in Mitteleuropa wird also durch verschiedene Faktoren angetrieben, die oft eng miteinander verknüpft sind. Viele dieser Überträger und Erreger sind bereits sehr lange in Mitteleuropa etabliert, einige sind rezent aufgetreten oder werden zukünftig hinzukommen. Und ein paar wenige, aber bedeutsame Krankheitserreger (und zum Teil ihre Vektoren) sind bereits wieder verschwunden.

Aus Mitteleuropa verschwundene Arthropoden-übertragene Erreger

Die Pest

Seit dem 6. Jahrhundert trat die Pest in drei großen Pandemien (mit einigen kleinen Epidemien) auf. Auch in Europa war die Pest weit verbreitet und wurde im 14. Jahrhundert von einer schweren Pest-Epidemie heimgesucht. Ein Beispiel: Wien hatte in der Mitte des 14. Jahrhunderts etwa 20.000 Einwohner, von denen mindestens ein Drittel der Pest zum Opfer fiel (https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Bevölkerung, aufgerufen am 06.12.2021). Insgesamt starben etwa 25 Millionen Menschen – damals bis ein Drittel der europäischen Bevölkerung (Pfeffer 2010, Aspöck & Walochnik 2014). Der Pesterreger, *Yersinia pestis*, ein gramnegatives Stäbchenbakterium, wird von Flöhen übertragen, und das Erregerreservoir stellen Ratten und andere Nagetiere dar. Hauptüberträger ist der tropische Rattenfloh, *Xenopsylla cheopis* (Rothschild, 1903), aber auch andere Floharten können in den Infektionszyklus integriert sein (Zietz & Dunkelberg 2004, Pfeffer 2010). Die Pest ist in Europa längst ausgerottet, bedingt durch hohe Hygienestandards und hochwirksame Therapeutika (Streptomyzin und Tetrazykline), mit denen eingeschleppte Fälle umgehend und effektiv behandelt werden können. Jährlich vermeldete kleine Pest-Ausbrüche (ca. 1500 Fälle mit ca. 150 Toten) beschränken sich auf ein paar wenige Länder vorwiegend in Afrika, aber auch Asien und Amerika (nach wie vor zirkuliert *Y. pestis* in verschiedenen Wirbeltier-Reservoirwirten in Nordamerika) (Stenseth et al. 2008, Maher et al. 2010).

Das Fleckfieber

Eine weitere schwere und epidemisch auftretende Krankheit ist das (Läuse)-Fleckfieber, dessen Erreger, *Rickettsia prowazekii* (gramnegative intrazelluläre Bakterien), von Kleiderläusen, *Pediculus humanus corporis* de Geer, 1778, übertragen werden. Besonders in Kriegszeiten auftretend forderte das Fleckfieber über Jahrhunderte bis zum 1. Weltkrieg Millionen Todesopfer (Dobler 2010). Durch Hygienemaßnahmen, die inzwischen zu einem seltenen Auftreten der Kleiderlaus geführt haben, ist das Fleckfieber wie auch schon die Pest aus Europa verschwunden. Kleinere Regionen in vorwiegend kälteren Gegenden der Erde, beispielsweise Bergregionen in Äthiopien, Hochtäler der Rocky Mountains und Anden, sowie Gebirgstäler Zentralasiens, sind rezente Verbreitungsgebiete (Perine et al. 1992, Raoult et al. 1997). Und obwohl alle in den letzten Jahrzehnten entwickelten Impfungen eingestellt wurden, stellen eingeschleppte Fleckfieber-Fälle kein medizinisches Problem dar. Die wirksame Anwendung von verfügbaren Therapeutika (Tetrazykline) machen die Impfstoffentwicklung obsolet (Dobler 2010).

Die Malaria

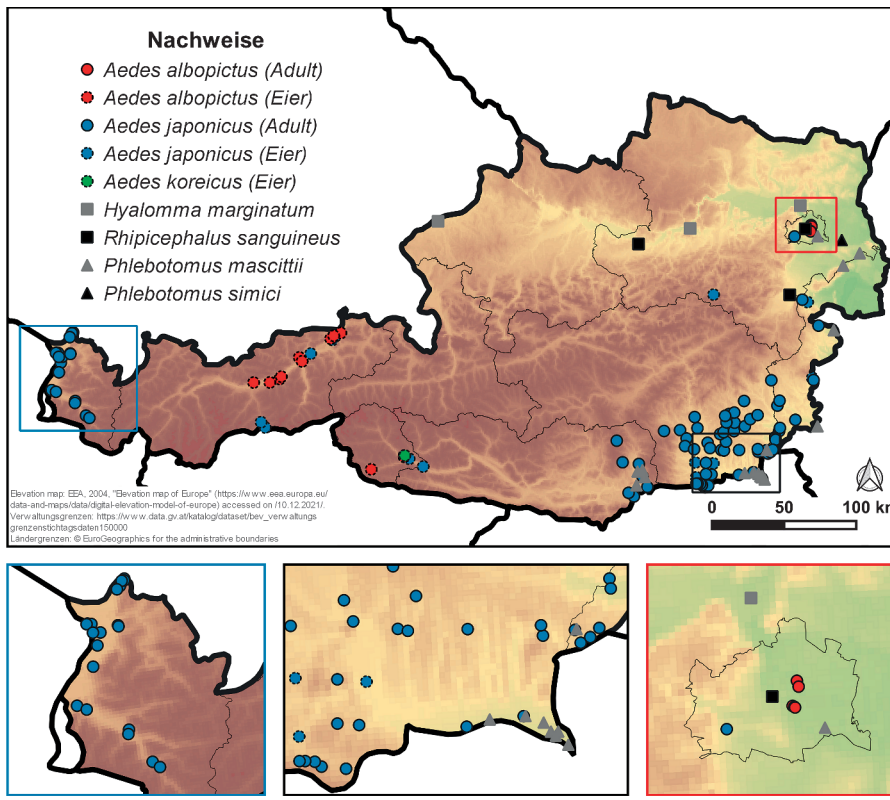
Auch die weltweit häufigste durch Vektoren-übertragene Erreger verursachte Krankheit trat bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts in Mitteleuropa auf – die Malaria. Die einzelligen Erreger der Malaria, *Plasmodium* spp., werden durch Stechmücken der Gattung *Anopheles* Meigen, 1818, übertragen. Drei der fünf bekannten humanpathogenen Plasmodien-Arten waren in Europa verbreitet, *Plasmodium vivax* (Malaria tertiana), *Plasmodium malariae* (Malaria quartana) und die tödlichste, *Plasmodium falciparum* (Malaria tropica) (Wernsdorfer 2002). Typische Endemiegebiete waren Feuchtgebiete, wie z. B. Sümpfe, Moore und Burggräben. Durch die stetig wachsende Bevölkerung mussten diese Habitate Äckern und Weideland für die Viehwirtschaft weichen, was zur Reduktion von Mückenbrutstätten führte. Erst der zweite Weltkrieg begünstigte eine Wiederausbreitung der Malaria in Europa, ehe sie durch die Entwicklung von wirksamen Therapeutika und die breite Anwendung von Insektiziden in den 1950er-Jahren in Mitteleuropa gänzlich verschwand (Kampen 2014). Seitdem die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Europa 1974 für malariafrei erklärt hat, kommt es tatsächlich nur noch sehr selten zu autochthonen Malariafällen. Der stetig steigende internationale Reiseverkehr führt aber zu einer Zunahme von importierter Malaria (Askling et al. 2012). Darüber hinaus gibt es gelegentlich Fälle von Flughafenmalaria, also von lokal akquirierten Infektionen mit Plasmodien durch eingeschleppte Anophelen, die eine Flugreise aus Endemiegebieten unbeschadet überstanden haben (Mouchet 2000). Und man muss erwähnen, dass einige der in Mitteleuropa heimischen *Anopheles*-Arten kompetente Vektoren für Plasmodien darstellen. Solche Übertragungen wurden in Spanien, Italien, Frankreich und Griechenland dokumentiert. Auch in Deutschland kam es zu lokalen Übertragungen, *Anopheles (Anopheles) plumbeus* Stephens, 1828, eine in Mitteleuropa weit verbreitete Stechmückenart, wurde als Überträger identifiziert (Krüger et al. 2001, Kampen 2005). Mit einer Reetablierung in Mitteleuropa ist allerdings nicht zu rechnen, da die Malaria als Anthroponose durch effiziente Behandlung aller Fälle gut kontrolliert werden kann.

Medizinisch relevante Neobiota in Mitteleuropa

Stechmücken und assoziierte Krankheitserreger

Die autochthone Stechmückenfauna Mitteleuropas umfasst etwa 50 Spezies (Zittra et al. 2015, Werner et al. 2020). In jüngster Zeit sind zumindest drei Arten als Neobiota dazugekommen: *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse, 1895), *Aedes* (*Hulecoeteomyia*) *japonicus* (Theobald, 1901) und *Aedes* (*Hulecoeteomyia*) *koreicus* (Edwards, 1917). Während die Hauptverbreitungsgebiete von *Ae. albopictus* (Asiatische Tigermücke) in Südostasien und von *Ae. japonicus* (Asiatische Buschmücke) sowie *Ae. koreicus* (Koreanische Buschmücke) in (Nord-)Ostasien liegen, haben sich diese Stechmückenarten in den letzten Jahrzehnten massiv ausgebreitet (Medlock et al. 2012). Allen voran *Ae. albopictus*, dessen globale Ausbreitung ein Paradebeispiel für anthropogen bedingte Verschleppung darstellt (Abb. 1). Dieser Vektor zahlreicher Arboviren gelangte erstmals 1983 mit gebrauchten Autoreifen (vorwiegend als Ei- und Larvenstadien) vermutlich aus Nordasien auf dem Schiffsweg nach Nordamerika (Hawley et al. 1987). Später fand man diese Art auch in Zierbambus („Lucky bamboo“) brütend, der im Wasserbad stehend in die ganze Welt verschifft wird und deshalb als „Unlucky bamboo“ betitelt wurde (Lok 2001).

