



Die Verbreitung von Sandmücken (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) und deren Relevanz als Überträger von Krankheitserregern des Menschen in Mitteleuropa

EDWIN KNIHA, HORST ASPÖCK, ADELHEID G. OBWALLER, WOLFGANG POEPL & JULIA WALOCHNIK

Abstract: The distribution of sand flies (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) and their relevance as vectors of pathogens of humans in Central Europe. Approximately 800 sand fly species (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) have been described. Their distribution includes tropical, subtropical and warmer temperate, particularly arid regions worldwide. At least 70 species are of medical relevance by transmitting pathogens during the blood meal of female specimens, including the protozoan pathogens *Leishmania* spp., the proteobacterium *Bartonella bacilliformis* and several different arboviruses. Of these, the leishmanias are of greatest medical relevance, as leishmaniasis is one of the most widely distributed vector-borne diseases worldwide. Sand fly-borne viruses do occur in Europe and can cause febrile illness with severe neural symptoms.

In Europe, 23 sand fly species have been found, of which nine have been experimentally proven as vectors of *Leishmania* spp. and some of them also of phleboviruses. In Central Europe, a widespread and potentially medically relevant species is *Phlebotomus mascittii*, an assumed but unproven vector of *Leishmania* spp.

The possibility of an occurrence of sand flies in Central Europe was long ignored, and sand flies were thought to be restricted to areas south of the Alps. In 1999 and 2001, two sand fly species, *P. mascittii* and *P. perniciosus*, respectively, were found in Germany, indicating their occurrence north of the Alps. In 2009, *P. mascittii* was found in Austria for the first time and stable populations were recorded in subsequent years. Further recent findings in Slovakia and Slovenia show that sand fly distribution in Central Europe has not yet been fully elucidated.

Climate, suitable breeding sites and availability of blood meal hosts are the driving forces for sand fly distribution. Central European sand fly populations are exclusively found in climatically favored microhabitats, usually in close vicinity to human dwellings. Global warming and globalization are crucial factors for further dispersal of sand flies and thus, for the transmission of associated pathogens. Therefore, the clarification of the distribution and vector competence of Central European sand fly species plays a key role in assessing the medical relevance of these hematophagous insects.

Keywords: sand flies, leishmaniasis, Central Europe, climate change, globalization

Citation: KNIHA E., ASPÖCK H., OBWALLER A. G., POEPL W. & WALOCHNIK J. 2020: Die Verbreitung von Sandmücken (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) und deren Relevanz als Überträger von Krankheitserregern des Menschen in Mitteleuropa. – Entomologica Austriaca 27: 65–89

Klasse	Insecta					
	Holometabola					
Ordnung	Diptera					
Unterordnung	Nematocera					
Familie	Psychodidae					
Unterfamilie	Phlebotominae					
Genera	<i>Phlebotomus</i> [*]	<i>Sergentomyia</i> [*]	<i>Chinius</i>	<i>Lutzomyia</i> [*]	<i>Brumptomyia</i>	<i>Warileya</i>
Subgenera	13	10	4	26	24	6
	Alte Welt			Neue Welt		

^{*}Genus enthält medizinisch relevante Arten.

^{*}Genus enthält möglicherweise medizinisch relevante Arten.

Abb. 1: Klassifikation der Sandmücken nach Akhoundi et al. (2016).

Fig. 1: Classification of sand flies according to Akhoundi et al. (2016).

Einleitung

Sandmücken (Phlebotominae) sind kleine, blutsaugende Dipteren, die während der Blutmahlzeit Viren, Bakterien und Protozoen übertragen können. Sie gehören zur Familie der Schmetterlingsmücken (Psychodidae), der Unterordnung der Mücken (Nematocera), innerhalb der Ordnung der Zweiflügler (Diptera). Die Klassifikation der Sandmücken ist nach wie vor lückenhaft, da oftmals ausschließlich morphologische Merkmale für die Einteilung herangezogen wurden und molekulare Analysen erst in jüngster Zeit für die Taxonomie angewendet werden. Dieser Artikel folgt der Klassifikation aus der umfassenden Übersichtsarbeit von AKHOUNDI et al. (2016).

Bisher wurden weltweit über 800 Sandmücken-Arten beschrieben, von denen etwa 460 Arten in der Neuen Welt und etwa 350 Arten in der Alten Welt vorkommen und sich jeweils auf drei Genera aufteilen (SECCOMBE et al. 1993, GALANTI 2003) (Abb. 1). Ungefähr 70 Sandmücken-Arten der Gattungen *Lutzomyia* FRANCE, 1924, in der Neuen Welt und *Phlebotomus* RONDANI & BERTÉ, 1840, in der Alten Welt sind von medizinischer Bedeutung (DOBLER & ASPÖCK 2010). Es häufen sich die Hinweise, dass Arten der Gattung *Sergentomyia* FRANCE & PARROT, 1920, die vor allem an Reptilien Blut saugen, ebenfalls eine Rolle für die Übertragung von Erregern auf Säugetiere, einschließlich des Menschen spielen könnten (MAIA & DEPAQUIT 2016).

Adulte Sandmücken sind ungefähr drei bis fünf Millimeter groß und zumeist sandfarben, woher sich auch der Name Sandmücke ableitet. Flügel, Thorax und Abdomen sind unverkennbar „behaart“ und die großen dunklen Augen äußerst prominent (Abb. 2). Die auffälligen Haare an den Flügeln tragen dazu bei, dass Sandmücken lautlose, aber sehr schlechte Flieger sind. Dies spiegelt sich auch in der Fortbewegung wider, die meist hüpfend mit kurzen Flugintervallen in Bodennähe ist. Der Aktionsradius beträgt – mit Ausnahmen – nur ein paar hundert Meter, und schon bei geringen Niederschlagsmengen und Windgeschwindigkeiten wird die Flugaktivität eingestellt (RUTHLEDGE & GUPTA 2002).

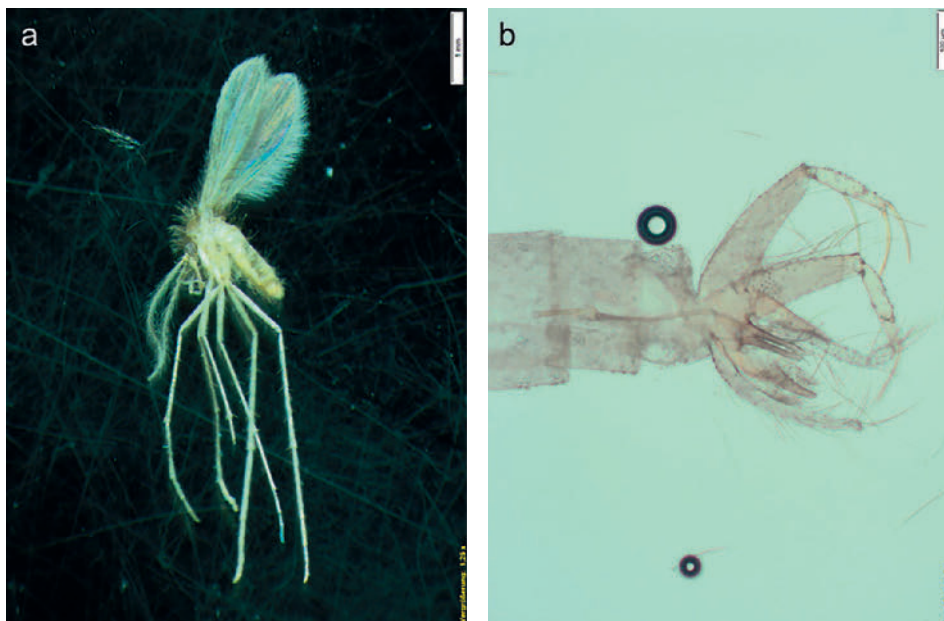


Abb. 2: *Phlebotomus mascittii*-Weibchen (a) mit der typischen und auffälligen Behaarung auf Flügeln, Thorax und Abdomen. Präparierte Genitalien eines *P. mascittii*-Männchens (b), die für die morphologische Bestimmung herangezogen werden. © Edwin Kniha

Fig. 2: Female *Phlebotomus mascittii* specimen (a) with typical “hair-like” structures on wings and abdomen. Mounted genitalia of a male *P. mascittii* specimen (b), which are used for morphological identification. © Edwin Kniha

Sandmücken kommen in Teilen Europas sowie Asiens, Afrikas, Australiens, Nord- und Südamerikas vor. Die nördlichsten Funde sind in Deutschland, knapp über dem 50. nördlichen Breitengrad, dokumentiert (MELAUN et al. 2014) und auch nearktische Funde dieser geographischen Breite sind aus Kanada bekannt (YOUNG & PERKINS 1984). Das südlichste Vorkommen erstreckt sich bis etwa zum 40. südlichen Breitengrad, allerdings sind keine Sandmückenvorkommen aus Neuseeland und den Pazifischen Inseln beschrieben (LANE 1993). Außerdem werden, je nach Gebiet, verschiedenste Höhenlagen besiedelt, von 300 Meter unter dem Meeresspiegel am Toten Meer, bis 3300 Meter über dem Meeresspiegel in Afghanistan (ARTEMIEV 1980, LANE 1993).

Als holometabole Insekten durchlaufen Sandmücken eine vollständige Metamorphose, in der sie ein Eistadium, vier Larvalstadien, ein Puppenstadium und die Entwicklung zum adulten Tier, zur Imago, durchmachen. Sandmücken brüten ausschließlich in terrestrischem Habitat, die wichtigsten Faktoren sind dabei Temperatur, Luftfeuchtigkeit und das Vorhandensein von organischem Substrat, das als Larvalfutter dient. Die Dauer des Entwicklungszyklus ist hauptsächlich temperaturabhängig und kann unterschiedlich lange dauern, mindestens jedoch ungefähr vier Wochen (KILLICK-KENDRICK 1999). Während tropische Arten ganzjährig aktiv sein können (WALOCHNIK & ASPÖCK 2010), überwintern paläarktische Arten im vierten Larvalstadium (KILLICK-KENDRICK & KILLICK-KENDRICK 1987a, SCHLEIN et al. 1990, KUMAR & KISHORE 1991) oder in

wärmeren Habitaten im Eistadium (TROUILLET & YATTIER-BERNARD 1979, LAWYER & YOUNG 1991). Nach wie vor ist fraglich, ob es sich bei der Überwinterung um ein Quieszenz oder eine Diapause handelt (READY 2013).

Sowohl Männchen als auch Weibchen ernähren sich von natürlichen Zuckerquellen, wie beispielsweise Pflanzennektar oder Honigtau (SCHLEIN & WARBURG 1986, KILLICK-KENDRICK & KILLICK-KENDRICK 1987b). Weibchen benötigen zusätzlich eine Blutmahlzeit für die Eireifung. Dabei wird die Haut des Wirtstieres angeritzt und der sich bildende „Pool“ an Blut und Lymphe mit dem relativ kurzen Stechrüssel aufgesaugt (KRENN & ASPÖCK 2010). Treffend ist daher auch der Gattungsname *Phlebotomus*, der sich aus dem griechischen Wort φλεβοτόμων (phlebotomon = Instrument zum Aderlassen) ableitet. Die Anzahl von Blutmahlzeiten und der Zeitpunkt der Paarung sind abhängig von der Sandmückenart (KILLICK-KENDRICK 1999).

