

TOPIC

Vektorbedingte Infektionskrankheiten

Neue Herausforderungen durch den Klimawandel

Ignaz Schmidt, Kreuzau

Der folgende Artikel beschäftigt sich mit dem Einfluss des Klimawandels auf das mögliche neue Auftreten und die Ausbreitung von vektorübertragenen Infektionskrankheiten in Deutschland und Europa. Hinsichtlich detaillierter Symptomatik, Diagnostik und Therapie der nachfolgend erwähnten Infektionskrankheiten verweisen wir auf die einschlägige Literatur.

Klimaveränderungen: Effekte auf Vektoren und Krankheitserreger

Durch Vektoren bedingte Infektionskrankheiten (VBD) sind Krankheiten, bei denen die Erreger vornehmlich mittels Insekten und Spinnen, zu denen Zecken gehören, als sogenannte Vektoren auf den Menschen übertragen werden. Das Erregerreservoir können Tiere oder aber auch der Mensch selbst sein.

Die beiden wichtigsten Klimafaktoren, die einen Effekt auf VBD haben, sind Temperatur und Niederschlag. Temperatureffekte auf Vektoren bewirken speziessabhängig eine Ab- oder Zunahme der Überlebensfähigkeit sowie Veränderungen des Populationswachstums, der Anfälligkeit von Vektoren gegenüber Krankheitserregern sowie Veränderungen im Nahrungsverhalten und Wirtkontakt. Temperatureffekte auf Krankheitserreger zeigen sich in einer verkürzten Inkubationsperiode im Vektor bei höheren Temperaturen, einer verkürzten Replikationsdauer sowie einer Veränderung der Transmissionssaison [7].

Die Niederschlagseffekte auf Vektoren sind mannigfaltig und häufig auch gegensätzlich. So vermehrt eine höhere Niederschlagsmenge die Habitate der Larven, wohingegen Starkregen



Habitate zerstören, aber auch zu einer Synchronisation von Wirtssuche und Virustransmission führen kann. Eine Abnahme der Regenmenge kann Flüsse in stehende Gewässer verwandeln und auch zu neuen Habitaten in vermehrten Wassersammelbehältern führen (Mücken).

Über den Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Krankheitserreger liegen keine zuverlässigen Daten vor [7].

Die beiden Vektorengruppen, die in Europa für zukünftige neue Infektionskrankheiten die größte Bedeutung haben, sind Mücken und Zecken [9]. Die von ihnen

übertragenen Krankheiten werden als mosquito-borne-disease (MBD) und tick-borne-disease (TBD) bezeichnet.

Im Weiteren werden ausgehend von der Ausbreitungsdynamik der Vektoren die wichtigsten MBD und TBD betrachtet, und deren Vorkommen in Europa und Deutschland aufgezeigt.

Von Mücken übertragbare Infektionskrankheiten

Aedes albopictus (asiatische Tigermücke)