1



2

Abb. 1: Die auch nach Mitteleuropa durch den Menschen eingeschleppte Asiatische Tigermücke, *Aedes albopictus*. Foto: R. Pospischil, aus Aspöck 2010b. **Abb. 2:** Verbreitungskarte der medizinisch relevanten neobiotischen Arthropoden in Österreich. Nachweise aus Bakran-Lebl et al. 2021a, 2021b, Duscher et al. 2018, Fuehrer et al. 2020, Kniha et al. 2020b, 2021, Prosl & Kutzer 1986, Schoener et al. 2019, Seidel et al. 2016 sowie https://noe.orf.at/stories/3004827/.

Auch die multiple Einschleppung nach Südeuropa (mit dem ersten Auftauchen in Albanien 1979 (Adhami & Murati 1987)) fand vorwiegend über Frachtentransporte statt. Danach konnte sich *Ae. albopictus* massiv nach Norden ausbreiten. Als passiver Hauptausbreitungsmodus wurde die Verschleppung durch Autos und LKWs identifiziert, vorwiegend entlang von Hauptverkehrsrouten (Scholte & Schaffner 2007, Eritja et al. 2017). Die ersten mitteleuropäischen Nachweise von Eiern oder Larven der Asiatischen Tigermücke wurden 2003 in der Südschweiz, 2007 in Deutschland, 2012 in Österreich und 2013 in der Slowakei verzeichnet (Flacio et al. 2004, Pluskota et al. 2008, Seidel et al. 2012, Bocková et al. 2013). Auch *Ae. japonicus* und *Ae. koreicus* konnten aufgrund ihrer Toleranz gegenüber niedrigen Temperaturen und artifiziellen Bruthabitaten weit verschleppt werden (Medlock et al. 2012). *Aedes japonicus*-Eier wurde 2008 in der Schweiz und Deutschland, 2011 in Österreich und 2020 in der Slowakei gefunden (Schaffner et al. 2009, Seidel et al. 2012, Čabanová et al. 2021). Einige Jahre später wurden schließlich auch adulte *Ae. koreicus* in Deutschland im Jahr 2015 und Eier dieser Art 2018 in Westösterreich gefunden (Werner et al. 2016, Fuehrer et al. 2020) (Abb. 2).

Seit den Erstnachweisen dieser drei Arten in Mitteleuropa gibt es zahlreiche Publikationen zu weiterer Einschleppung und Ausbreitung, aktuell auch erste Nachweise in Wien (Bakran-Lebl et al. 2021a). Die wiederholte anthropogene Einschleppung dieser Stechmückenarten bietet eine optimale Basis für die Etablierung von mitteleuropäischen Populationen, die durch steigende Temperaturen nochmals begünstigt wird. Insbesondere das Potential zu überwintern ist maßgeblich für eine erfolgreiche Etablierung; für *Ae. albopictus* ist dies in Deutschland bereits nachgewiesen (Pluskota et al. 2016). Darüber hinaus ist eine sekundäre aktive Ausbreitung möglich, wenngleich dadurch kürzere Distanzen zurückgelegt werden. Bakran-Lebl et al. (2021b) legen in einer rezenten Arbeit nahe, dass sich *Ae. japonicus* im Burgenland seit 2014 aktiv nach Norden ausgebreitet hat. Ob die neobiotischen Arten tatsächlich auch das Potential haben, invasiv zu werden, also lokale Stechmückenarten zu verdrängen, muss erst wissenschaftlich erwiesen werden.

In jedem Fall erhöht die vermehrte Einschleppung dieser Arten auch die Wahrscheinlichkeit der Übertragung von assoziierten Erregern. Die tagaktive Tigermücke, *Ae. albopictus*, ist ein Vektor für das Chikungunya-Virus (CHIKV), die Dengue-Viren (DENV), das Zika-Virus (ZIKV) und auch für *Dirofilaria repens* sowie *Dirofilaria immitis*. Die Vektorkapazität von *Ae. japonicus* ist nach wie vor nicht gänzlich geklärt, allerdings ist diese Art ein vermuteter Überträger von West-Nil-Virus (WNV), CHIKV sowie DENV, und *Ae. koreicus* ist ein potentieller Vektor für das Japan-B-Enzephalitis-Virus (JEV) und *D. immitis*. Die Einschleppung von Erregern erfolgt entweder durch den Wirt oder durch den infizierten Vektor selbst (Medlock et al. 2015).

Das Chikungunya-Virus (Togaviridae: Alphavirus) (CHIKV) wurde erstmals 1952/53 aus Ostafrika beschrieben und ist in Teilen Afrikas, Indiens und Südostasiens endemisch (Schwartz & Albert 2010). Immer wieder gibt es Berichte über lokale Ausbrüche in endemischen Gebieten, aber auch rezente Nachweise in Ländern, in denen das Virus bisher nicht bekannt war, wie beispielsweise auf der Insel La Réunion im Jahr 2006 (Bonn

2006, Schuffenecker et al. 2006, Simon & Tolou 2006). Der erste autochthone Fall in Europa trat 2007 in zwei Nachbargemeinden im Nordosten Italiens auf und der lokale Ausbruch war höchst wahrscheinlich auf einen infizierten Reiserückkehrer aus Indien zurückzuführen (Rezza et al. 2007). Eine entomologische Studie desselben Jahres aus der betroffenen Region wies CHIKV-RNA in *Ae. albopicuts* nach (Bonilauri et al. 2008). Nochmals kam es im Jahr 2017 zu einem Ausbruch rund um die mittelitalienische Stadt Anzio, und abermals wurde CHIKV in *Ae. albopictus* nachgewiesen (Venturi et al. 2017). Auch in Frankreich sind seit 2010 mehrmals autochthone Ausbrüche gemeldet worden (Gould et al. 2010, Roiz et al. 2015), und in Spanien wurde 2015 ein Mann ohne Reisevergangenheit positiv auf CHIKV getestet (WHO 2015).

Auch das Zika-Virus (Flaviviridae: Flavivirus) (ZIKV) ist von hoher medizinischer Relevanz. Erstmals 1947 in Uganda isoliert, ist es endemisch in Afrika und Südostasien (Musso & Gubler 2016, Petersen et al. 2016). Im Jahr 2015 wurden zunehmend Fälle in Süd- und Mittelamerika und der Karibik verzeichnet, und im Verlauf jenes Jahres kam es schließlich zu einem massiven Ausbruch in Brasilien. Rasch konnten Zika-Virus-Infektionen bei Müttern während der Schwangerschaft kausal mit Mikrozephalie bei den Neugeborenen in Verbindung gebracht werden, und die WHO rief Anfang 2016 ZIKV als internationalen Notfall des Gesundheitswesen aus (Musso et al. 2019). In Europa sind bisher drei autochthone Fälle gemeldet worden, allesamt im Département Var nahe Marseille in Frankreich. *Aedes albopictus* ist in dieser Region seit 2009 nachgewiesen, was auf eine Übertragung des Virus durch diese Stechmückenart in der Region hindeutet (Giron et al. 2019).

Sowohl *Ae. albopictus* als auch *Ae. japonicus* spielen wahrscheinlich eine Rolle als Überträger des West-Nil-Virus (Flaviviridae: Flavivirus) (WNV). Die Hauptüberträger sind aber Stechmücken der Gattung *Culex* Linnaeus, 1758, und die Reservoir-Wirte sind Vögel (Hubálek & Halouzka 1999). Ursprünglich (1937) in Uganda isoliert, ist das Virus heute weltweit (in zwei genetischen Subtypen) verbreitet. Die heimischen Stechmückenarten des *Culex pipiens*-Komplexes und *Culex torrentium* Martini, 1925, scheinen kompetente Vektoren und die Hauptüberträger für WNV zu sein (Leggewie et al. 2016, Camp & Nowotny 2020). Obwohl schon um das Jahr 1980 überzeugende Hinweise für die Zirkulation des West-Nil-Virus in Österreich bestanden (Wojta & Aspöck 1982), wurde die Bedeutung des Virus erst durch das Auftreten von Fällen beim Menschen in Österreich bekannt. Im letzten Jahrzehnt konnten steigende jährliche Infektionszahlen beobachtet werden, die schließlich 2018 mit einem großen Ausbruch in Süd- und Mitteleuropa einen neuen Höchstwert erreichten – auch in Österreich (Aberle et al. 2018). Eine aktuelle Arbeit aus Deutschland konnte zudem WNV in überwinternden Stechmücken nachweisen, was eine vollständige Etablierung des Infektionszyklus nahelegt (Kampen et al. 2021). Auch der häufige Nachweis von Infektionen bei Pferden in Österreich unterstützt diese Annahme (de Heus et al. 2020). Infektionen bei Menschen und Pferden sind zumeist asymptomatisch, allerdings kann es zu fieberhaften, grippeähnlichen Symptomen kommen. Schwere Verläufe können mit Enzephalitis- oder Meningoenzephalitis bei Mensch und Pferd einhergehen, die oftmals irreversible neurologische Schäden hervorrufen (de Heus et al. 2020).