Sandmücken als Vektoren

Auch wenn (fast) alle Sandmücken-Arten zumindest einmal Blut saugen müssen, um den gonotrophen Zyklus abschließen zu können, ist nur eine Minderheit der beschriebenen Arten auch wirklich Überträger von Krankheitserregern. Es gibt verschiedene Gründe, warum die Vektorkapazität nur bei einem kleinen Teil der Arten tatsächlich gegeben ist. Einerseits umfasst das Wirtsspektrum oftmals Tierarten, die als Erregerreservoir keine Rolle spielen, oder die Populationsdichte einer Sandmückenart ist zu gering, um den Infektionszyklus aufrechtzuerhalten. Andererseits kann die Entwicklung des Erregers in der Sandmücke und damit verbunden die Übertragung physiologisch unmöglich sein (KILLICK-KENDRICK 1999). Nachfolgend werden die von Sandmücken übertragenen Krankheitserreger im Detail besprochen und die Vektor-Wirt-Beziehungen beleuchtet.

Sandmücken als Überträger von Arboviren

Sandmücken sind Überträger von verschiedenen Arboviren (Arthropod-borne viruses = Arthropoden-übertragene Viren) (DOBLER & ASPÖCK 2010). Ein Virus muss folgende Kriterien erfüllen, um der Klassifizierung als Arbovirus zu entsprechen: die Replikation im Arthropoden, die Replikation im Wirbeltier und die Übertragung mit dem Speichel während der Blutmahlzeit (ASPÖCK & DOBLER 2010). Es sind ungefähr 500 Arboviren, die verschiedenen „Familien“ angehören und phylogenetisch nicht näher miteinander verwandt sind, beschrieben. Das ICTV (International Committee of Taxonomy of Viruses) sieht eine Einteilung der Viren nach dem Schema Spezies, Genus, Familie etc. vor. Dies entspricht aber keineswegs dem klassischen phylogenetischen System, wie es in der Zoologie oder Botanik angewandt wird, da die Evolution der Viren äußerst komplex ist und ähnliche Viren verschiedene Ursprünge haben können (FAUQUET & MAYO 2001, ASPÖCK & DOBLER 2010).

Wichtig zu erwähnen ist, dass Arboviren – mit wenigen Ausnahmen – Teil von zoonotischen Zyklen sind und dass der Mensch aus ökologischen oder physiologischen (zu niedrige Virämie) Gründen keine Rolle spielt (GUBLER & ROEHRIG 1998). Eine wichtige Ausnahme stellen die Dengue-Viren dar, die ausschließlich innerhalb eines Mensch-Stechmücken-Zyklus übertragen werden (GUBLER 1997) (Abb. 3). Die Virus-

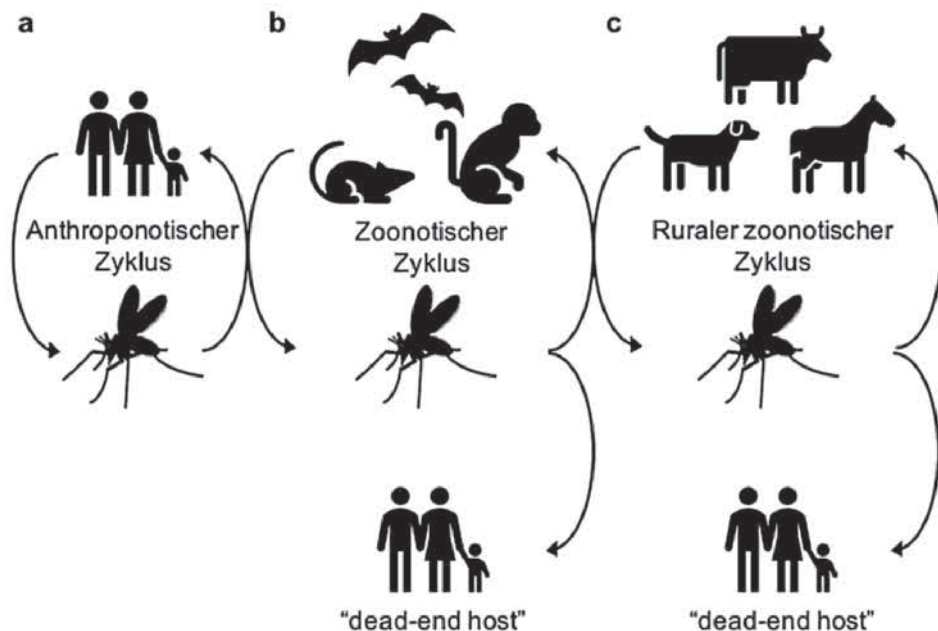


Abb. 3: Infektionszyklen von Arboviren. Anthroponotischer Mensch-Arthropoden-Zyklus, wie bei der Übertragung von Dengue-Viren (a), zoonotischer Tier-Arthropoden-Zyklus, bei dem zumeist Kleinsäuger oder nicht-humane Primaten beteiligt sind (b), ruraler zoonotischer Tier-Arthropoden-Zyklus, bei dem zumeist Haus- und Nutztiere beteiligt sind, was die Chance auf Infektionen bei Menschen erhöht (c). Sowohl bei Zyklus b als auch c ist der Mensch „dead-end host“, wird also infiziert, kann Symptome ausbilden, ist aber an der weiteren Übertragung des Virus meistens nicht beteiligt. Die Sandmücke in den Infektionszyklen repräsentiert Arthropoden generell. Die Illustration wurde aus Hanley & Weaver (2008) herangezogen und modifiziert.

Fig. 3: Arbovirus infection cycles. Anthroponotic human-arthropod cycle, typically for the transmission of dengue viruses (a), zoonotic human-arthropod cycle, typically rodents or non-human primates are involved in the transmission cycle (b), rural human-arthropod cycle, involving domestic animals in the cycle, which increases the risk of accidental transmission to humans (c). In the transmission cycles b and c humans are dead-end hosts, which means that humans can get infected and show symptoms, however, viremia is too short for virus uptake of an arthropod vector, thus, no further transmission is possible. Sand flies represent an arthropod host in this illustration, which was modified from Hanley & Weaver (2008).

übertragung kann aber nicht nur während der Blutmahlzeit (horizontal) stattfinden, sondern auch transovariell auf die Nachkommen und transstadial auf weitere Entwicklungsstadien. Hierbei spricht man von vertikaler Übertragung (ASPÖCK & DOBLER 2010). Sandmücken sind Vektoren für vier verschiedene Virus-Gruppen. Das Vesikuläre Stomatitis-Virus (Familie: Rhabdoviridae) zirkuliert in temperaten und tropischen Gebieten Nord- und Südamerikas. Infektionen betreffen primär Nutztiere, und die Symptome sind ähnlich denen, die bei Maul- und Klauenseuche¹ auftreten können (RUTHLEDGE & GUPTA 2002).

¹ Die Maul- und Klauenseuche ist eine hochansteckende Erkrankung, die durch Viren hervorgerufen wird und bei Paarhufern (Artiodactyla) vorkommt. In seltenen Fällen können auch Menschen betroffen sein. Die Krankheit wurde bereits im 16. Jahrhundert beschrieben, und das Virus war der erste Erreger bei Tieren, der als Virus identifiziert wurde. Die Symptome umfassen hohes Fieber und charakteristische Läsionen, vor allem auf der Zunge und den Klauen (GRUBMAN & BAXT 2004).

Das Changuinola-Virus (Familie: Reoviridae) wird ausschließlich von *Lutzomyia*-Arten in Südamerika übertragen. Humane Infektionen sind schlecht dokumentiert, oftmals kommt es zu milden Grippe-ähnlichen Symptomen mit relativ geringer medizinischer Relevanz. Faultiere stellen möglicherweise das Reservoir für das Virus dar (POLLY 2007, DEPAQUIT et al. 2010).

Das Chandipura-Virus (Familie: Rhabdoviridae) wurde erstmals in Maharashtra in Indien aus Sandmücken isoliert und tauchte danach auch in Westafrika auf. Durch das rasche Einsetzen von Enzephalitis-artigen Symptomen nach einer Infektion kommt es gerade bei Kindern zu teils hohen Letalitätsraten von über 50 % (RUTHLEDGE & GUPTA 2002, DEPAQUIT et al. 2010).

Die wichtigsten durch Sandmücken übertragenen Viren stellen jene des Genus *Phlebovirus* dar. Insgesamt sind 10 Antigen-Komplexe oder „Arten“ offiziell vom ICTV beschrieben, und eine Vielzahl weiterer Arten muss noch offiziell anerkannt werden (ICTV 2019). Auch wenn Sandmücken die Hauptüberträger sind, werden einige *Phlebovirus*-Arten auch von Stechmücken und Zecken übertragen (TESH 1988, ASPÖCK & DOBLER 2010, WANG et al. 2014).

Die Pathogenese von *Phlebovirus*-Infektionen ist divers, und nicht alle Arten verursachen auch tatsächlich Krankheiten beim Menschen. Wegen der weiten Verbreitung und der großen Diversität der Phleboviren konzentriert sich dieser Artikel auf die in Europa medizinisch relevanten Arten, diese sind das Naples-Virus, das Toscana-Virus und das Sicilian-Virus². Das Naples-Virus wurde 1944 während des 2. Weltkrieges aus erkrankten Soldaten isoliert (SABIN 1951) und ist heute in Europa, Afrika und Asien weit verbreitet (AYHAN et al. 2017). Das Toscana-Virus ist genetisch eng mit dem Naples-Virus verwandt und wurde 1971 isoliert (VERANI et al. 1980). Die Verbreitung beschränkt sich auf mediterrane Teile Europas und Nordafrika (AYHAN et al. 2017). Das Sicilian-Virus wurde fast zeitgleich aus US-Soldaten in Sizilien und Ägypten während des 2. Weltkrieges isoliert (SABIN 1951, AYHAN & CHARREL 2019). Interessant ist, dass trotz der langen Bekanntheit und der medizinischen Relevanz dieses Virus bisher noch keine offizielle Anerkennung durch das ICTV bekommen hat.