Aedes albopictus, neben *Aedes aegypti* ein sekundärer Dengue-Vektor in Asien,

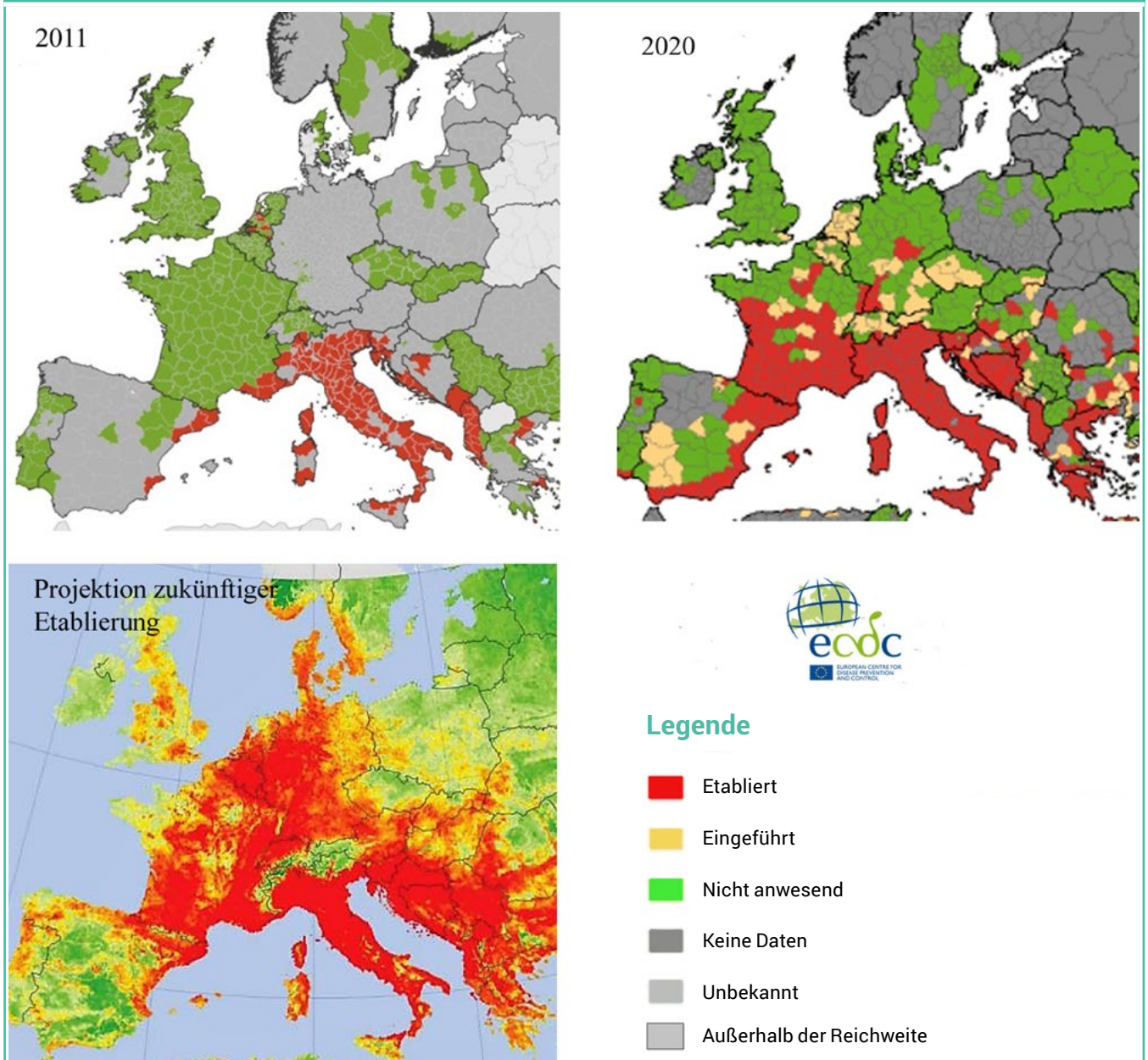
hat sich in mehr als 32 Staaten in den USA und in mehr als 25 Ländern in der Europäischen Region verbreitet, hauptsächlich aufgrund des internationalen Handels mit gebrauchten Reifen (einem Brutlebensraum) und anderen Gütern, wie z.B. Bambus [20]. *Aedes albopictus* ist sehr anpassungsfähig. Seine geogra-

fische Verbreitung ist hauptsächlich auf seine Toleranz gegenüber kälteren Bedingungen im Ei- und adulten Stadium gegründet [11, 16].

Aedes albopictus hat sich in Deutschland hauptsächlich im Oberrheingraben und Thüringen etabliert [1]. Abbildung 1

zeigt die ausgeprägte Dynamik der Ausbreitung von *Aedes albopictus* von 2011 bis 2020. In Anbetracht der basierend auf Modellrechnungen des Weltklimarats zu erwartenden Klimaerwärmung ist bis zum Jahr 2050 mit einer Ausbreitung bis in den Norden Europas zu rechnen.

Abbildung 1. Verbreitung von *Aedes albopictus* 2011, 2020 sowie laut Prognosen für 2050



Verbreitung von *Aedes albopictus* 2011 und 2020 in Europa (oben), Mögliche zukünftige Verbreitung von *Aedes albopictus* unter Zugrundelegung der Klimamodelle des Weltklimarats (unten) (2019).

Dengue-Fieber und Chikungunya sind zwei tropische Infektionskrankheiten, die von *A. albopictus* übertragen werden können und auch in Europa zunehmend relevant werden. Der Erreger des Dengue-Fiebers ist wie das Gelbfiebertvirus, das FSME-Virus oder das West-Nil-Fieber-Virus ein Flavivirus, wobei 4 Serotypen unterschieden werden können. Dengue-Fieber ist eine schwere grippeähnliche Krankheit, die Menschen jeden Alters betrifft und aufgrund massiver Gefäßpermeabilitätsstörungen zum Tod führen kann. Dies ist fast ausschließlich der Fall, wenn bereits vorher der Kontakt zu einem der 3 anderen Serotypen stattgefunden hat.