Im Gegensatz zu WNV tritt das Usutu-Virus (Flaviviridae: Flavivirus) (USUV) tatsächlich seit Anfang der 2000er-Jahre neu in Mitteleuropa auf. Das Virus wurde ursprünglich 1959 in Südafrika isoliert und schließlich 2001 erstmals in Österreich identifiziert (Weissenböck et al. 2002, Nikolay et al. 2011). Das Auftreten des Virus war mit einem großen Amselsterben assoziiert, eine typische Charakteristik für ein erstmaliges Auftreten von USUV in Amselpopulationen, bis eine Herdenimmunität erreicht wird (Meister et al. 2008). Der wichtigste Überträger von USUV ist *Culex pipiens* Linnaeus, 1758, außerdem konnte das Virus in *Ae. japonicus* in Österreich nachgewiesen werden (Camp et al. 2019). Das USUV ist nahe mit dem WNV verwandt, und symptomatische Infektionen sind ähnlich jenen mit WNV, allerdings wesentlich seltener, und sie betreffen oft – möglicherweise ausschließlich – Immunsupprimierte. Rezente Isolierungen des USUV und Nachweise bei Blutspendern deuten eindeutig auf etablierte Infektionszyklen in Deutschland und Österreich hin (Meister et al. 2008, Bakonyi et al. 2017, Aberle et al. 2018).

Im Zusammenhang mit neobiotischen Stechmücken muss auch den parasitären Nematoden *D. repens* und *D. immitis* Beachtung geschenkt werden. Diese Filarien kommen hauptsächlich bei Hunden und Hundeartigen vor und werden von verschiedenen (zum Teil heimischen) Stechmückenarten übertragen, aber auch von *Ae. albopictus*. Während *D. repens*-Infektionen zu subkutanen Krankheitsbildern führen, entwickelt sich *D. immitis* im Herz von Hunden (Herzwurmerkrankung). Beide Filarienarten können aber auch Katzen und andere Wirbeltiere einschließlich des Menschen befallen (Capelli et al. 2018, Sonnberger et al. 2020). Zwar wurden autochthone humane Fälle von *D. repens* in Mitteleuropa erst in den letzten Jahren dokumentiert, allerdings gab es zahlreiche importierte Fälle durch Reiserückkehrer in den letzten Jahrzehnten. Rezente Studien zu *Dirofilaria*-Nachweisen in Stechmücken, Tieren und Menschen in Österreich und Deutschland legen eine Zunahme der Inzidenzen nahe (Kronefeld et al. 2014, Sonnberger et al. 2021, Kulmer et al. 2021, Riebenbauer et al. 2021). Erst kürzlich wurde der erste autochthone humane *D. repens*-Fall in Wien dokumentiert (Geissler et al. 2021). Darüber hinaus muss aber auch erwähnt werden, dass der Import infizierter Hunde eine wichtige Rolle für die weitere Ausbreitung beider *Dirofilaria*-Arten in Mitteleuropa spielt, zumal verschiedene heimische Stechmücken als Überträger fungieren können (Fuehrer et al. 2021).

Zecken und assoziierte Krankheitserreger

Die mitteleuropäische Zeckenfauna umfasst etwa 20 Arten, von denen *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) (Gemeiner Holzbock) die häufigste Spezies darstellt (Abb. 3) (Pfäffle & Skuballa 2014). Drei sehr unterschiedliche, scheinbar neobiotische Zeckenarten sind von medizinischer Relevanz, *Hyalomma marginatum* Koch, 1844, *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) und *Ixodes inopinatus* Estrada-Pena, Nava & Petney, 2014.

Hyalomma marginatum, die Tropische Riesenzecke (Abb. 3), ist eine sogenannte zwei-Wirt-Zecke, das heißt, die Entwicklung von der Larve zur Nymphe erfolgt am ersten Wirt, zumeist an Hasen, Igeln oder Vögeln. Die Nymphen saugen am zweiten, größeren Wirbeltierwirt (Rindern, Pferden, Schafen, aber auch Menschen) Blut und entwickeln sich

Abb. 3: Die Tropische Riesenzecke, *Hyalomma marginatum* (rechts), im Vergleich mit dem wesentlich kleineren Gemeinen Holzbock, *Ixodes ricinus*. Foto: G. Duscher.

anschließend zu Adulten (Dantas-Torres et al. 2010, Bursali et al. 2014). Die passive Einschleppung dieser Art nach Mitteleuropa erfolgt durch jährliche Vogelzüge (Capek et al. 2014). Fertig entwickelte Nymphen fallen von ihrem Wirt ab und können sich bei geeigneten Temperaturen noch im selben Jahr an ihrem zweiten Wirt weiterentwickeln.

Bisher gab es allerdings erst einige wenige Nachweise von *H. marginatum* in Mitteleuropa. Zwar erfolgten vermutlich immer wieder Einschleppungen durch Zugvögel, allerdings konnten sich die eingeschleppten Individuen durch unpassende klimatische Bedingungen (hauptsächlich niedrige Temperaturen) nicht weiterentwickeln und etablieren. Der erste Nachweis eines adulten Individuums in Österreich erfolgte 2018 im Bezirk Melk in Niederösterreich (Abb. 2). Der Fundzeitpunkt (Oktober) sowie das adulte Stadium der Zecke legten nahe, dass geeignete klimatische Bedingungen für die Weiterentwicklung nach der Einschleppung im Nymphenstadium vorhanden waren (Duscher et al. 2018). Weitere Funde in Korneuburg (Niederösterreich) und Braunau am Inn (Oberösterreich) wiesen ganz eindeutig auf eine erfolgreiche Überwinterung von *H. marginatum* in Österreich hin (https://noe.orf.at/stories/3004827/, aufgerufen am 19.11.2021). Auch in Deutschland und in der Slowakei gibt es mittlerweile mehrere Nachweise dieser Zeckenart (Oehme et al. 2017, Chitimia-Dobler et al. 2019). *Hyalomma marginatum* ist als Überträger des Krim-Kongo-Hämorrhagischen-Fieber-Virus (KKHFV) und *Rickettsia aeschlimanni* von hoher medizinischer Relevanz. KKHFV kommt in Afrika, Vorderasien und (Süd-) Osteuropa vor. Eine Infektion kann zu schweren Erkrankungen mit hämorrhagischem

Fieber führen, Letalitätsraten von über 50 % sind bekannt (Aspöck 2008a). Neben der Übertragung durch Zecken ist auch eine Mensch-zu-Mensch-Übertragung, zum Beispiel durch sexuellen Kontakt dokumentiert (Gürbüz et al. 2009, Pshenichnaya et al. 2016). *Rickettsia aeschlimanni* wurde erstmals 2017 aus *H. marginatum* in Marokko isoliert (Beati et al. 1997). Infektionen mit diesem Erreger können Fieber, Kopfschmerzen und Exantheme (gleichförmige, oft großflächige Hautausschläge) hervorrufen. Während CCHFV bisher nicht in mitteleuropäischen *H. marginatum*-Individuen nachgewiesen werden konnte, gibt es mehrere Nachweise von *R. aeschlimanni* in Exemplaren aus Österreich und Deutschland (Rumer et al. 2011, Duscher et al. 2018, Chitimia-Dobler et al. 2019).

Eine zweite, wiederholt eingeschleppte Zeckenart ist *R. sanguineus*, die „Braune Hundezecke". Diese ursprünglich in Nordafrika und nun global vorkommende Zecke ist möglicherweise die Zeckenart mit der weltweit größten Verbreitung (Gray et al. 2013). Dokumentierte Einschleppungen durch Hunde sind immer wieder mit einem vorübergehenden Massenauftreten in Hundezwingern oder Wohnhäusern assoziiert (Gothe 1968, Prosl & Kutzer 1986, Dongus et al. 1996) (Abb. 2). Rezente Nachweise sind in der Literatur nicht dokumentiert, allerdings muss man, bedingt durch die stetig zunehmende Reisetätigkeit, von regelmäßigen Einschleppungen ausgehen. *Rhipicephalus sanguineus* ist ein Überträger von *Rickettsia conorrii*, dem Erreger des Boutonneuse-Fiebers oder Mittelmeer-Zeckenfleckfiebers. Die Krankheit ist eine Zoonose, Hunde bilden das Reservoir und können auch erkranken (Solano-Gallego et al. 2006). Symptomatische Infektionen bei Menschen gehen mit hohem Fieber, Muskel- und Gliederschmerzen sowie Exanthemen einher (Dobler & Wölfel 2009). Zahlreiche Nachweise des Erregers in importierten oder mitreisenden Hunden in Österreich und Deutschland sind dokumentiert, vorwiegend aus endemischen mediterranen Ländern (Leschnik et al. 2008, Menn et al. 2010).

Eine dritte, kürzlich entdeckte Zeckenart in Mitteleuropa stellt *I. inopinatus* dar. Diese Zeckenart wurde erst im Jahr 2014 beschrieben und ist genetisch eng mit *I. ricinus* verwandt (Estrada-Peña et al. 2014). Die beiden Arten sind morphologisch schwer zu differenzieren. Seitdem wurde *I. inopinatus* in verschiedenen nordafrikanischen und europäischen Ländern sowie in Anatolien identifiziert, auch in Deutschland und Österreich (Bursali et al. 2012, Chitimia-Dobler et al. 2018, Hauck et al. 2019, Younsi et al. 2020, Vogelgesang et al. 2020). Diese Zeckenart tritt mit *I. ricinus* (wahrscheinlich schon sehr lange) sympatrisch auf. Erst eine Kombination von morphologischer und molekularer Bestimmung erlaubte eine klare Unterscheidung dieser zwei Arten. Trotzdem muss angemerkt werden, dass selbst Differenzierungen anhand eines genetischen Markers (DNA-Sequenz des 16S ribosomalen RNA-Gens) oftmals keine eindeutige Unterscheidung zulassen (Wijnveld et al. 2021). Auch die Vektorkapazität dieser „jungen" Zeckenart ist noch nicht aufgeklärt. Bisher wurde DNA von *Borrelia* spp., *Rickettsia* spp. und *Anaplasma* spp. in *I. inopinatus* nachgewiesen – *I. ricinus* ist ein bestätigter Vektor dieser Erreger. Das Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)-Virus (*I. ricinus* ist der häufigste Überträger) konnte bislang nicht in *I. inopinatus* detektiert werden (Chitimia-Dobler et al. 2018, Hauck et al. 2019). Die enge Verwandtschaft und das sympa-

trische Vorkommen mit *I. ricinus* lassen allerdings eine Überschneidung des potentiell übertragenen Erregerspektrums vermuten.