Infektionen mit den oben beschriebenen Viren bleiben häufig asymptomatisch, treten jedoch Symptome auf, kann es zu unterschiedlichen, in der Regel, Grippe-ähnlichen Symptomen kommen (SABIN 1951, BARTELLONI & TESH 1976). Eine Toscana-Virus-Infektion kann außerdem das Zentralnervensystem betreffen und eine Meningitis oder Meningo-Enzephalitis auslösen (EHRNST et al. 1985, CALISHER et al. 1987). Die Rolle des Menschen und anderer Säugetiere in *Phlebovirus*-Zyklen ist noch immer nicht vollständig geklärt. Es wird aber davon ausgegangen, dass der Vektor selbst, also die Sandmücke, das natürliche Reservoir für Phleboviren darstellt. Eine Infektion der Sandmücke während des Blutsaugens am Menschen ist zwar möglich, spielt aber für die Aufrechterhaltung des Zyklus eine wohl geringe Rolle (DOBLER & ASPÖCK 2010, MAROLI et al. 2013).

² Die drei Virus-Arten sind, um den Lesefluss zu begünstigen, in vereinfachter Form beschrieben und folgen nicht der offiziellen Nomenklatur durch das ICTV. Die exakten Namen sind *Sand fly fever Naples phlebovirus* (SFNV), *Toscana virus* (TOSV) und *Sand fly fever Sicilian virus* (SFSV).

Die klassischen Symptome einer Infektion mit SFNV wurden erstmals durch den Feldarzt Alois Pick (1886) bei österreichischen Soldaten der k. u. k. Armee, die auf dem Balkan stationiert waren, beschrieben (FLAMM 2008). Sandmücken wurden später als Überträger identifiziert und die Krankheit als „Drei-Tage-Fieber“ oder „Pappataci-Fieber“ bezeichnet (DOERR 1909). Immer wieder kam und kommt es zu Infektionen bei Soldaten, die bei Auslandseinsätzen Sandmücken und den von ihnen übertragenen Pathogenen ausgesetzt sind. Tatsächlich wurden in einer rezenteren Studie Antikörper gegen Phleboviren auch bei österreichischen Soldaten nachgewiesen (KNIHA et al. 2019).

Nach wie vor gibt es gegen Phleboviren keine Impfung oder Chemoprophylaxe. Der wichtigste Schutz ist die Expositionsprophylaxe und die Applikation von Repellentien (DEPAQUIT et al. 2010).

Sandmücken als Überträger von Bakterien

Bartonella bacilliformis, ein gram-negatives Bakterium, wird von *Lutzomyia verrucarum* sensu lato in Teilen Perus, Ecuadors und Kolumbiens übertragen. Nach wie vor ist unsicher, ob *Lutzomyia columbiana* ein weiterer Überträger in Kolumbien sein könnte (MAROLI et al. 2013). Bisher wurde nur der Mensch als Reservoir identifiziert. Eine Infektion läuft meistens in zwei Phasen ab. Die erste, potentiell lebensgefährliche Phase, die als „Oroya Fieber“ bekannt ist, löst hohes Fieber und Anämie aus und ist durch eine Letalität von über 80 % bei unbehandelten Patienten gekennzeichnet. Die zweite, chronisch verlaufende, Form der Infektion manifestiert sich durch Hautläsionen, die „Verruga Peruana“ genannt werden, also „Peruanische Warzen“. Oftmals treten Läsionen ohne die schweren Symptomen der ersten Phase auf (EREMEEVA et al. 2007, MAGUIÑA et al. 2008, BLAZES et al. 2013, DINIZ et al. 2013, MINNICK et al. 2014). Die Bartonellose wird auch als Carrións Krankheit bezeichnet, benannt nach dem Medizinstudenten Daniel Carrión, der sich im August 1885 im Selbstversuch mit Material aus einer Hautläsion selbst infizierte. Wenig später erkrankte er mit den typischen Symptomen der ersten Phase und konnte damit erstmals zeigen, dass beide Phasen der Krankheit demselben Erreger zuzuschreiben sind. Im Oktober desselben Jahres starb er an Bartonellose (SCHULTZ 1968, GARCIA-CACERES & GARCIA 1991).

Vor kurzem wurde *Bartonella bacilliformis*-DNA in Zecken nachgewiesen, die an Tapiren und Pekaris blutgesaugt hatten. Die Rolle dieser Zecken als Vektoren und der befallenen Säugetiere als Reservoir für *Bartonella bacilliformis* ist aber noch gänzlich ungeklärt (DEL VALLE-MENDOZA et al. 2018).

Es ist durchaus möglich, dass Bartonellose bei Reisenden aus Südamerika in Mitteleuropa diagnostiziert wird, eine Etablierung des Erregers in Mitteleuropa ist durch den fehlenden Vektor aber so gut wie ausgeschlossen.

Sandmücken als Überträger von Leishmanien

Leishmanien (Euglenozoa: Kinetoplastida: Trypanosomatidae) sind Protozoen, die in zwei verschiedenen Formen, den begeißelten Promastigoten in der Sandmücke und den unbegeißelten Amastigoten im Wirbeltierwirt, vorkommen. Es sind 54 Leishmanien-Arten beschrieben, von denen zumindest 21 für den Menschen pathogen sind. Leishmanien werden



Abb. 4: Leishmanien-Infektionszyklus. Roter Zyklus: Sandmücke nimmt während der Blutmahlzeit an einem infizierten Wirt amastigote Leishmanien auf. Diese wandeln sich in promastigote Formen um, replizieren sich und heften sich mit der Geißel im Vorderdarm der Sandmücke an. Blauer Zyklus: Infizierte Sandmücke sticht einen Wirt, und promastigote Leishmanien werden über den Stechrüssel in den Wirbeltierwirt eingebracht. Promastigote infizieren Makrophagen und wandeln sich in Amastigote um und teilen sich/vermehren sich, bis die Wirtszelle platzt und neue Zellen infiziert werden können. Illustriert und mit freundlicher Genehmigung zur Verfügung gestellt von Viviana Tarallo (Bari).

Fig. 4: *Leishmania* infection cycle. Red cycle: Sand fly is infected with amastigote forms of *Leishmania* during a blood meal on an infected vertebrate host. Amastigote leishmanias transform into promastigotes, multiply, and migrate to foregut and attach. Blue cycle: Infected sand fly bites host and injects promastigotes into the host. Promastigotes infect macrophages, transform into amastigotes and multiply until cells break up and new cells are infected. Illustrated and kindly provided by Viviana Tarallo (Bari).

in sechs Komplexe unterteilt, den *L. donovani/L. infantum*-Komplex, den *L. major*-Komplex, den *L. mexicana*-Komplex, den *L. braziliensis*-Komplex und den *L. guyanensis*-Komplex (DAVID & CRAFT 2009, WALOCHNIK & ASPÖCK 2010, AKHOUNDI et al. 2016). Die Übertragung der Leishmanien erfolgt prinzipiell durch den Stich einer infizierten weiblichen Sandmücke. Nach der Durchwanderung des Darms der infizierten Sandmücke aggregieren sich promastigote Leishmanien im Vorderdarm und verstopfen diesen. Durch die Verstopfung kommt es zu mehrmaligen Saugversuchen, die mit der Regurgitation der Leishmanien in die Stichwunde enden (KILICK-KENDRICK 1990a). Im Wirt werden durch den Speichel angelockte Immunzellen infiziert. Die Leishmanien wandeln sich in amastigote Formen um und teilen sich, bis die Wirtszelle platzt, und neue Zellen infiziert werden. Beim neuerlichen Stich einer Sandmücke kann es zur Aufnahme der amastigoten Formen kommen, und der Infektionszyklus schließt sich (DAVID & CRAFT 2009) (Abb. 4).

Sowohl beim Menschen als auch bei Hunden sind außerdem pränatale Übertragungen von der Mutter zum Kind, parenterale Übertragungen bei Bluttransfusionen, sowie sexuelle Übertragungen bekannt (BOEHME et al. 2006, BOGDAN 2012, SILVA et al. 2014, JIMENEZ-MARCO et al. 2016, SVOBODOVA et al. 2017). Darüber hinaus sind Infektionen über Bisswunden bei Hunden beschrieben (KARKAMO et al. 2014, NAUCKE et al. 2016). Die Leishmaniosen sind hauptsächlich Zoonosen, zahlreiche Nagetiere sowie der Hund bilden die Reservoirwirte, die den Parasiten beherbergen, aber oft selbst keine Symptome aufweisen (WALOCHNIK & ASPÖCK 2010).

Verschiedene Sandmücken-Arten übertragen verschiedene Leishmanien-Arten, und je nach übertragener Art kann eine Infektion unterschiedliche Symptome hervorrufen. Oft treten auch gar keine Symptome auf, oder erst viel später, wenn das Immunsystem des Betroffenen geschwächt ist. Dies zeigt sich besonders deutlich bei HIV-Patienten, bei denen das Risiko, an einer klinisch manifesten Leishmaniose zu erkranken, um das 100- bis 1000-fache erhöht ist. Koinfektionen wurden bisher in 35 Ländern dokumentiert (DESJEUX & ALVAR 2003, ASPÖCK & WALOCHNIK 2009, READY 2010, WALOCHNIK & ASPÖCK 2010). Leishmaniosen treten, je nach Erregerart, in verschiedenen Formen auf. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Hauptformen, die viszerale, innere Organe betreffende Form, und die kutane, sich als Hautläsionen manifestierende Form. Die kutanen Leishmaniosen umfassen mehrere Subformen, nämlich die lokal kutane, diffus kutane, mukokutane, mukosale und die post-Kala-Azar-dermale Leishmaniose, die allerdings eine Spätform der viszeralen Leishmaniose darstellt (ZIJLSTRA et al. 2003, CHAPPUIS et al. 2007, DAVID & CRAFT 2009). Die kutanen Leishmaniosen sind unter anderem als „Nil-Pickel“, „Aleppo-Beule“ oder „Kala-Azar“ bekannt, und erste Aufzeichnungen über die Krankheit sind bereits im Papyrus Ebers (2000–1500 v. Chr.) zu finden. Die Erreger allerdings wurden erst Anfang des 20. Jahrhunderts – gleichzeitig, aber unabhängig voneinander – von William Boog Leishman und Charles Donovan entdeckt (NAZZARO et al. 2014, STEVERDING 2017).

Die Leishmaniosen treten in 98 Ländern in Europa, Afrika, Asien und Amerika auf und sind ein mit Armut assoziierter Krankheitskomplex. Schätzungsweise gibt es jährlich bis zu 1,7 Millionen Neuinfizierte, von denen allerdings nur ein Teil erkrankt. Insgesamt sterben etwa 30.000 Menschen jedes Jahr an einer Leishmaniose. Trotz der weiten Verbreitung – vor allem in tropischen und subtropischen Gebieten – sind 90 % der Leishmaniose-Fälle auf nur 13 Länder beschränkt (Afghanistan, Algerien, Bangladesch, Bolivien, Brasilien, Kolumbien, Äthiopien, Indien, Iran, Peru, Südsudan, Sudan und Syrien) (ALVAR et al. 2012, STEVERDING 2017). Die Krankheit kommt also vor allem dort vor, wo einerseits keine oder nur schlechte medizinische Versorgung verfügbar ist und andererseits unzureichende Sanitär- und Wohnverhältnisse vorherrschen (ALVAR et al. 2006).