Sandmücken und assoziierte Krankheitserreger

Lange wurde angenommen, dass in Europa nördlich der Alpen keine Sandmücken existieren. Erst im Jahr 1999 wurden erstmals Sandmücken in Mitteleuropa nachgewiesen, nämlich in Deutschland, dann auch 2009 in Österreich und 2015 in der West-Slowakei (Naucke et al. 2011, Poeppl et al. 2013, Dvořák et al. 2016). Aufgrund der wenigen Nachweise und geringen Fangzahlen wurde das plötzliche Auftreten ursprünglich mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht. Allerdings unterstützen weitere Nachweise in rezenten Studien die Theorie der frühen postglazialen Einwanderung, vermutlich während der Holozänen Optima (Naucke & Schmitt 2004, Aspöck & Walochnik 2009, Obwaller et al. 2014, Kniha et al. 2020b, 2021). Sandmücken sind also nur scheinbare Neobiota, die zwar erst kürzlich in Mitteleuropa entdeckt wurden, aber bereits lange etabliert sind.

In Österreich und seinen Nachbarländern (Ausnahmen sind Tschechien und Liechtenstein) sind bisher neun Sandmückenarten nachgewiesen worden, nämlich *Phlebotomus* (*Laroussius*) *perfiliewi* Parrot, 1930, *Phlebotomus* (*Laroussius*) *neglectus* Tonnoir, 1921, *Phlebotomus* (*Phlebotomus*) *papatasi* Scopoli, 1786, *Phlebotomus* (*Laroussius*) *perniciosus* Newstead, 1911, *Phlebotomus* (*Laroussius*) *ariasi* Tonnoir, 1921, *Phlebotomus* (*Paraphlebotomus*) *sergenti* Parrot, 1917, *Sergentomyia* (*Sergentomyia*) *minuta* Rondani, 1843, *Phlebotomus* (*Transphlebotomus*) *mascittii* Grassi, 1908, und *Phlebotomus* (*Adlerius*) *simici* Nitzulescu, 1931. Während *Ph. mascittii* (Abb. 4) die am weitesten und am nördlichsten verbreitete Sandmückenart Europas ist, wurde *Ph. simici* bisher nur in Österreich (Orth an der Donau in Niederösterreich), aber in keinem der Nachbarländer nachgewiesen (Kniha et al. 2020b, 2021) (Abb. 2). Durch Haplotypnetzwerke und vergleichende phylogenetische Analysen des österreichischen *Ph. simici*-Nachweises mit Exemplaren aus Nordmazedonien, Griechenland, der Türkei und Israel konnte gezeigt werden, dass das österreichische Individuum eng mit jenen der Balkanländer verwandt ist. Obwohl eine anthropogene Einschleppung nicht ausgeschlossen werden kann, geht man von einer früheren postglazialen (Wieder-)Besiedelung aus dem Balkan aus (Kniha et al. 2021). Nach wie vor ist nicht klar, ob und wie weit Sandmücken anthropogen verschleppt werden können. Als sich strikt terrestrisch entwickelnde Insekten wären Importe in Tierkäfigen, Topfpflanzen oder Blumenerde potentielle Ausbreitungsmechanismen. Der Nachweis einer nahe verwandten Art von *Ph. mascittii*, *Phlebotomus economidesi* Léger, Depaquit & Ferté, 2000, sowohl in der Türkei als auch auf Zypern legt zudem das Potential einer anthropogenen Verschleppung nahe, da die Insel Zypern paläogeographisch nie mit dem Festland verbunden war (Kasap et al. 2015).

In Europa sind sechs Sandmückenarten von (möglicher) medizinischer Relevanz, nämlich *Ph. perfiliewi*, *Ph. neglectus*, *Ph. papatasi*, *Ph. perniciosus*, *Ph. mascittii* und *Ph. simici*. Die ersten vier Arten sind nachgewiesene Vektoren der einzelligen Parasiten *Leishmania* spp. sowie von Phleboviren (Bunyavirales: Phenuiviridae) (Kniha et al. 2020a). *Phlebotomus mascittii* und *Ph. simici* sind vermutete, aber unbestätigte Überträger (Zanet et al. 2014, Chaskopoulou et al. 2016, Obwaller et al. 2016).

Abb. 4: Die in Europa am weitesten verbreitete Sandmückenart, *Phlebotomus mascittii*. Foto: G. Kunz.

Die Leishmaniose ist in 98 Ländern in Europa, Afrika, Asien und Amerika endemisch, und etwa 20 Leishmanienarten und 90 Sandmückenarten sind an Übertragungszyklen beteiligt. Weltweit sind ca. 12 Millionen Menschen infiziert und nach Schätzungen gibt es jährlich 50.000 bis 90.000 Fälle von viszeraler Leishmaniose sowie etwa 1 Million Fälle von kutaner Leishmaniose, welche die beiden klinischen Hauptformen der Erkrankung darstellen. Etwa 5 bis 6 % der Inzidenzen ereignen sich in mediterranen Ländern, und *Leishmania infantum* ist für die Mehrheit der Fälle verantwortlich (Monge-Maillo et al. 2014, WHO 2021). Das wichtigste Reservoir dieser Leishmanienart sind Hunde, aber auch Wölfe, Füchse und Goldschakale, die alle auch erkranken können (Ready 2010). Symptomatische viszerale Infektionen, deren Inkubationszeit wenige Wochen bis Jahre betragen kann, gehen mit hohem Fieber, Gewichtsverlust, Appetitsverlust und in ausgeprägter Form mit einer massiven Vergrößerung der Leber und Milz einher. Unbehandelt ist diese Form der Leishmaniose zumeist tödlich. Hautleishmaniosen (je nach Erregerart) gehen mit trockenen oder feuchten, nekrotisierenden Geschwüren an der Einstichstelle einher. Die Läsionen sind in der Regel relativ schmerzfrei und selbstlimitierend, heilen allerdings unter Narbenbildung ab und können mit Sekundärinfektionen assoziiert sein (McGwire & Satoskar 2014, Walochnik 2019).

Bestätigte oder vermutete autochthone mitteleuropäische Leishmaniose-Fälle sind aus Deutschland, der Schweiz und Österreich bei Menschen, Pferden, Kühen und Hunden dokumentiert. Nicht in allen Fällen konnte die involvierte Leishmanienart identifiziert werden, in manchen Fällen konnte *L. infantum* oder *Leishmania siamensis* nachgewiesen werden, zweitere ist dem *Leishmania enrietti*-Komplex zuzuordnen und ein Synoym von *Leishmania martiniquensis* (Sinning et al. 2014, Sereno 2019). Darüber hinaus spielt

der zunehmende Import von Leishmanien-infizierten Hunden aus mediterranen Regionen eine wichtige Rolle für die Weiterverbreitung in nicht-endemischen Ländern, vor allem, wenn bereits kompetente Überträger heimisch sind (Maia & Cardoso 2015). Die vermutete Vektorkapazität von *Ph. mascittii* für *L. infantum* konnte bisher nicht experimentell bestätigt werden (Zanet et al. 2014, Obwaller et al. 2016). Hierfür wäre eine erfolgreiche Zucht dieser Art unter Laborbedingungen nötig, welche aber trotz mehrmaliger Versuche bisher nicht etabliert werden konnte. Obwohl Sandmücken als Hauptüberträger für Leishmanien fungieren, sind alternative Übertragungswege dokumentiert, beispielsweise pränatale und parenterale Übertragungen (Bluttransfusionen, Organtransplantate, Sexualkontakte), und sogar Infektionen über Bisswunden und Exkremente von Hunden sind beschrieben (Walochnik 2019). Darüber hinaus muss erwähnt werden, dass in rezenten Studien Gnitzen als Überträger von Leishmania-Arten des *L. enrietti*-Komplexes vermutet und auch tatsächlich experimentell identifiziert wurden (Rose et al. 2004, Dougall et al. 2011, Becvar et al. 2021). Dadurch muss mit einer vermehrten Einschleppung und Übertragung von Leishmanien in den kommenden Jahren gerechnet werden.

Sandmücken sind auch Überträger von Arboviren, von denen die global verbreiteten Phleboviren die relevantesten sind (Tesh 1988). In Europa spielen drei Phlebovirus-Arten eine wichtige medizinische Rolle, nämlich das Toscana phlebovirus, das Naples phlebovirus und das Sicilian phlebovirus (Bezeichnungen laut International Committee on the Taxonomy of Viruses (ICTV)). Infektionen verlaufen oft asymptomatisch, wenn Symptome auftreten, kann es zu (hohem) Fieber, heftigen Kopfschmerzen und Schüttelfrost kommen. Außerdem kann das Toscana phlebovirus Meningitis und Meningoenzephalitis hervorrufen (Depaquit et al. 2010). Außer einem vermuteten Toscana phlebovirus-Übertragungszyklus in Deutschland (Dr. Dobler, persönliche Mitteilung) existieren keine Daten zu autochthoner Phlebovirus-Übertragung in Mitteleuropa.