Die Rolle anderer Arthropoden, wie Zecken oder Flöhe, als Überträger von Leishmanien ist ein Thema, das bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts erwähnt und spätestens seit dem Einzug molekularer Methoden vielfach diskutiert wird. Als strikte Blutsauger nehmen Zecken und Flöhe bei der Blutmahlzeit verschiedene Erreger auf, die aber nicht zwangsläufig anschließend auch übertragen werden bzw. in diesen Arthropoden überhaupt überleben können. Einige wenige ältere Studien zeigten die experimentelle Übertragung von Leishmanien durch Zecken auf Hunde. Seit der Anwendung der PCR werden vermehrt Nachweise von Leishmanien-DNA vor allem bei von Hunden abgesammelten Zecken erbracht. Nach wie vor ist die Rolle von Zecken und Flöhen als Überträger von Leishmanien nicht geklärt. Im Hinblick auf steigende Fallzahlen von Hunde-Leishmaniosen, auch in Ländern, in denen Leishmaniosen nicht autochthon vorkommen, wird diesem Übertragungsweg – vielleicht zu Recht – auch zukünftig vermehrt Beachtung geschenkt werden müssen (DANTAS-TORRES et al. 2010, COLOMBO et al. 2011, DANTAS-TORRES 2011).

Sandmücken in Mitteleuropa

In Europa kommen 23 Sandmücken-Arten vor, von denen neun nachgewiesene oder zumindest mutmaßliche Vektoren für Leishmanien sind, nämlich *Phlebotomus ariasi*, *P. perniciosus*, *P. perfiliewi*, *P. neglectus*, *P. tobbi*, *P. kandelaki*, *P. balcanicus*, *P. papatasi* and *P. sergenti* (ANTONIOU et al. 2013). Phlebotominae sind vor allem aus dem mediterranen Raum bekannt, und erhalten zwei verschiedene in Europa etablierte Übertragungszyklen für Leishmaniose: zum einen für zoonotische kutane und viszerale Leishmaniosen, die durch *L. infantum* hervorgerufen werden und im gesamten mediterranen Raum vorkommen, und zum anderen für anthroponotische kutane Leishmaniose, die durch *L. tropica* hervorgerufen wird und sporadisch in Griechenland auftritt (READY 2010). Eine große Rolle spielen dabei Hunde, die das Hauptreservoir für *L. infantum* sind. In zahlreichen mediterranen Gebieten sind ausgesprochen hohe Infektionsraten bei Hunden dokumentiert. Mit zunehmender Reisetätigkeit – mit Haustieren im Gepäck – und dem zum Teil illegalen Import von Hunden aus diesen Ländern steigt der Anteil von infizierten Reservoirwirten in Ländern, aus denen kein Nachweis einer autochthonen Leishmaniose bekannt ist (DUJARDIN et al. 2008).

Aktuelle Verbreitung

Das Vorkommen von Sandmücken und Leishmaniosen in Mitteleuropa, insbesondere nördlich der Alpen, war lange nicht bekannt. Die einzigen Funde einer Sandmücke aus den Jahren 1911 und 1956 beschränkten sich auf den in der Westschweiz liegenden Kanton Waadt und den in der Südschweiz liegenden Kanton Tessin, wo *Phlebotomus mascittii* GRASSI, 1908, gefunden worden war (GALLI-VALERIO 1912, GASCHEN 1956a, 1956b). Etwas später, im Jahr 1989, dokumentierten KNECHTLI & JENNI (1989) das Vorkommen von *P. mascittii* und zwei weiteren Arten, nämlich *P. perniciosus* NEWSTEAD, 1911, und *Sergentomyia minuta* RONDANI, 1843, im Tessin. Erst mit den Funden von *P. mascittii* im Jahr 1999 und *P. perniciosus* im Jahr 2001 in Deutschland konnte gezeigt werden, dass Sandmücken tatsächlich nördlich der Alpen vorkommen und dass mit *P. perniciosus* auch ein Vektor für Leishmanien und Phleboviren vorkommt (NAUCKE & PESSON 2000, NAUCKE & SCHMITT 2004). Zudem ist auch *P. mascittii* ein potentieller Vektor für Leishmanien, dies konnte allerdings bisher nicht experimentell belegt werden (ANTONIOU et al. 2013). In den folgenden Jahren wurden in Deutschland zwei Fälle autochthoner Leishmaniose, bei einem Kind und bei einem Pferd, diagnostiziert und weitere Funde von *P. mascittii* aus Belgien und Nordfrankreich publiziert (BOGDAN et al. 2001, KOEHLER et al. 2002, DEPAQUIT et al. 2005). Schließlich wurden im Jahr 2009 erstmals Sandmücken der Art *P. mascittii* auch in Österreich, nämlich im Osten Kärntens, gefunden (NAUCKE et al. 2011). Bis dahin waren lediglich drei möglicherweise autochthone Leishmaniose-Fälle aus Österreich bekannt, nämlich aus Wien, Niederösterreich und Kärnten (BEYREDER 1962, KOLLARITSCH et al. 1989, DORNBUSCH et al. 1999). Weitere Funde von Sandmücken wurden in den Jahren 2010 bis 2013 aus der Steiermark, dem Burgenland und Niederösterreich dokumentiert (POEPL et al. 2013, OBWALLER et al. 2014). Und im Jahr 2016 wurde ein *P. mascittii*-Exemplar im Osten der Slowakei, nahe der österreichischen Grenze gefangen (DVOŘÁK et al. 2016).

Genese der Verbreitung

Anfänglich wurde – aufgrund sehr geringer Fangzahlen und dem äußerst disjunkten Vorkommen – der Klimawandel als Grund für das plötzliche Auffinden von Sandmücken in Mitteleuropa in Betracht gezogen. Heute geht man vielmehr davon aus, dass Sandmücken in Mitteleuropa lange Zeit übersehen wurden und schon früh in postglazialen Wärmezeiten nach Mitteleuropa eingewandert sind (ASPÖCK & WALOCHNIK 2009, ASPÖCK 2010, POEPL et al. 2013). Während der letzten Eiszeit, die vor ungefähr 10.000 bis 12.000 Jahren zu Ende ging, waren große Teile Mittel- und Osteuropas Permafrost- und Tundra-Regionen. Dadurch hatte sich die präglaziale Biodiversität enorm verringert. Arten starben aus oder fanden während dieser Zeit Schutz in (extra-)mediterranen Refugialräumen. Nach dem Wechsel vom Glazial zu Interglazial kam es zu einem raschen Temperaturanstieg – mit großen Fluktuationen – und zwei besonders warmen Perioden vor ca. 6500 und 4500 Jahren, den holozänen Optima, in denen durchschnittliche Temperaturen vorherrschten, die mit dem heutigen Klima zu vergleichen sind. Damit verbunden war die Migration einer Vielzahl an Arten aus den Refugialräumen in nördlichere Gebiete (ASPÖCK 2008, ASPÖCK & WALOCHNIK 2009, SCHMITT & VARGA 2012). Auch die Sandmücken, als typische mediterrane Faunenelemente in Europa, konnten nördliche Gebiete besiedeln und sich – bedingt durch starke Temperatur-Fluktuationen – in warmen, klimatisch begünstigten Regionen in Mitteleuropa etablieren und bis heute in (wahrscheinlich) sehr kleinen Populationen überleben. Eine Modellierung klimatischer Parameter zeigte, dass Sandmücken-Populationen verschiedener mediterraner Arten während des holozänen Optimums in Teilen Nordeuropas und auf den Britischen Inseln vorgekommen sein könnten (TRÁJER & SEBESTYÉN 2019). Die dabei verwendeten Migrationsrouten sind divers und komplex, und die Einwanderung von Sandmücken in nördlichere Teile Europas ist nur wenig untersucht (TABERLET et al. 1998, ARANSAY et al. 2003, PERROTEY et al. 2005).

Medizinische Relevanz

In Mitteleuropa sind bisher fünf medizinisch relevante Sandmücken-Arten nachgewiesen worden, nämlich *P. perfliewi* PARROT, 1930, *P. neglectus* TONNOIR, 1921, *P. papatasi* SCOPOLI, 1786, und die zwei bereits zuvor erwähnten Arten *P. perniciosus* und *P. mascittii*. Während die ersten vier Arten gesicherte Vektoren für Leishmanien und für Phleboviren darstellen, ist *P. mascittii* eine Art mit vermuteter, aber unbestätigter Vektorkapazität (DEPAQUIT et al. 2010, READY 2010, ANTONIOU et al. 2013, OBWALLER et al. 2016) (Tab. 1). In Italien kommen alle fünf Arten vor, in Slowenien und Ungarn findet man zumindest vier der fünf oben beschriebenen Arten. *Phlebotomus mascittii* ist jene Art, die in Österreich und allen Nachbarländern, aus denen bisher Sandmücken-Funde bekannt sind, vorkommt und in Europa am nördlichsten verbreitet ist (DANTAS-TORRES et al. 2014, MELAUN et al. 2014, IVOVIĆ et al. 2015, TRÁJER 2017) (Abb. 5). Wichtig wäre daher zu klären, ob *P. mascittii* tatsächlich einen kompetenten Vektor für *Leishmania* spp. und möglicherweise auch für Phleboviren darstellt. Ein nachgewiesen anthropophiles Verhalten und Detektion von *L. infantum*-DNA in einem Exemplar aus Montecristo, Italien und einem Exemplar aus Niederösterreich, bei dem der Blutverdau bereits voll-

Tab. 1. Verbreitung, übertragene *Leishmania*-Arten und aus Sandmücken isolierte Arboviren der fünf medizinisch relevanten Sandmücken-Arten in Europa.

Tab. 1: Distribution, transmitted *Leishmania* species and arboviruses isolated from sand flies of the five medically important sand fly species in Europe.