Medizinische Relevanz der Neobiota

Aus dem großen Spektrum neu auftretender Überträger und Erreger in Mitteleuropa ergibt sich selbstverständlich auch eine große medizinische Relevanz. Gegen einige Erreger sind effiziente Therapien vorhanden. Oftmals gibt es aber kein einheitlich etabliertes Behandlungsschema für Tropenkrankheiten, was eine effektive Behandlung verzögern kann, wie es beispielsweise bei der Leishmaniose der Fall ist. Aufkommende Resistenzen (z.B. bei der Behandlung von Malaria oder der Leishmaniose) machen auch die Entwicklung neuer Therapeutika notwendig. Gegen parasitäre Krankheitserreger gibt es mit wenigen Ausnahmen (Bemühungen zu Leishmaniose bei Hunden, Malaria in Erprobung) keine etablierten Impfungen.

Insbesondere wird man in Mitteleuropa auch mit der Einschleppung von Arboviren rechnen müssen. Lediglich gegen drei Arboviren, nämlich gegen das Japanische-Enzephalitis-Virus, das Gelbfieber-Virus und das Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus, sind Impfstoffe verfügbar. Zudem sind keine spezifischen Medikamente zur Behandlung von Arbovirus-Infektionen vorhanden (Ausnahme ist Ribavirin gegen KKHFV), was eine enorme Herausforderung für die Zukunft darstellt (Aspöck 2016).

Viele Vektor-assoziierte Erreger sind Teil eines zoonotischen Infektionszyklus. Das heißt, sie können von Tieren auf den Menschen übertragen werden. Außerdem verhindert ein tierisches Erregerreservoir eine epidemiologische Kontrolle einer Krankheit durch Therapie, da zwar alle Menschen, aber nicht die Reservoirwirte behandelt werden können. Einmal etabliert, ist eine Zoonose praktisch nicht mehr auszurotten.

Ausblick

Die Globalisierung wird auch zukünftig ein maßgeblicher Faktor für das Auftreten von Neobiota sein, vor allem in Kombination mit stetig steigenden Temperaturen, die eine Etablierung und sekundäre Ausbreitung neuer Arten wesentlich begünstigen. Die derzeitige Pandemie zeigt höchst anschaulich, wie rasant sich neue Erreger über den gesamten Globus durch Globalisierungsprozesse ausbreiten können. Einige bereits oben erwähnte Arten haben schon jetzt das Potential, sich zu etablieren und auszubreiten. Andere finden noch keine geeigneten Bedingungen vor, wie beispielsweise die Gelbfiebermücke, *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762), der Hauptüberträger des Gelbfieber-Virus und der Dengue-Viren.

Um Einschleppungsprozesse besser zu verstehen, ist ein regelmäßiges und engmaschiges entomologisches Monitoring und Erregerscreening ausschlaggebend. Dafür braucht es adäquate interdisziplinäre Ansätze, die Entomologie, Molekularbiologie, Epidemiologie und andere Disziplinen vereinigen, um dem Einsatz von unspezifischen Vektor-Kontrollmethoden (z. B. Insektizide) entgegenzuwirken, die oft weit über die Zielpopulationen hinaus schädigenden Einfluss auf das Ökosystem ausüben.

Zukünftige Fragestellungen sollten beinhalten, welche Ausbreitungsmechanismen von verschiedenen Arthropoden verwendet werden und welche Regionen rezent und zukünftig geeignete klimatische Bedingungen und Wirtsorganismen für die Etablierung von Neobiota aufweisen. Darüber hinaus muss individuell analysiert werden, ob neu auftretende Überträger tatsächlich auch invasiv sind und ökologischen Druck auf heimische Arten ausüben oder diese gar verdrängen können. Auch die ständige Weiterentwicklung von Medikamenten und die Entwicklung von Impfungen gegen einige Arthropoden-übertragene Krankheitserreger stellt einen wichtigen Faktor dar, um zukünftig gut auf das Auftreten von medizinisch relevanten Neobiota vorbereitet zu sein.

Danksagung

Ganz herzlich danken möchten wir Dr. Reiner Pospischil (Bergheim-Erft), PD Dr. Georg Duscher (Wien) und Dr. Gernot Kunz (Glanz), die freundlicherweise Fotos von Vektoren zur Verfügung gestellt haben.

Literaturverzeichnis

Aberle S. W., Kolodziejek J., Jungbauer C., Stiasny K., Aberle J. H., Zoufaly A., Kai Hourfar M., Weidner L., Nowotny N., Stephan A. W., Jolanta K., Christof J., Karin S., Judith A. H., Alexander Z., Michael Kai H., Lisa W. & Norbert N. 2018: Increase in human West Nile and Usutu virus infections, Austria, 2018. – Eurosurveillance 23: 1800545.

Adhami J. & Murati N. 1987: The presence of the mosquito *Aedes albopictus* in Albania. – Revista Mjekesore 1: 13–16.

Anderle F., Schneemann Y. & Sehnal P. 2011: *Culicoides* spp. (Diptera, Nematocera, Ceratopogonidae) in Österreich-Resümee nach 3 Jahren Monitoring im Rahmen der Bluetongue-Überwachung. – Entomologica Austriaca 18: 9–17.

Askling H. H., Bruneel F., Burchard G., Castelli F., Chiodini P. L., Grobusch M. P., Lopez-Vélez R., Paul M., Petersen E., Popescu C., Ramharter M. & Schlagenhauf P. 2012: Management of imported malaria in Europe. – Malaria Journal 11: 328.

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: 10–13.

Aspöck H. 2010a: Fluctuations of Biodiversity in Europe in Light of Climate Change. – Nova Acta Leopoldina: 35–44.

Aspöck H. 2010b (Hrsg.): Krank durch Arthropoden. – Denisia 30: 888 pp.

Aspöck H. 2016: Medical Entomology in the 21st Century: Retrospect and Challenges. – Nova Acta Leopoldina: 241–258.

Aspöck H. & Dobler G. 2010: Durch Arthropoden übertragene Viren – Steckbrief und Überblick. In: Krank durch Arthropoden (Ed. by H. Aspöck), 457–465 pp.

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: 24–29.

Aspöck H. & Walochnik J. 2009: When sandflies move north. – Public Health 20: 24–31.

Aspöck H. & Walochnik J. 2014: Durch blutsaugende Insekten und Zecken übertragene Krankheitserreger des Menschen in Mitteleuropa aus der Sicht von Klimawandel und Globalisierung Inhaltsverzeichnis. – Gredleriana 14: 61–98.

Augot D., Ninio C., Akhoundi M., Lehrter V., Couloux A., Jouet D. & Depaquit J. 2013: Characterization of two cryptic species, *Culicoides stigma* and *C. parroti* (Diptera: Ceratopogonidae), based on barcode regions and morphology. – Journal of Vector Ecology 38: 260–265.

Bakonyi T., Jungbauer C., Aberle S. W., Kolodziejek J., Dimmel K., Stiasny K., Allerberger F. & Nowotny N. 2017: Usutu virus infections among blood donors, Austria, July and August 2017 – Raising awareness for diagnostic challenges. – Eurosurveillance 22: 17-00644.

Bakran-Lebl K., Zittra C., Harl J., Shahi-Barogh B., Grätzl A., Ebmer D., Schaffner F. & Fuehrer H.-P. 2021a:. Arrival of the Asian tiger mosquito, *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) in Vienna, Austria and initial monitoring activities. – Transboundary and Emerging Diseases.

Bakran-Lebl K., Zittra C., Weiss S., Hodtis B., Zechmeister T. & Fuehrer H.-P. 2021b:. Range expansion of the alien mosquito species *Aedes japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera: Culicidae) from 2014–2019 in Burgenland, Austria. – Entomologica Austriaca 28: 107–118.

Beati L., Meskini M., Thiers B. & Raoult D. 1997: *Rickettsia aeschlimannii* sp. nov., a new spotted fever group *Rickettsia* associated with *Hyalomma marginatum* ticks. – International Journal of Systematic Bacteriology 47: 548–554.

Beck K. G., Zimmerman K., Schardt J. D., Stone J., Lukens R. R., Reichard S., Randall J., Cangelosi A. A., Cooper D. & Thompson J. P. 2008: Invasive Species Defined in a Policy Context: Recommendations from the Federal Invasive Species Advisory Committee. – Invasive Plant Science and Management 1: 414–421.

Becvar T., Vojtkova B., Siriyasatien P., Votýpka J., Modry D., Jahn P., Bates P., Carpenter S., Volf P. & Sadlova J. 2021: Experimental transmission of *Leishmania* (*Mundinia*) parasites by biting midges (Diptera: Ceratopogonidae). – PLOS Pathogens 17: e1009654.

Bocková E., Kočišová A. & Letková V. 2013: First record of *Aedes albopictus* in Slovakia. – Acta Parasitologica 58: 603–606.

Bonilauri P., Bellini R., Calzolari M., Angelini R., Venturi L., Fallacara F., Cordioli P., Angelini P., Venturelli C., Merialdi G. & Dottori M. 2008: Chikungunya Virus in *Aedes albopictus*, Italy. – Emerging Infectious Diseases 14: 852.

Bonn D. 2006: How did chikungunya reach the Indian Ocean?. – The Lancet Infectious Diseases 6: 543.

Brugger K., Köfer J. & Rubel F. 2016: Outdoor and indoor monitoring of livestock-associated *Culicoides* spp. to assess vector-free periods and disease risks. – BMC Veterinary Research 12: 88.

Bursali A., Tekin Ş. & Keskin A. 2012: A contribution to the tick (Acari: Ixodidae) fauna of Turkey: The first record of *Ixodes inopinatus* Estrada-Peña, Nava & Petney. – Acarological Studies 2: 126–130.

Bursali A., Tekin S., Keskin A., Ekici M. & Dundar E. 2014: Species diversity of ixodid ticks feeding on humans in Amasya, Turkey: seasonal abundance and presence of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus. – Journal of Medical Entomology 48: 85–93.

Čabanová V., Boršová K., Svitok M., Oboňa J., Svitková I., Barbušinová E., Derka T., Sláviková M. & Klempa B. 2021: An unwanted companion reaches the country: the first record of the alien mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Slovakia. – Parasites & Vectors 14: 572.