Art	Vorkommen in Europa	Übertragene Leishmanien-Art*	Isolierte Arboviren*
<i>Phlebotomus</i> (<i>Transphlebotomus</i>) <i>mascittii</i> GRASSI, 1908	Spanien, Frankreich (auch Korsika), Belgien, Deutschland, Österreich, Schweiz, Italien, Slowenien, Ungarn, Slowakei, Kroatien, Serbien	<i>Leishmania infantum</i> vermutet, aber nicht bestätigt	keine Daten
<i>Phlebotomus</i> (<i>Larrousius</i>) <i>perniciosus</i> NEWSTEAD, 1911	Portugal (auch Azoren), Spanien, Frankreich, Deutschland, Schweiz, Italien (auch Sardinien), Malta, Slowenien, Kroatien, Nordmazedonien	<i>L. infantum</i>	Naples virus, Toscana virus, Corfou virus, Massilia virus, Arbia virus
<i>Phlebotomus</i> (<i>Larrousius</i>) <i>perfiliewi</i> PARROT, 1930	Frankreich, Italien (auch Sardinien), Malta, Ungarn, Kroatien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Kosovo, Albanien, Nordmazedonien, Bulgarien, Griechenland, Türkei, Zypern	<i>L. infantum</i>	Naples virus, Toscana virus, Arbia virus, Jug Bogdanovac virus (<i>Vesiculovirus</i>)
<i>Phlebotomus</i> (<i>Larrousius</i>) <i>neglectus</i> TONNOIR, 1921	Italien, Malta, Slowenien, Ungarn, Kroatien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Kosovo, Albanien, Nordmazedonien, Bulgarien, Griechenland, Türkei	<i>L. infantum</i>	Corfou virus
<i>Phlebotomus</i> (<i>Phlebotomus</i>) <i>papatasi</i> SCOPOLI, 1786	Portugal, Spanien, Frankreich, Italien, Slowenien, Ungarn, Kroatien, Bosnien, Serbien, Rumänien, Kosovo, Bulgarien, Albanien, Nordmazedonien, Griechenland, Türkei, Zypern	<i>L. major</i>	Sicilian virus, Naples virus, Isfahan virus, Chandipura virus (<i>Vesiculovirus</i> ; Reservoir unter Laborbedingungen), Rift Vally fever virus (im Labor infiziert)
* Übertragung nachgewiesen.			
* Wenn nicht anders gekennzeichnet, handelt es sich um Phleboviren.			

ständig abgeschlossen war, sprechen für eine Vektorkompetenz, was aber letztlich nur experimentell unter Laborbedingungen vollständig geklärt werden kann (GRIMM et al. 1993, ZANET et al. 2014, OBWALLER et al. 2016).

Dynamik der Verbreitung von Vektoren und Erregern

Der Klimawandel und vor allem stetig steigende Temperaturen spielen eine wichtige Rolle für die weitere Ausbreitung und Etablierung von Arthropoden, speziell in nördlicheren

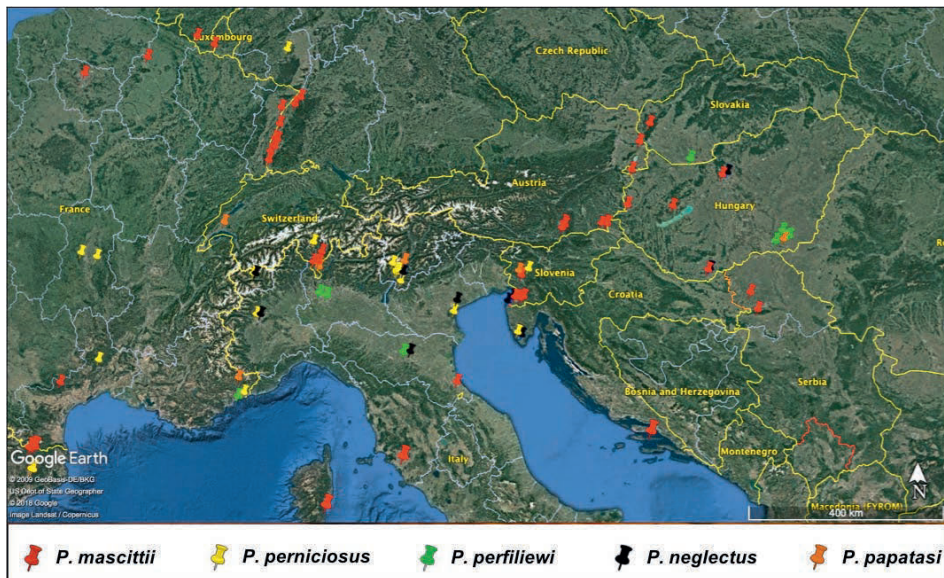


Abb. 5: Verbreitungskarte der fünf medizinisch relevanten Sandmückenarten in Mitteleuropa. Es muss angemerkt werden, dass lediglich Sandmückenfunde aus Österreich und den Nachbarländern vollständig verortet wurden, da die Verbreitung in Mitteleuropa das zentrale Thema dieser Arbeit ist.

Fig. 5: Distribution map of the five medically important sand fly species in Central Europe. It must be stated that only sand fly findings from Austria and bordering countries are completely shown in the map, as the distribution in Central Europe is the key topic of this publication.

Gebieten. Obwohl bisher in Österreich nur eine Sandmücken-Art entdeckt wurde, ist davon auszugehen, dass weitere Arten vorkommen oder dass aufgrund fehlender geographischer Barrieren, speziell im (Süd-)Osten zu Ungarn und Slowenien, neue Arten einwandern werden, auch wenn Sandmücken generell als wenig expansive Insekten bekannt sind. Verschiedene Prognosen sagen einen Temperaturanstieg von bis zu 3 °C bis Ende des 21. Jahrhunderts voraus, der ohne Zweifel eine Ausbreitung von Arthropoden – einschließlich Sandmücken – und von assoziierten Erregern zur Folge haben wird (MEDLOCK et al. 2014, ASPÖCK 2016). Wichtig dabei ist auch zu erwähnen, dass die Verbreitung von Sandmücken in Mitteleuropa nach wie vor unzulänglich bekannt ist und dass mit großer Sicherheit weitere bereits etablierte Populationen vorhanden sind, die noch nicht entdeckt wurden. Dies gilt vor allem für *P. mascittii*, aber sicherlich auch weitere Arten. Eine Veränderung des Klimas hin zu höheren Jahresdurchschnittstemperaturen könnte gerade für bestehende Populationen ein essentieller Faktor für die Vergrößerung der Populationen zum einen und eine weitere Ausbreitung zum anderen sein (MEDLOCK et al. 2014). Der zweite – vielleicht sogar erheblichere – Faktor ist die Globalisierung, die durch die vermehrte Verschleppung und Einschleppung von Vektoren, aber auch von Erregern die Besiedelung neuer Verbreitungsareale bedingt. Die konstante Klimaerwärmung und damit höhere vorherrschende Temperaturen fördern die Etablierung neu eingewanderter und eingeschleppter Arten und begünstigen ein Überleben von Erregern im Wirt – und verkürzen die äußere Inkubationszeit substantiell (ASPÖCK 2007). So ist es etwa nicht ungewöhnlich, dass an Vögeln blutsaugende gebietsfremde Zecken während der jährlichen

Vogelzüge nach Norden, in Regionen Mittel- oder Westeuropas abfallen, wenn auch die Weiterentwicklung aus klimatischen Gründen (noch) nicht möglich ist. Nun aber finden diese Organismen in den letzten Jahren vermehrt klimatische Bedingungen vor – speziell, heiße Sommer- beziehungsweise milde Herbst- und Wintertemperaturen –, die eine Weiterentwicklung und damit ein Überleben außerhalb ihres Verbreitungsgebiets wahrscheinlicher machen. Dies kann längerfristig zur Etablierung neuer Zeckenarten führen und damit verbunden zum Potential einer Übertragung neuer Erreger auf Tier und Mensch führen (DUSCHER et al. 2018, HANSFORD et al. 2019). Speziell auch bei robusteren Insekten wie Stechmücken, die vorwiegend als Ei- oder Larvalstadien, jedoch auch als Imagines, verschleppt werden, findet eine häufige, anthropogen bedingte Ausbreitung nach Mitteleuropa statt, vor allem entlang von Hauptverkehrsrouten (SEBESTA et al. 2012, WERNER & KAMPEN 2013, SCHOENER et al. 2019). Bereits in den 1980er Jahren konnte gezeigt werden, dass *Aedes albopictus*, ein effizienter Vektor der Dengue-Viren und des Zika-Virus, als sich im Wasser entwickelnde Larven in gebrauchten Autoreifen nach Nordamerika verschleppt wurden (CRAVEN et al. 1988). Zwar spielen diese Formen bei der Verbreitung für Sandmücken keine Rolle, dafür trägt die erhöhte Reisetätigkeit und vor allem die Mitnahme von Hunden aus Leishmanien-durchseuchten Ländern nach Mitteleuropa enorm zur Etablierung des Erregers in nicht-autochthonen Gebieten bei. Hunde sind die Hauptreservoirwirte von *L. infantum*, und wegen der häufig asymptomatischen Infektionen und durch die selbst nach erfolgreicher Therapie möglicherweise trotzdem lebenslange Persistenz der Erreger im Hund, stellt die Mitnahme von Hunden in Leishmaniose-betroffene Urlaubsgebiete sowie der (illegale) Import von infizierten Hunden ein enormes Risiko dar – insbesondere, wenn bereits Vektoren etabliert sind (MAIA & CARDOSO 2015). Eine Studie in Deutschland konnte zeigen, dass 12,2 % der getesteten Hunde Antikörper gegen Leishmanien aufwiesen. Bei einem Großteil der seropositiven Tiere handelte es sich um importierte Hunde, die aus verschiedenen mediterranen Ländern mit bekannt hoher Leishmaniose-Prävalenz stammten. Zusätzlich wurden Leishmanien-Antikörper in vielen Hunden nachgewiesen, deren Besitzer ihre Urlaube – mitsamt Hund – im mediterranen Raum verbrachten (MENN et al. 2010). Es leben schätzungsweise 20.000 mit Leishmanien infizierte Hunde in Deutschland (NAUCKE et al. 2008). Eine österreichische Studie konnte zeigen, dass fast die Hälfte eines getesteten Kollektivs von solchen „Hunde-Urlauber“ mit klinischen Symptomen, tatsächlich Leishmaniose oder Antikörper gegen Leishmanien hatten. Die am häufigsten besuchten Länder waren dabei Griechenland, Italien und Spanien. Dies zeigt ganz deutlich, dass das Infektionsrisiko während Auslandsaufenthalten hoch ist und prophylaktische Maßnahmen getroffen werden sollten (LESCHNIK et al. 2008). Auch autochthone Leishmaniose-Fälle werden immer wieder bei Haus- und Nutztieren beschrieben, wie der oben erwähnte Fall eines Pferdes in Deutschland zeigt (KOEHLER et al. 2002). Außerdem traten Fälle bei Pferden in Deutschland und der Schweiz und einer Kuh in der Schweiz auf, die mit *Leishmania siamensis*, einer Leishmanien-Art, die erstmals in Thailand isoliert worden war, infiziert waren, wobei der Infektionsursprung nicht genau rekonstruiert werden konnte (MÜLLER et al. 2009, LOBSIGER et al. 2010). Die Rolle von Bovinen und Equiden als tatsächliche Reservoirwirte für Leishmanien wurde bereits mehrfach diskutiert und würde – speziell auch in mitteleuropäischen Ländern –

das Reservoirspektrum signifikant erweitern (KILLICK-KENDRICK 1990b, TRUPPEL et al. 2014).