Camp J. V., Kolodziejek J. & Nowotny N. 2019: Targeted surveillance reveals native and invasive mosquito species infected with Usutu virus. – Parasites & Vectors 12: 46.

Camp J. V. & Nowotny N. 2020: The knowns and unknowns of West Nile virus in Europe: what did we learn from the 2018 outbreak?. – Expert Review of Anti-infective Therapy.

Capek M., Literak I., Kocianova E., Sychra O., Najer T., Trnka A. & Kverek P. 2014: Ticks of the *Hyalomma marginatum* complex transported by migratory birds into Central Europe. – Ticks and Tick-borne Diseases 5: 489–493.

Capelli G., Genchi C., Baneth G., Bourdeau P., Brianti E., Cardoso L., Danesi P., Fuehrer H. P., Giannelli A., Ionică A. M., Maia C., Modrý D., Montarsi F., Krücken J., Papadopoulos E., Petrić D., Pfeffer M., Savić S., Otranto D., Poppert S. & Silaghi C. 2018: Recent advances on *Dirofilaria repens* in dogs and humans in Europe. – Parasites & Vectors 11: 663.

Chaskopoulou A., Giantsis I. A., Demir S. & Bon M. C. 2016: Species composition, activity patterns and blood meal analysis of sand fly populations (Diptera: Psychodidae) in the metropolitan region of Thessaloniki, an endemic focus of canine leishmaniasis. – Acta Tropica 158: 170–176.

Chitimia-Dobler L., Riess R., Kahl O., Wölfel S., Dobler G., Nava S. & Estrada-Peña A. 2018: *Ixodes inopinatus* – Occurring also outside the Mediterranean region. – Ticks and Tick-borne Diseases 9: 196–200.

Chitimia-Dobler L., Schaper S., Riess R., Bitterwolf K., Frangoulidis D., Bestehorn M., Springer A., Oehme R., Drehmann M., Lindau A., Mackenstedt U., Strube C. & Dobler G. 2019: Imported *Hyalomma* ticks in Germany in 2018. – Parasites & Vectors 12: 134.

Conraths F.J., Gethmann J.M., Staubach C., Mettenleiter T.C., Beer M. & Hoffmann B. 2009: Epidemiology of bluetongue virus serotype 8, Germany. – Emerging Infectious Diseases 15: 433.

Dantas-Torres F., Testini G., DiGeronimo P.M., Lorusso V., Mallia E. & Otranto D. 2011: Ticks infesting the endangered Italian hare (*Lepus corsicanus*) and their habitat in an ecological park in southern Italy. – Experimental and Applied Acarology 53: 95–102.

Depaquit J., Grandadam M., Fouque F., Andry P. E. & Peyrefitte C. N. 2010: Arthropod-borne viruses transmitted by Phlebotomine sandflies in Europe: a review. – Eurosurveillance 15: 19507.

Dobler G. 2010: Läuse-Fleckfieber, Zeckenstichfieber und andere Rickettsiosen. In: Krank durch Arthropoden, Denisia 30 (Ed. by H. Aspöck), 565–592 pp.

Dobler G. & Wölfel R. 2009: Fleckfieber und andere Rickettsiosen: Alte und neu auftretende infektionen in Deutschland. – Deutsches Ärzteblatt 106: 348–354.

Dongus H., Zahler M. & Gothe R. 1996: The brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* (Ixodidae), in Germany: an epidemiologic study and control measures. – Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 109: 245–248.

Dougall A. M., Alexander B., Holt D. C., Harris T., Sultan A. H., Bates P. A., Rose K. & Walton S. F. 2011: Evidence incriminating midges (Diptera: Ceratopogonidae) as potential vectors of *Leishmania* in Australia. – International Journal for Parasitology 41: 571–579.

Duscher G. G., Hodžić A., Hufnagl P., Wille-Piazzai W., Schötta A. M., Markowicz M. A., Estrada-Peña A., Stanek G. & Allerberger F. 2018: Adult *Hyalomma marginatum* tick positive for *Rickettsia aeschlimannii* in Austria, October 2018. – Eurosurveillance 23: 1800595.

Ducheyne E., De Deken R., Bécu S., Codina B., Nomikou K., Mangana-Vougiaki O., Georgiev G., Purse B.V. & Hendrickx G. 2007: Quantifying the wind dispersal of *Culicoides* species in Greece and Bulgaria. – Geospatial Health 1: 177–189.

Dvořák V., Hlavackova K., Kocisova A. & Volf P. 2016: First record of *Phlebotomus* (*Transphlebotomus*) *mascittii* in Slovakia. – Parasite 23: 48.

Eritja R., Palmer J. R. B., Roiz D., Sanpera-Calbet I. & Bartumeus F. 2017: Direct Evidence of Adult *Aedes albopictus* Dispersal by Car. – Scientific Reports 7: 14399.

Essl F., Bacher S., Genovesi P., Hulme P. E., Jeschke J. M., Katsanevakis S., Kowarik I., Kühn I., Pyšek P., Rabitsch W., Schindler S., Van Kleunen M., Vilà M., Wilson J. R. U. & Richardson D. M. 2018: Which Taxa Are Alien? Criteria, Applications, and Uncertainties. – BioScience 68: 496–509.

Estrada-Peña A., Nava S. & Petney T. 2014: Description of all the stages of *Ixodes inopinatus* n. sp. (Acari: Ixodidae). – Ticks and Tick-borne Diseases 5: 734–743.

Flacio E., Lüthy P., Patocchi N., Guidotti F., Tonolla M. & Peduzzi R. 2004: Primo ritrovamento di *Aedes albopictus* in Svizzera. – Bollettino della Società ticinese di Scienze Naturali 92: 141–142.

Fuehrer H.-P., Schoener E., Weiler S., Barogh B. S., Zittra C. & Walder G. 2020: Monitoring of alien mosquitoes in Western Austria (Tyrol, Austria, 2018). – PLoS Neglected Tropical Diseases 14: e0008433.

Fuehrer H. P., Morelli S., Unterköfler M. S., Bajer A., Bakran-Lebl K., Dwużnik-Szarek D., Farkas R., Grandi G., Heddergott M., Jokelainen P., Knific T., Leschnik M., Miterpáková M., Modrý D., Petersen H. H., Skírnisson K., Rataj A. V., Schnyder M. & Strube C. 2021: *Dirofilaria* spp. and *Angiostrongylus vasorum*: Current Risk of Spreading in Central and Northern Europe. – Pathogens 10: 1268.

Geissler N., Ruff J., Walochnik J., Ludwig W., Auer H., Wiedermann U. & Geissler W. 2021: Autochthonous human *Dirofilaria repens* infection in Austria: A case report. – Acta Parasitologica

Giron S., Franke F., Decoppet A., Cadiou B., Travaglini T., Thirion L., Durand G., Jeannin C., L'Ambert G., Grard G., Noël H., Fournet N., Auzet-Caillaud M., Zandotti C., Aboukaïs S., Chaud P., Guedj S., Hamouda L., Naudot X., Ovize A., Lazarus C., Valk H. de, Paty M.-C. & Leparc-Goffart I. 2019: Vector-borne transmission of Zika virus in Europe, southern France, August 2019. – Eurosurveillance 24: 1900655.

Gothe R. 1968: Occurrence of *Rhipicephalus sanguineus* in Germany. – Zeitschrift für Tropenmedizin und Parasitologie 19: 305–307.

Gould E. A., Gallian P., De Lamballerie X. & Charrel R. N. 2010: First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality!. – Clinical Microbiology and Infection 16: 1702–1704.

Gray J., Dantas-Torres F., Estrada-Peña A. & Levin M. 2013: Systematics and ecology of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus*. – Ticks and Tick-borne Diseases 4: 171–180.

Gürbüz Y., Sencan I., Öztürk B. & Tütüncü E. 2009: A case of nosocomial transmission of Crimean–Congo hemorrhagic fever from patient to patient. – International Journal of Infectious Diseases 13: 105–107.

Hasle G. 2013: Transport of ixodid ticks and tick-borne pathogens by migratory birds. – Frontiers in Cellular and Infection Microbiology 4: 48.

Hauck D., Springer A., Pachnicke S., Schunack B., Fingerle V. & Strube C. 2019: *Ixodes inopinatus* in northern Germany: occurrence and potential vector role for *Borrelia* spp., *Rickettsia* spp., and *Anaplasma phagocytophilum* in comparison with *Ixodes ricinus*. – Parasitology Research 118: 3205–3216.

Hawley W. A., Reiter P., Copeland R. S., Pumpuni C. B. & Craig G. B. 1987: *Aedes albopictus* in North America: Probable Introduction in Used Tires from Northern Asia. – New Series 236: 1114–1116.

Hebert P. D. N., Cywinska A., Ball S. L. & Dewaard J. R. 2003: Biological identifications through DNA barcodes. – Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences 270: 313–321.

de Heus P., Kolodziejek J., Camp J. V., Dimmel K., Bagó Z., Hubálek Z., van den Hoven R., Cavalleri J. M. V. & Nowotny N. 2020: Emergence of West Nile virus lineage 2 in Europe: Characteristics of the first seven cases of West Nile neuroinvasive disease in horses in Austria. – Transboundary and Emerging Diseases 67: 1189–1197.

Hubálek Z. & Halouzka J. 1999: West Nile fever – a reemerging mosquito-borne viral disease in Europe. – Emerging Infectious Diseases 5: 643.

IPCC 2021: Assessment Report 6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

Kampen H. 2005: *Anopheles*-Zwillingsarten in Europa und und angrenzenden Regionen: Artidentifizierung und Bedeutung für die Übertragung der Malaria und anderer Infektionskrankheiten. – Habilitationsschrift, Med. Fakultät der Universität Bonn: 73 pp.

Kampen H. 2014: Wird die Malaria wieder eine Gefahr für Europa?. In: Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen (Ed. by J. Lozán, H. Grassl, L. Karbe & G. Jendritzky).

Kampen H., Tews B.A. & Werner D. 2021: First Evidence of West Nile Virus Overwintering in Mosquitoes in Germany. – Viruses 13: 2463.

Kasap O. E., Dvořák V., Depaquit J., Alten B., Votýpka J. & Volf P. 2015: Phylogeography of the subgenus *Transphlebotomus* Artemiev with description of two new species, *Phlebotomus anatolicus* n. sp. and *Phlebotomus killicki* n. sp. – Infection, Genetics and Evolution 34: 467–479.

Kniha E., Aspöck H., Obwaller A. G., Poeppl W. & Walochnik J. 2020a:. Die Verbreitung von Sandmücken (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) und deren Relevanz als Überträger von Krankheitserregern des Menschen in Mitteleuropa. – Entomologica Austriaca 27: 65–89.

Kniha E., Dvořák V., Halada P., Milchram M., Obwaller A. G., Kuhls K., Schlegel S., Köhsler M., Poeppl W., Bakran-Lebl K., Fuehrer H.-P., Volfová V., Mooseder G., Ivovic V., Volf P. & Walochnik J. 2020b:. Integrative Approach to *Phlebotomus mascittii* Grassi, 1908 : First Record in Vienna with New Morphological and Molecular Insights. – Pathogens 9: 1032.

Kniha E., Dvořák V., Milchram M., Obwaller A. G., Köhsler M., Pöppl W., Antoniou M., Chaskopoulou A., Paronyan L., Stefanovski J., Mooseder G., Volf P. & Walochnik J. 2021: *Phlebotomus* (*Adlerius*) *simici* Nitzulescu, 1931: first record in Austria and phylogenetic relationship with other *Adlerius* species. – Parasites & Vectors 14: 20.

Kronefeld M., Kampen H., Sassnau R. & Werner D. 2014: Molecular detection of *Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens* and *Setaria tundra* in mosquitoes from Germany. – Parasites & Vectors Vectors 7: 30.

Krüger A., Rech A., Su X. Z. & Tannich E. 2001: Two cases of autochthonous *Plasmodium falciparum* malaria in Germany with evidence for local transmission by indigenous *Anopheles plumbeus*. – Tropical Medicine & International Health 6: 983–985.

Kühne G., Kosuch J., Hochkirch A. & Schmitt T. 2017: Extra-Mediterranean glacial refugia in a Mediterranean faunal element : the phylogeography of the chalk-hill blue *Polyommatus coridon* (Lepidoptera, Lycaenidae). – Scientific Reports 7: 43533.

Kulmer L. M., Unterköfler M. S., Fuehrer H. P., Janovska V., Pagac M., Svoboda M., Venco L. & Leschnik M. 2021: First Autochthonous Infection of a Cat with *Dirofilaria immitis* in Austria. – Pathogens 10: 1104.

Leggewie M., Badusche M., Rudolf M., Jansen S., Börstler J., Krumkamp R., Huber K., Krüger A., Schmidt-Chanasit J., Tannich E. & Becker S. C. 2016: *Culex pipiens* and *Culex torrentium* populations from Central Europe are susceptible to West Nile virus infection. – One Health 2: 88–94.

Leschnik M., Löwenstein M., Edelhofer R. & Kirtz G. 2008: Imported non-endemic, arthropod-borne and parasitic infectious diseases in Austrian dogs. – Wiener Klinische Wochenschrift 120: 59–62.

Lok C. 2001: Unlucky bamboo. – Nature. https://doi.org/10.1038/news010712-5.

Maher S. P., Ellis C., Gage K. L., Enscore R. E. & Peterson A. T. 2010: Range-wide Determinants of Plague Distribution in North America. – The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 83: 736.

Maia C. & Cardoso L. 2015: Spread of *Leishmania infantum* in Europe with dog travelling. – Veterinary Parasitology 213: 2–11.

McGwire B. S. & Satoskar A. R. 2014: Leishmaniasis: clinical syndromes and treatment. – QJM: An International Journal of Medicine 107: 7–14.

Medlock J. M., Hansford K. M., Versteirt V., Cull B., Kampen H., Fontenille D., Hendrickx G., Zeller H., Van Bortel W. & Schaffner F. 2015: An entomological review of invasive mosquitoes in Europe. – Bulletin of Entomological Research 105: 637–663.

Medlock J. M., Hansford K., 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: 435–447.

Mehlhorn H., Walldorf V., Klimpel S., Schaub G., Kiel E., Focke R., Liebisch G., Liebisch A., Werner D., Bauer C., Clausen H., Bauer B., Geier M., Hörbrand T., Bätza H. J., Conraths F. J., Hoffmann B. & Beer M. 2009: Bluetongue disease in Germany (2007-2008): Monitoring of entomological aspects. – Parasitology Research 105: 313–319.

Meister T., Lussy H., Bakonyi T., Šikutová S., Rudolf I., Vogl W., Winkler H., Frey H., Hubálek Z., Nowotny N. & Weissenböck H. 2008: Serological evidence of continuing high Usutu virus (Flaviviridae) activity and establishment of herd immunity in wild birds in Austria. – Veterinary Microbiology 127: 237–248.

Menn B., Lorentz S. & Naucke T. J. 2010: Imported and travelling dogs as carriers of canine vector-borne pathogens in Germany. – Parasites & Vectors 3: 34.

Monge-Maillo B., Norman F. F., Cruz I., Alvar J. & López-Vélez R. 2014: Visceral Leishmaniasis and HIV Coinfection in the Mediterranean Region. – PLoS Neglected Tropical Diseases 8: e3021.

Mouchet J. 2000: Airport malaria : a rare disease still poorly understood. – Eurosurveillance 5: 75–76.

Mullis K., Faloona F., Scharf S., Saiki R., Horn G. & Erlich H. 1986: Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. In: In Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology.

Musso D & Gubler DJ. 2016: Zika virus. – Clinical Microbiology Reviews 29: 487–524.

Musso D., Ko A. I. & Baud D. 2019: Zika Virus Infection – After the Pandemic. – New England Journal of Medicine 381: 1444–1457.

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: 1161–1164.

Naucke T. J. & Pesson B. 2000: Presence of *Phlebotomus* (*Transphlebotomus*) *mascittii* Grassi, 1908 (Diptera : Psychodidae) in Germany. – Parasitology Research 86: 335–336.

Naucke T. J. & Schmitt C. 2004: Is leishmaniasis becoming endemic in Germany?. – International Journal of Medical Microbiology 293: 179–181.

Nikolay B., Diallo M., Boye C. & Sall A. 2011: Usutu virus in Africa. – Vector Borne and Zoonotic Diseases 11: 1417–1423.

Obwaller A. G., Karakus M., Poeppl W., Töz S., Özbel Y., Aspöck H. & Walochnik J. 2016: Could *Phlebotomus mascittii* play a role as a natural vector for *Leishmania infantum*? New data. – Parasites & Vectors 9: 458.

Obwaller A. G., Poeppl 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.

Oehme R., Bestehorn M., Wölfel S. & Chitimia-Dobler L. 2017: *Hyalomma marginatum* in Tübingen, Germany. – Systematic and Applied Acarology 22: 1–6.

Ogden N. H., Milka R., Caminade C. & Gachon P. 2014: Recent and projected future climatic suitability of North America for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*. – Parasites & Vectors 7: 532.

Perine P. L., Chandler B. P., Krause D. K., McCardle P., Awoke S., Habte-Gabr E., Wisseman Jr. C. L. & McDade J. E. 1992: A Clinico-Epidemiological Study of Epidemic Typhus in Africa. – Clinical Infectious Diseases 14: 1149–1158.

Petersen L.R., Jamieson D.J., Powers A.M. & Honein M.A. 2016: Zika virus. – New England Journal of Medicine 374: 1552–1563.

Pfäffle M. & Skuballa J. 2014: An annotated checklist of the ticks (Acari: Ixodida) of Germany. – Systematic & Applied Acarology 17: 115–170.

Pfeffer M. 2010: Die Pest. In: Krank durch Arthropoden, Denisia 30 (Ed. by H. Aspöck), pp. 625–636.

Pluskota B., Jöst A., Augsten X., Stelzner L., Ferstl I. & Becker N. 2016: Successful overwintering of *Aedes albopictus* in Germany. – Parasitology Research 115: 3245–3247.

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.

Poeppl 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.

Prosl H. & Kutzer E. 1986: Zur Verbreitung der Braunen Hundezecke *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille 1806) in Österreich und deren Bekämpfungsmöglichkeiten. – Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie 8: 173–179.

Pshenichnaya N. Y., Sydenko I. S., Klinovaya E. P., Romanova E. B. & Zhuravlev A. S. 2016: Possible sexual transmission of Crimean-Congo hemorrhagic fever. – International Journal of Infectious Diseases 45: 109–111.

Raoult D., Roux V., Ndihokubwayo J. B., Bise G., Baudon D., Martet G. & Birtles R. 1997: Jail Fever (Epidemic Typhus) Outbreak in Burundi. – Emerging Infectious Diseases 3: 357–360.

Ready P. D. 2010: Leishmaniasis emergence in Europe. – Eurosurveillance 15: 19505.

Rezza G., Nicoletti L., Angelini R., Romi R., Finarelli A., Panning M., Cordioli P., Fortuna C., Boros S., Magurano F., Silvi G., Angelini P., Dottori M., Ciufolini M., Majori G. & Cassone A. 2007: Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. – The Lancet 370: 1840–1846.