Für die natürliche Ausbreitung von Sandmücken sind geeignete Brutplätze für die Larvalentwicklung – und auch für die Überwinterung – und das Vorhandensein von Blutwirten von großer Bedeutung. Sandmücken in europäischen Ländern sind daher oft in oder um Tierställe in der Nähe zu Menschen zu finden. Tierställe, die nicht zu reinlich sind, bieten optimales Substrat für die Ei- und Larvalentwicklung, Schutz für die Überwinterung und typischerweise eine Vielzahl an Wirtstieren (POEPL et al. 2013, DANTAS-TORRES et al. 2014, OBWALLER et al. 2014, DVOŘÁK et al. 2016). In mediterranen Regionen mit milden Wintern werden auch oft andere Habitate, nämlich illegale Müllablagerungsstätten, Spalten von Steinmauern oder Hundezwinger, die ebenfalls gute Bedingungen für die Entwicklung der Sandmücken bieten, besiedelt. (MAROLI et al. 1987, TARALLO et al. 2010, IVOVIĆ et al. 2015). Es ist nicht auszuschließen, ja sogar zu erwarten, dass mit steigenden Temperaturen auch neue Brutplätze in mitteleuropäischen Ländern besiedelt werden.

Ausblick

Die ersten Funde von Sandmücken in Mitteleuropa liegen noch relativ kurz zurück, und damit ist auch das Wissen über Verbreitung, Ökologie und Vektorkompetenz zum Teil unzureichend. Das trifft speziell für *P. mascittii* zu, eine Art, der lange keine Beachtung geschenkt wurde. Dies hat sich spätestens seit den ersten Funden in Deutschland und Österreich und nun mit dem Wissen um die weite Verbreitung in Europa geändert. Mit großer Wahrscheinlichkeit werden zukünftig neue Brutplätze dieser Art und auch weiterer Arten in Mitteleuropa entdeckt werden, speziell im Hinblick auf die stetig steigenden Temperaturen und die vermehrte Aufmerksamkeit, die den Sandmücken zuteil wird.

Auch wenn die Leishmanien in Mitteleuropa – im Gegensatz zu Sandmücken – noch nicht als etabliert angesehen werden kann, so werden trotzdem immer wieder Fälle bei Menschen und Tieren dokumentiert, die als autochthon erachtet werden müssen und unterstreichen, dass den Leishmaniosen in Mitteleuropa zukünftig mehr Beachtung geschenkt werden sollte. Steigende Zahlen importierter Leishmaniosen durch vermehrte Reisetätigkeiten und Migrationsbewegungen führen nicht unmittelbar zur sofortigen Etablierung der Erreger in Mitteleuropa, gehören aber (immer mehr) zum Alltag unserer Zeit. Reisende sollten bestmöglich informiert und Betroffene bestmöglich behandelt werden, was eine gute Kenntnis dieses Krankheitskomplexes voraussetzt (PAVLI & MALTEZOU 2010, BOGGILD et al. 2019).

Die Rolle von Hunden als Reservoirwirte – speziell auch in Mitteleuropa – stellt den wahrscheinlich wichtigsten Faktor für die Etablierung der Leishmaniose in primär Leishmanien-freien Ländern dar. Der Mangel an Daten zu diesem Thema lässt Vermutungen zu, dass bereits mehr mit Leishmanien infizierte Hunde in Mitteleuropa leben, als bisher angenommen. Dies sollte zeitnah durch wissenschaftliche Studien untersucht werden. Darüber hinaus kommen weitere Haus- und Nutztiere, Nagetiere und auch der Mensch als Reservoirwirte in Frage, was das Potential der Etablierung noch weiter steigert.

Ebenso ist die regelmäßige Vektorkontrolle, wie es auch für andere Taxa wie Stechmücken oder Gnitzen (Ceratopogonidae) üblich ist (BRUGGER et al. 2016, SCHOENER et al.

2019), von größter Bedeutung, um die derzeitige Verbreitung von Sandmücken und deren Vektorkapazität so rasch wie möglich aufzuklären und damit die medizinische Relevanz richtig abschätzen zu können.

Ohne Zweifel wird die Medizinische Entomologie zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen, bedingt durch den Klimawandel, steigende Bevölkerungszahlen und die Globalisierung. Speziell die Einwanderung oder Einschleppung von Arthropoden und Erregern aus (sub-)tropischen in gemäßigte Zonen – wie eben Mitteleuropa – ist ein bereits laufender Prozess und stellt eine neue Herausforderung dar, die durch Forschung und Wissenschaft angenommen werden sollte.

Literatur

- AKHOUNDI M., KUHL S., CANNET A., VOTÝPKA J., MARTY P., DELAUNAY P. & SERENO D. 2016: A Historical Overview of the Classification, Evolution, and Dispersion of Leishmania Parasites and Sandflies. – PLoS Neglected Tropical Diseases 10: 1–40.
- ALVAR J., VÉLEZ I. D., BERN C., HERRERO M., DESJEUX P., CANO J., JANNIN J. & DE BOER M. 2012: Leishmaniasis worldwide and global estimates of its incidence. – PLoS ONE 7: e35671.
- ALVAR J., YACTAYO S. & BERN C. 2006: Leishmaniasis and poverty. – Trends in Parasitology 22: 552–557.
- ANTONIOU M., GRAMICCIA M., MOLINA R., DVOŘÁK V. & VOLF P. 2013: The role of indigenous phlebotomine sandflies and mammals in the spreading of leishmaniasis agents in the Mediterranean region. – Eurosurveillance 18: 1–9.
- ARANSAY A. M., READY P. D. & MORILLAS-MARQUEZ F. 2003: Population differentiation of *Phlebotomus perniciosus* in Spain following postglacial dispersal. – Heredity 90: 316–325.
- ARTEMIEV M. M. 1980: A revision of sandflies of the subgenus *Adlerius* (Diptera, Phlebotominae, Phlebotomus). – Zoologicheskii Zhurnal 59: 1177–1192.
- ASPÖCK H. 2007: Klimawandel und die Ausbreitung von Krankheiten: Durch Arthropoden übertragene Infektionen in Mitteleuropa. – Entomologica romania 12: 343–362.
- ASPÖCK H. 2008: Postglacial formation and fluctuations of the biodiversity of Central Europe in the light of climate change. – Parasitology Research 103: 10–13.
- ASPÖCK H. 2010: Fluctuations of Biodiversity in Europe in Light of Climate Change. – Nova Acta Leopoldina: 35–44.
- 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: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden – Denisia 30, Linz, Österreich, 457–465.

- ASPÖCK H. & WALOCHNIK J. 2009: When sandflies move north. – *Public Health* 20: 24–31.
- AYHAN N., BAKLOUTI A., PRUDHOMME J., WALDER G., AMARO F., ALTEN B., MOUTAILLER S., ERGÜNAY K., CHARREL R. N. & HUEMER H. 2017: Practical Guidelines for Studies on Sandfly-Borne Phleboviruses: Part I: Important Points to Consider Ante Field Work. – *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 17: 73–80.
- AYHAN N. & N. CHARREL R. 2019: Sandfly-Borne Viruses of Demonstrated/Relevant Medical Importance. In: SAVIC S. (Hrsg.): *Vectors and Vector-Borne Zoonotic Diseases*, IntechOpen, 1–22.
- BARTELLONI P. J. & TESH R. B. 1976: Clinical and Serologic Responses of Volunteers Infected with Phlebotomus Fever Virus (Sicilian Type). – *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 25: 456–462.
- BEYREDER J. 1962: Ein Fall von Leishmaniose in Niederösterreich. – *Wiener Medizinische Wochenschrift* 115: 900–901.
- BLAZES D. L., MULLINS K., SMOAK B. L., JIANG J., CANAL E., SOLORZANO N., HALL E., MEZA R., MAGUINA C., MYERS T., RICHARDS A. L. & LAUGHLIN L. 2013: Novel bartonella agent as cause of verruga peruana. – *Emerging Infectious Diseases* 19: 1111–1114.
- BOEHME C. C., HAIN U., NOVOSOL A., EICHENLAUB S., FLEISCHMANN E. & LÖSCHER T. 2006: Congenital visceral Leishmaniasis. – *Emerging Infectious Diseases* 12: 359–360.
- BOGDAN C. 2012: Leishmaniasis in rheumatology, haematology and oncology: Epidemiological, immunological and clinical aspects and caveats. – *Annals of the Rheumatic Diseases* 71 (Suppl): i60–i66.
- 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 : an official publication of the Infectious Diseases Society of America* 32: 302–306.
- BOGGILD A. K., CAUMES E., GROBUSCH M. P., SCHWARTZ E., HYNES N. A., LIBMAN M., CONNOR B. A., CHAKRABARTI S., PAROLA P., KEYSTONE J. S., NASH T., SHOWLER A. J., SCHUNK M., ASGEIRSSON H., HAMER D. H., KAIN K. C., VON SONNENBURG F., ROTHE C., JORDAN S., VINNEMEIER C., YANSOUNI C., MCCARTHY A., JENSENIUS M., GOORHUIS A., COYLE C., MOCKENHAUPT F., HARMS-ZWINGENGERGER G., LEUNG D., BENSON S., GAUTRET P., JAVELLE E., CHAPPUIS F., RAPP C., FICKO C., VAN GENDEREN P., GLANS H., BEADSWORTH M., BEECHING N., CASTELLI F., MATTEELLI A., PLEWES K., MIRZANEJAD Y., LOPEZ-VELEZ R., CHAMORRO S., WAGGONER J., WU H., LEDER K., TORRESI J., BOTTIEAU E., HUITTS R., CHEN L., BOURQUE D., ALPERN J., STAUFFER W., CAHILL J., WYLER B., HAULMAN J., TERRY A., LICITRA C., TAYLOR A., PERRET PEREZ C., WEITZEL T., GKRIANIA-KLOTSAS E., WARNE B., SCHLAGENHAUF P., WEBER R., SCHADE LARSEN C., WEJSE C., BARNETT E., HOCHBERG N., BARKATI S., VINCELETTE J., MOLINA I., MALVY D., DUVIGNAUD A., MENDELSON M., PARKER S., JOHNSTON

- V., FIELD V., KUHN S., PIYAPHANEE W., SILACHAMROON U., DIAZ-MENENDEZ M., KELLY P., BLUMBERG L., DE FREY A., PANDEY P., AMATYA B., MAVUNDA K. & SAIO M. 2019: Cutaneous and mucocutaneous leishmaniasis in travellers and migrants: a 20-year GeoSentinel Surveillance Network analysis. – *Journal of Travel Medicine*.
- 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.
- CALISHER C., WEINBERG A., MUTH D. & LAZUICK J. 1987: Toscana virus infection in United States citizen returning from Italy. – *The Lancet* 329: 165–166.
- CHAPPUIS F., SUNDAR S., HAILU A., GHALIB H., RIJAL S., PEELING R. W., ALVAR J. & BOELAERT M. 2007: Visceral leishmaniasis: What are the needs for diagnosis, treatment and control? – *Nature Reviews Microbiology* 5: 873–882.
- COLOMBO F. A., ODORIZZI R. M. F. N., LAURENTI M. D., GALATI E. A. B., CANAVEZ F. & PEREIRA-CHIOCCOLA V. L. 2011: Detection of *Leishmania (Leishmania) infantum* RNA in fleas and ticks collected from naturally infected dogs. – *Parasitology Research* 109: 267–274.
- CRAVEN R. B., ELIASON D. A., FRANCOY D. B., REITER P., CAMPOS E. G., JAKOB W. L., SMITH G. C., BOZZI C. J., MOORE C. G. & MAUPIN G. O. 1988: Importation of *Aedes albopictus* and other exotic mosquito species into the United States in used tires from Asia. – *Journal of the American Mosquito Control Association* 4: 138–142.
- DANTAS-TORRES F. 2011: Ticks as vectors of *Leishmania* parasites. – *Trends in Parasitology* 27: 155–159.
- DANTAS-TORRES F., LORUSSO V., TESTINI G., DE PAIVA-CAVALCANTI M., FIGUEREDO L. A., STANNECK D., MENCKE N., BRANDÃO-FILHO S. P., ALVES L. C. & OTRANTO D. 2010: Detection of *Leishmania infantum* in *Rhipicephalus sanguineus* ticks from Brazil and Italy. – *Parasitology Research* 106: 857–860.
- DANTAS-TORRES F., TARALLO V. D., LATROFA M. S., FALCHI A., LIA R. P. & OTRANTO D. 2014: Ecology of phlebotomine sand flies and *Leishmania infantum* infection in a rural area of southern Italy. – *Acta Tropica* 137: 67–73.
- DAVID V. D. & CRAFT N. 2009: Cutaneous and mucocutaneous leishmaniasis. – *Dermatologic Therapy* 22: 491–502.
- 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.
- DEPAQUIT J., NAUCKE T. J., SCHMITT C., FERTÉ H. & LÉGER N. 2005: A molecular analysis of the subgenus *Transphlebotomus* Artemiev, 1984 (*Phlebotomus*, Diptera, Psychodidae) inferred from ND4 mtDNA with new northern records of *Phlebotomus mascittii* Grassi, 1908. – *Parasitology Research* 95: 113–116.

- DESJEUX P. & ALVAR J. 2003: Leishmania/HIV co-infections: epidemiology in Europe. – *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 97: 3–15.
- DINIZ P. P. V. P., MORTON B. A., TNGRIAN M., KACHANI M., BARRÓN E. A., GAVIDIA C. M., GILMAN R. H., ANGULO N. P., BRENNER E. C., LERNER R. & CHOMEL B. B. 2013: Infection of Domestic Dogs in Peru by Zoonotic Bartonella Species: A Cross-Sectional Prevalence Study of 219 Asymptomatic Dogs. – *PLoS Neglected Tropical Diseases* 7: 9.
- DOBLER G. & ASPÖCK H. 2010: Durch Sandmücken und durch Gnitzen übertragene Arboviren als Erreger von Infektionen des Menschen. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden – *Denisia* 30, Linz, Österreich, 467–499.
- DOERR R. 1909: Das Pappataciefieber; ein endemisches Drei-Tage-Fieber im adriatischen Küstengebiet Österreich-Ungarns. – *Deuticke, Leipzig und Wien*.
- DORNBUSCH H. J., URBAN C. & SCHWINGER W. 1999: Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie (Abstracts).
- DUJARDIN J. C., CAMPINO L., CAÑAVATE C., DEDET J. P., GRADONI L., SOTERIADOU K., MAZERIS A., OZBEL Y. & BOELAERT M. 2008: Spread of vector-borne diseases and neglect of leishmaniasis, Europe. – *Emerging Infectious Diseases* 14: 1013–1018.
- DUSCHER G., HODŽIĆ A., HUFNAGEL 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.
- DVOŘÁK V., HLAVACKOVA K., KOCISOVA A. & VOLF P. 2016: First record of *Phlebotomus* (Transphlebotomus) *mascittii* in Slovakia. – *Parasite* 23: 48.
- EHRNST A., PETERS C. J., NIKLASSON B., SVEDMYR A. & HOLMGREN B. 1985: Neurovirulent Toscana virus (a sandfly fever virus) in Swedish man after visit to Portugal. – *The Lancet* 325: 1212–1213.
- EREMEEVA M. E., GERNS H. L., LYDY S. L., GOO J. S., RYAN E. T., MATHEW S. S., FERRARO M. J., HOLDEN J. M., NICHOLSON W. L., DASCH G. A. & KOEHLER J. E. 2007: Bacteremia, fever, and splenomegaly caused by a newly recognized bartonella species. – *New England Journal of Medicine* 356: 2381–2387.
- FAUQUET C. M. & MAYO M. A. 2001: The 7th ICTV Report. – *Archives of Virology* 146: 189–194.
- FLAMM H. 2008: Aufklärung des Pappataci-Fiebers durch österreichische Militärärzte. – *Wiener Klinische Wochenschrift* 120: 198–208.
- GALATI E. A. B. 2003: Classificação de Phlebotominae. pp 23–52. In: E. R. Rangel and R. Lainson (Hrsg.). – *Flebotomíneos do Brasil* Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, Brazil. pp. 367.
- GALLI-VALERIO B. 1912: Beobachtungen über Culiciden und Mitteilung über das Vorkommen von *Phlebotomus papatasi* (Scop.) im Kanton Waadt. – *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene* 43: 222.

- GARCIA-CACERES U. & GARCIA F. U. 1991: Bartonellosis. An immunodepressive disease and the life of Daniel Alcides Carrión. – *American Journal of Clinical Pathology* 95: 58–66.
- GASCHEN H. 1956a: Presence de *Phlebotomus mascittii* Grassi 1908 dans le canton de Vaud. – *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 29: 223–225.
- GASCHEN H. 1956b: Captures de phlebotomes dans le canton du Tessin. – *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 29: 226–228.
- GRIMM F., GESSLER M. & JENNI L. 1993: Aspects of sandfly biology in southern Switzerland. – *Medical and Veterinary Entomology* 7: 170–176.
- GRUBMAN M. J. & BAXT B. 2004: Foot-and-mouth disease. – *Clinical microbiology reviews* 17: 465–93.
- GUBLER D. J. 1997: Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. In: GUBLER D. J. & KUNO G. (Hrsg.): *Dengue and dengue hemorrhagic fever*, London, UK, 1–22.
- GUBLER D. J. & ROEHRIG J. T. 1998: Arboviruses (Togaviridae and Flaviviridae). – *Topley and Wilson's microbiology and microbial infections* 1: 579–600.
- HANSFORD K. M., CARTER D., GILLINGHAM E. L., HERNANDEZ-TRIANA L. M., CHAMBERLAIN J., CULL B., MCGINLEY L., PAUL PHIPPS L. & MEDLOCK J. M. 2019: *Hyalomma rufipes* on an untraveled horse: Is this the first evidence of *Hyalomma* nymphs successfully moulting in the United Kingdom? – *Ticks and Tick-borne Diseases* 10: 704–708.
- ICTV 2019: Virus Taxonomy: The Classification and Nomenclature of Viruses. The Online (10th) Report of the ICTV: https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv-online_report/.
- IVOVIĆ V., KALAN K., ZUPAN S. & BUŽAN E. 2015: Illegal waste sites as a potential micro foci of Mediterranean Leishmaniasis: First records of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) from Slovenia. – *Acta Veterinaria* 65: 348–357.
- JIMENEZ-MARCO T., FISA R., GIRONA-LLOBERA E., CANCINO-FAURE B., TOMÁS-PÉREZ M., BERENQUER D., GUILLEN C., PUJOL A., INIESTA L., SERRA T., MASCARÓ M., GASCÓ J. & RIERA C. 2016: Transfusion-transmitted leishmaniasis: A practical review. – *Transfusion* 56: 45–51.
- KARKAMO V., KAISTINEN A., NÄREAHO A., DILLARD K., VAINIO-SIUKOLA K., VIDGRÉN G., TUOESMÄKI N. & ANTTILA M. 2014: The first report of autochthonous non-vector-borne transmission of canine leishmaniosis in the Nordic countries. – *Acta veterinaria Scandinavica* 56: 84.
- KILLICK-KENDRICK R. 1990a: The life-cycle of leishmania in the sandfly with special reference to the form infective to the vertebrate host. – *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 65: 37–42.

- KILLICK-KENDRICK R. 1990b: Are cattle a reservoir host of kala-azar in India? – Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene 84: 754.
- KILLICK-KENDRICK R. 1999: The biology and control of Phlebotomine sand flies. – Clinics in Dermatology 17: 279–289.
- KILLICK-KENDRICK R. & KILLICK-KENDRICK M. 1987a: The laboratory colonization of *Phlebotomus ariasi* (Diptera: Psychodidae). Annales de parasitologie humaine et comparee. – Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 62: 354.
- KILLICK-KENDRICK R. & KILLICK-KENDRICK M. 1987b: Honeydew of aphids as a source of sugar for *Phlebotomus ariasi*. – Medical and Veterinary Entomology 1: 297–302.
- KNECHTLI R. & JENNI L. 1989: Distribution and Relative Density of Three Sandfly (Diptera: Phlebotominae) Species in Southern Switzerland. – Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 64: 53–63.
- KNIHA E., OBWALLER A. G., DOBLER G., POEPL W., MOSEDER G. & WALOCHNIK J. 2019: Phlebovirus seroprevalence in Austrian Army personnel returning from missions abroad. – Parasites & Vectors 12: 416.
- KOEHLER K., STECHELE M., HETZEL U., DOMINGO M., SCHÖNIAN G., ZAHNER H. & BURKHARDT E. 2002: Cutaneous leishmaniosis in a horse in southern Germany caused by *Leishmania infantum*. – Veterinary Parasitology 109: 9–17.
- KOLLARITSCH H., EMMINGER W., ZAUNSCHIRM A. & ASPÖCK H. 1989: Suspected Autochthonous Kala-azar in Austria. – The Lancet 1: 901–902.
- KRENN H. W. & ASPÖCK H. 2010: Bau, Funktion und Evolution der Mundwerkzeuge blutsaugender Arthropoden. In: ASPÖCK H. (Hrsg.): Krank durch Arthropoden – Denisia 30, Linz, Österreich, 81–108.
- KUMAR V. & KISHORE K. 1991: A preliminary observation on larval diapause of *Phlebotomus argentipes* (Diptera: Psychodidae). – The Journal of Communicable Diseases 23: 165–166.
- LANE R. P. 1993: Sandflies (Phlebotominae). In: LANE R.P. & CROSSKEY R.W. (Hrsg.): Medical Insects and Arachnids Springer, Dordrecht, Netherlands, 78–119.
- LAWYER P. & YOUNG D. 1991: Diapause and quiescence in *Lutzomyia diabolica* (Diptera: Psychodidae). – Parasitologia 33: 353–360.
- 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.
- LOBSIGER L., MÜLLER N., SCHWEIZER T., FREY C. F., WIEDERKEHR D., ZUMKEHR B. & GOTTSSTEIN B. 2010: An autochthonous case of cutaneous bovine leishmaniasis in Switzerland. – Veterinary Parasitology 169: 408–414.
- MAGUIÑA C., UGARTE-GIL C., BREÑA P., ORDAYA E., VENTOSILLA P. & HUARCAYA E. 2008: Update of Carrion's disease. – Revista médica herediana 19: 36–41.