Richardson D. M., Py S Ek P., Rejmánek M., Barbour M. G., Panetta F. D. & West C. J. 2000: Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. – Biodiversity Research: Diversity and Distributions 6: 93–107.

Riebenbauer K., Weber P. B., Walochnik J., Karlhofer F., Winkler S., Dorfer S., Auer H., Valencak J., Laimer M. & Handisurya A. 2021: Human dirofilariosis in Austria: the past, the present, the future. – Parasites & VectorsVectors 14: 227.

Robbins K. & Khachemoune A. 2010: Cutaneous myiasis: a review of the common types of myiasis. – International Journal of Dermatology 49: 1092–1098.

Roiz D., Boussès P., Simard F., Paupy C. & Fontenille D. 2015: Autochthonous Chikungunya Transmission and Extreme Climate Events in Southern France. – PLOS Neglected Tropical Diseases 9: e0003854.

Rose K., Curtis J., Baldwin T., Mathis A., Kumar B., Sakthianandeswaren A., Spurck T., Low Choy J. & Handman E. 2004: Cutaneous leishmaniasis in red kangaroos: isolation and characterisation of the causative organisms. – International Journal for Parasitology 34: 655–664.

Rumer L., Graser E., Hillebrand T., Talaska T., Dautel H., Mediannikov O., Roy-Chowdhury P., Sheshukova O., Mantke O. D. & Niedrig M. 2011: *Rickettsia aeschlimannii* in *Hyalomma marginatum* Ticks, Germany. – Emerging Infectious Diseases 17: 325.

Schaffner F., Kaufmann C., Hegglin D. & Mathis A. 2009: The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. – Medical and Veterinary Entomology 23: 448–451.

Schmitt T. & Varga Z. 2012: Extra-Mediterranean refugia: The rule and not the exception?. – Frontiers in Zoology 9: 22.

Schoener E., Zittra C., Weiss S., Walder G., Barogh B. S., Weiler S. & Fuehrer H. P. 2019: Monitoring of alien mosquitoes of the genus *Aedes* (Diptera: Culicidae) in Austria. Parasitology Research 118: 1633–1638.

Scholte E. J. & Schaffner F. 2007: Waiting for the tiger – establishment and spread of *Aedes albopictus* mosquito in Europe. In: Emerging pests and vector-borne diseases in Europe. Volume 1: Ecology and control of vector-borne diseases (Ed. by W. Takken & B. G. J. Knols), pp. 241–260.

Schuffenecker I., Iteman I., Michault A., Murri S., Frangeul L., Vaney M. C., Lavenir R., Pardigon N., Reynes J. M., Pettinelli F., Biscornet L., Diancourt L., Michel S., Duquerroy S., Guigon G., Frenkiel M. P., Bréhin A. C., Cubito N., Desprès P., Kunst F., Rey F. A., Zeller H. & Brisse S. 2006: Genome microevolution of chikungunya viruses causing the Indian Ocean outbreak. – PLoS Medicine 3: 1058–1070.

Schwartz O. & Albert M. L. 2010: Biology and pathogenesis of chikungunya virus. – Nature Reviews Microbiology 8: 491–500.

Sehnal P., Schweiger S., Schindler M., Anderle F. & Schneemann Y. 2008: Bluetongue: Vector surveillance in Austria in 2007. – Wiener Klinische Wochenschrift 120: 34–39.

Seidel B., Duh D., Nowotny N. & Allerberger 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 122: 223–226.

Seidel B., Nowotny N., Bakonyi T., Allerberger F. & Schaffner F. 2016: Spread of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Austria, 2011–2015, and first records of the subspecies for Hungary, 2012, and the principality of Liechtenstein, 2015. Parasites & Vectors 9: 356.

Sereno D. 2019: *Leishmania* (*Mundinia*) spp.: from description to emergence as new human and animal *Leishmania* pathogens. – New Microbes and New Infections 30: 100540.

Simon F. & Tolou H. 2006: Chikungunya, l'épidémie que l'on n'attendait pas. – Review of Internal Medicine 27: 437–441.

Sinning D., Köhler K., Litzke L., Schönian G., Frohme M. & Kuhls K. 2014: Autochthone Kutane Leishmaniose Bei Pferden in Deutschland – Eine Neue Infektionskrankheit in Mitteleuropa ?. – TH Wildau. Wissenschaftliche Beiträge: 17–25.

Solano-Gallego L., Kidd L., Trotta M., Di Marco M., Caldin M., Furlanello T. & Breitschwerdt E. 2006: Febrile Illness Associated with *Rickettsia conorii* Infection in Dogs from Sicily. – Emerging Infectious Diseases 12: 1985.

Sonnberger K., Duscher G. G., Fuehrer H.-P. & Leschnik M. 2020: Current trends in canine dirofilariosis in Austria—do we face a pre-endemic status?. – Parasitology Research 119: 1001–1009.

Sonnberger K., Füehrer H. P., Sonnberger B. W. & Leschnik M. 2021: The Incidence of *Dirofilaria immitis* in Shelter Dogs and Mosquitoes in Austria. – Pathogens 10: 550.

Stenseth N. C., Atshabar B. B., Begon M., Belmain S. R., Bertherat E., Carniel E., Gage K. L., Leirs H. & Rahalison L. 2008: Plague: Past, Present, and Future. – PLOS Medicine 5: e3.

Tesh R. B. 1988: The Genus Phlebovirus and Its Vectors. – Annual Review of Entomology 33: 169–181.

Trájer A. J., Bede-Fazekas A., Hufnagel L., Horvath L., Bobvos J. & Paldy A. 2013: The Effect of Climate Change on the Potential Distribution of the European *Phlebotomus* Species. – Applied Ecology and Environmental Research 11: 189–208.

Venturi G., Di Luca M., Fortuna C., Remoli M. E., Riccardo F., Severini F., Toma L., Del Manso M., Benedetti E., Caporali M. G., Amendola A., Fiorentini C., De Liberato C., Giammattei R., Romi R., Pezzotti P., Rezza G. & Rizzo C. 2017: Detection of a chikungunya outbreak in central Italy, August to September 2017. – Eurosurveillance 22: 11–14.

Vogelgesang J. R., Walter M., Kahl O., Rubel F. & Brugger K. 2020: Long-term monitoring of the seasonal density of questing ixodid ticks in Vienna (Austria): setup and first results. – Experimental and Applied Acarology 81: 409–420.

Walochnik J. 2019: Die verschiedenen Formen kutaner Leishmaniose. – Spectrum Dermatologie 3: 14–17.

Walochnik J. & Aspöck H. 2008: Klimawandel, Arthropoda und die Verbreitung von Krankheiten. – Insecta Heft 11: 69–73.

Weissenböck 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.

Werner D., Kowalczyk S. & Kampen H. 2020: Nine years of mosquito monitoring in Germany, 2011–2019, with an updated inventory of German culicid species. – Parasitology Research 119: 2765–2774.

Werner D., Zielke D. E. & Kampen H. 2016: First record of *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in Germany. – Parasitology Research 115: 1331–1334.

Wernsdorfer W. H. 2002: Malaria in Mitteleuropa. – Densia 6: 201–212.

WHO 2015: Outbreak news. Chikungunya, Spain. – Weekly Epidemiological Record 90.33: 409.

WHO 2021: Fact sheets: Leishmaniasis. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/leishmaniasis (aufgerufen am 19 August 2021).

Wijnveld M., Schötta A. M., Stelzer T., Duscher G., Leschnik M., Stockinger H., Lindgren P. E. & Stanek G. 2021: Novel Protozoans in Austria Revealed through the Use of Dogs as Sentinels for Ticks and Tick-Borne Pathogens. – Microorganisms 9: 1392.

Wojta J., & Aspöck H. 1982: Untersuchungen über die Möglichkeit der Einschleppung durch Stechmücken übertragener Arboviren durch Vögel nach Mitteleuropa. – BFB-Bericht 43: 165–172.

Younsi H., Fares W., Cherni S., Dachraoui K., Barhoumi W., Najjar C. & Zhioua E. 2020: *Ixodes inopinatus* and *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) Are Sympatric Ticks in North Africa. – Journal of Medical Entomology 57: 952–956.

Zanet S., Sposimo P., Trisciuoglio A., Giannini F., Strumia F. & Ferroglio E. 2014: Epidemiology of *Leishmania infantum*, *Toxoplasma gondi*i, and *Neospora caninum* in *Rattus rattus* in absence of domestic reservoir and definitive hosts. – Veterinary Parasitology 199: 247–249.

Zietz B. P. & Dunkelberg H. 2004: The history of the plague and the research on the causative agent *Yersinia pestis*. – International Journal of Hygiene and Environmental Health 207: 165–178.

Zittra C., Joachim A. & Fuehrer H.-P. 2015: Mosquitoes and *Dirofilaria* in Austria – a review of the current situation of neobiotic Culicidae and Dirofilariae. – Tierärztliche Umschau 70: 126–131.

Zittra C., Moog O., Christian E. & Fuehrer H. P. 2019: DNA-aided identification of *Culex* mosquitoes (Diptera: Culicidae) reveals unexpected diversity in underground cavities in Austria. – Parasitology Research 118: 1385–1391.

Anschriften der Verfasserinnen und der Verfasser

Edwin Kniha, MSc (Korrespondenz-Autor), Univ.-Prof. Dr. Horst Aspöck,
Assoc. Prof. Mag. Dr. Julia Walochnik, Institut für Spezifische Prophylaxe und Tropenmedizin, Medizinische Universität Wien, Kinderspitalgasse 15, 1090 Wien, Österreich.
E-Mail: edwin.kniha@meduniwien.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Entomologica Austriaca

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: 0029

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

Artikel/Article: Überträger und Erreger von Krankheiten als Neobiota in Mitteleuropa 183-208