- MAIA C. & CARDOSO L. 2015: Spread of *Leishmania infantum* in Europe with dog travelling. – *Veterinary Parasitology* 213: 2–11.
- MAIA C. & DEPAQUIT J. 2016: Can *Sergentomyia* (Diptera, Psychodidae) play a role in the transmission of mammal-infecting *Leishmania*? – *Parasite* 23: 55.
- MAROLI M., FELICIANGELI M. D., BICHAUD L., CHARREL R. N. & GRADONI L. 2013: Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. – *Medical and Veterinary Entomology* 27: 123–147.
- MAROLI M., POZIO E., GRADONI L. & GRAMICCIA M. 1987: Sandfly species (Diptera, Psychodidae) colonizing new formed rock crevices in Apulia (Italy). – *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 62: 185–187.
- MEDLOCK J. M., HANSFORD K. M., VAN BORTEL W., ZELLER H. & ALTEN B. 2014: A summary of the evidence for the change in European distribution of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) of public health importance. – *Journal of Vector Ecology* 39: 72–77.
- MELAUN C., KRÜGER A., WERBLOW A. & KLIMPEL S. 2014: New record of the suspected leishmaniasis vector *Phlebotomus (Transphlebotomus) mascittii* Grassi, 1908 (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae) – The northernmost phlebotomine sandfly occurrence in the Palearctic region. – *Parasitology Research* 113: 2295–2301.
- MENN B., LORENTZ S. & NAUCKE T. J. 2010: Imported and travelling dogs as carriers of canine vector-borne pathogens in Germany. – *Parasites and Vectors* 3: 1–7.
- MINNICK M. F., ANDERSON B. E., LIMA A., BATTISTI J. M., LAWYER P. G. & BIRTLES R. J. 2014: Oroya Fever and Verruga Peruana: Bartonellosis Unique to South America. – *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8: e2919.
- MÜLLER N., WELLE M., LOBSIGER L., STOFFEL M. H., BOGHENBOR K. K., HILBE M., GOTTSTEIN B., FREY C. F., GEYER C. & VON BOMHARD W. 2009: Occurrence of *Leishmania* sp. in cutaneous lesions of horses in Central Europe. – *Veterinary Parasitology* 166: 346–351.
- NAUCKE T. J., AMELUNG S. & LORENTZ S. 2016: First report of transmission of canine leishmaniosis through bite wounds from a naturally infected dog in Germany. – *Parasites and Vectors* 9: 1–4.
- 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., MENN B., MASSBERG D. & LORENTZ S. 2008: Sandflies and leishmaniasis in Germany. – *Parasitology Research* 103: 65–68.
- 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 (Suppl): 179–181.
- NAZZARO G., ROVARIS M. & VERALDI S. 2014: Leishmaniasis: a disease with many names. – JAMA Dermatology 150: 1204.
- OBWALLER A. G., KARAKUS M., POEPL 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., 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 2: 1–5.
- PAVLI A. & MALTEZOU H. C. 2010: Leishmaniasis, an emerging infection in travelers. – International Journal of Infectious Diseases 14: e1032–e1039.
- PERROTEY S., MAHAMDALLIE S. S., PESSON B., RICHARDSON K. J., GÁLLEGO M. & READY P. D. 2005: Postglacial dispersal of *Phlebotomus perniciosus* into France. – Parasite 12: 283–291.
- 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.
- POLLY R. 2007: Orbiviruses. In: KNIPE D. M. & HOWLEY P. (Hrsg.): Fields Virology, Lippincott, Williams and Wilkins, Philadelphia, 1975–1997.
- READY P. D. 2010: Leishmaniasis emergence in Europe. – Eurosurveillance 15: 19505.
- READY P. D. 2013: Biology of Phlebotomine Sand Flies as Vectors of Disease Agents. – Annual Review of Entomology 58: 227–250.
- RUTHLEDGE L. C. & GUPTA R. K. 2002: Moth flies and sand flies (Psychodidae). In: MULLEN G.R. & DURDEN L.A. (Hrsg.): Medical and Veterinary Entomology, Academic Press, London, UK, 147–161.
- SABIN A. B. 1951: Experimental Studies on Phlebotomns (Pappataci, Sandfly) Fever During World War II. – Archiv für die gesamte Virusforschung 4: 367–410.
- SCHLEIN Y., BORUT S. & JACOBSON R. L. 1990: Oviposition diapause and other factors affecting the egg-laying of *Phlebotomus papatasi* in the laboratory. – Medical and Veterinary Entomology 4: 69–78.
- SCHLEIN Y. & WARBURG A. 1986: Phytophagy and the feeding cycle of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae) under experimental conditions. – Journal of medical entomology 23: 11–15.
- SCHMITT T. & VARGA Z. 2012: Extra-Mediterranean refugia: The rule and not the exception? – Frontiers in Zoology 9: 1–12.

- 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: 1633–1638.
- SCHULTZ M. G. 1968: A history of bartonellosis (Carrion's disease). – The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 17: 503–515.
- ŠEBESTA O., RUDOLF I., BETÁŠOVÁ L., PEŠKO J. & HUBÁLEK Z. 2012: An invasive mosquito species *Aedes albopictus* found in The Czech Republic, 2012. – Eurosurveillance 17: 59–61.
- SECCOMBE A. K., READY P. D. & HUDDLESTON L. M. 1993: A catalogue of Old World phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae). – Natural History Museum: 1–57.
- SILVA L. C., ASSIS V. P., RIBEIRO V. M., TAFURI W. L., TOLEDO JÚNIOR J. C., SILVA S. O., MELO M. N., RACHID M. A. & VALLE G. R. 2014: Detection of *Leishmania infantum* in the smegma of infected dogs. – Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 66: 731–736.
- STEVERDING D. 2017: The history of leishmaniasis. – Parasites and Vectors 10: 1–10.
- SVOBODOVA V., SVOBODA M., FRIEDLAENDEROVA L., DRAHOTSKY P., BOHACOVA E. & BANETH G. 2017: Canine leishmaniosis in three consecutive generations of dogs in Czech Republic. – Veterinary Parasitology 237: 122–124.
- TABERLET P., FUMAGALLI L., WUST-SAUCY A. G. & COSSON J. F. 1998: Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. – Molecular Ecology 7: 453–464.
- TARALLO V. D., DANTAS-TORRES F., LIA R. P. & OTRANTO D. 2010: Phlebotomine sand fly population dynamics in a leishmaniasis endemic peri-urban area in southern Italy. – Acta Tropica 116: 227–234.
- TESH R. B. 1988: The Genus Phlebovirus and Its Vectors. – Annual Review of Entomology 33: 169–181.
- TRÁJER A. J. 2017: Checklist, distribution maps, bibliography of the Hungarian *Phlebotomus* (Diptera: Psychodidae) fauna complementing with the climate profile of the recent sandfly distribution areas in Hungary. – Folia faunistica Slovaca 22: 7–12.
- TRÁJER A. J. & SEBESTYÉN V. 2019: The changing distribution of *Leishmania infantum* Nicolle, 1908 and its Mediterranean sandfly vectors in the last 140 kys. – Scientific Reports 9: 1–15.
- TROUILLET J. & YATTIER-BERNARD G. 1979: Cycle annuel de *Sergentomyia bamoni* (Abonnenc. 1958)(Diptera, Phlebotomidae) en République populaire du Congo. – Annales de Parasitologie Humaine et Comparée 54: 665–672.
- TRUPPEL J. H., OTOMURA F., TEODORO U., MASSAFERA R., COSTA-RIBEIRO M. C. V. DA, CATARINO C. M., DALAGRANA L., COSTA FERREIRA M. E. M. & THOMAZ-SOCCOL V.

- 2014: Can Equids Be a Reservoir of *Leishmania braziliensis* in Endemic Areas? – PLoS ONE 9: e93731.
- DEL VALLE-MENDOZA J., ROJAS-JAIMES J., VÁSQUEZ-ACHAYA F., AGUILAR-LUIS M. A., CORREA-NUÑEZ G., SILVA-CASO W., LESCANO A. G., SONG X., LIU Q. & LI D. 2018: Molecular identification of *Bartonella bacilliformis* in ticks collected from two species of wild mammals in Madre de Dios: Peru. – BMC Research Notes 11: 1–5.
- VERANI P., LOPES M. C., NICOLETTI L. & BALDUCCI M. 1980: Studies on Phlebotomus-transmitted viruses in Italy: I. Isolation and characterization of a Sandfly fever Naples-like virus. Arboviruses in the Mediterranean Countries, Zbl. Bakt. Suppl. 9, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart–New York, 195–201.
- WANG J., SELLECK P., YU M., HA W., ROOTES C., GALES R., WISE T., CRAMERI S., CHEN H., BROZ I., HYATT A., WOODS R., MEEHAN B., MCCULLOUGH S. & WANG L. F. 2014: Novel phlebovirus with zoonotic potential isolated from ticks, Australia. – Emerging Infectious Diseases 20: 1040–1043.
- WERNER D. & KAMPEN H. 2013: The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) towards northern Germany. – Parasitology Research 112: 3665–3668.
- YOUNG D. G. & PERKINS P. V. 1984: Phlebotomine sand flies of North America (Diptera: Psychodidae). Journal of American Mosquito Control Association 44: 263–304.
- ZANET S., SPOSIMO P., TRISCIUOGGIO A., GIANNINI F., STRUMIA F. & FERROGLIO E. 2014: Epidemiology of *Leishmania infantum*, *Toxoplasma gondii*, and *Neospora caninum* in *Rattus rattus* in absence of domestic reservoir and definitive hosts. – Veterinary Parasitology 199: 247–249.
- ZIJLSTRA E. E., MUSA A. M., KHALIL E. A. G., EL HASSAN I. M. & EL-HASSAN A. M. 2003: Post-kala-azar dermal leishmaniasis. – Lancet Infectious Diseases 3: 87–98.

Anschriften der Verfasserinnen und der Verfasser

Edwin Kniha, MSc, Univ.-Prof. Dr. Horst Aspöck (Korrespondenz-Autor), 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, horst.aspoeck@meduniwien.ac.at, julia.walochnik@meduniwien.ac.at

Mag. Dr. Adelheid G. Obwaller, Bundesministerium für Landesverteidigung, Abteilung Wissenschaft, Forschung und Entwicklung, Roßauer Lände 1, 1090 Wien, Österreich. E-Mail: adelheid.obwaller@bmlv.gv.at

Univ.-Doz. Dr. Wolfgang Pöppl, Österreichisches Bundesheer, Dermatologische- und Tropenmedizinische Ambulanz, Sanitätszentrum Ost, Brünner Straße 238, 1210 Wien, Österreich. E-Mail: wolfgang.poepl@bmlv.gv.at