Durch die Ausbreitung des **Dengue-Fiebers** auf neue Gebiete einschließlich Europa nimmt nicht nur die Zahl der Fälle zu, sondern es kommt auch immer wieder zu explosiven Ausbrüchen. Auch in Europa besteht jederzeit die Gefahr eines Dengue-Ausbruchs. In Frankreich und Kroatien wurde 2010 erstmals eine lokale Übertragung gemeldet [2]. Im Jahr 2012 führte ein Dengue-Ausbruch auf der portugiesischen Insel Madeira zu über 2000 Fällen [3]. Seit 2018 wurden jährlich jeweils mehrere autochthon, das heißt lokal, übertragene Fälle in Frankreich und Spanien gemeldet [2].

Im August 2020 erkrankte erstmals in Italien (Venetien) ein 54-jähriger Mann an einer lokal erworbenen Dengue-Infektion. Als Primärfall konnte ein Reiserückkehrer aus Indonesien ermittelt werden. Insgesamt wurden bis November 2020 in der Region Venetien 10 autochthone Fälle gemeldet [4].

2007 verzeichnete Italien – und damit erstmals ein europäisches Land – einen Ausbruch mit ca. 200 **Chikungunya**-Fällen [19]. Auslöser ist ein Virus aus der Familie der Togaviren. Charakteristisch sind starke Muskel-, Gelenk- und Kopf-

schmerzen, die oft monatelang persistieren können. Im Gegensatz zum Dengue-Fieber verläuft die Erkrankung aber selten tödlich. Es wird jedoch über ophthalmologische, neurologische und kardiologische Komplikationen berichtet. Im Jahr 2014 war Europa mit fast 1500 importierten Fällen mit der bisher höchsten Chikungunya-Belastung konfrontiert, wobei Frankreich und Großbritannien am stärksten betroffen waren. Frankreich bestätigte außerdem erstmals 12 Fälle einer autochthon erworbenen Chikungunya-Infektion im Süden des Landes. Im Jahr 2017 meldete das Europäische Zentrum für Krankheitsprävention und -kontrolle in Schweden (European Centre for Disease Prevention and Control = ECDC) insgesamt 10 Länder in Europa mit 548 autochthon erworbenen Chikungunya-Fällen. Italien trug mehr als 50% der Chikungunya-Last. Zum ersten Mal seit 2014 wurden in Europa (Frankreich und Italien) erneut autochthone Fälle gemeldet [19].

Seitdem treten jedes Jahr (außer 2018) in beiden Ländern lokal übertragene Chikungunya-Infektionen auf, 2019 erstmals auch in Spanien, wobei es sich um 3 isländische Touristen handelte [12].

Stechmücken (*Culex*-Spezies)

Spezies der Stechmücke *Culex* sind in Europa und Deutschland ubiquitär verbreitet.

Culex pipiens pipiens (Cp.), mit ihren Biotypen *pipiens* und *molestus*, sowie *Culex torrentium* gelten in Europa als Hauptüberträger für das West-Nil-Virus (WNV). Diese Biotypen verhalten sich normalerweise äußerst wirtsspezifisch, das heißt *Cp. pipiens* und *Culex torrentium* stechen vornehmlich Vögel, das wichtigste Erregerreservoir für das WNV, *Cp. molestus* sind hingegen Säugetiere und somit auch den Menschen.

2013 konnte eine Arbeitsgruppe des Bernhard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin in Hamburg (BNITM) jedoch zeigen, dass es in süddeutschen Regionen, in denen sich das Vorkommen aller 3 Biotypen überschneidet, zur Entwicklung von Hybriden kommt, die sowohl Vögel als auch Säuger stechen. Somit könnten diese Hybride als Brückenvektoren für WNV fungieren [17]. Das **West-Nil-Fieber** verläuft in ca. 80% der Fälle asymptomatisch. Die symptomatischen Fälle beginnen abrupt mit grippeähnlichen Symptomen. Rund 1% der Infizierten erleiden einen neuroinvasiven Verlauf, wobei die Letalität bis zu 10% beträgt.

Seit 2010 kommt es in Südost- und Südeuropa zunehmend zu regionalen **West-Nil-Fieber**-Ausbrüchen. Einen Höhepunkt erreichte die Dynamik 2018 mit EU-weit 2083 Fällen, von denen 181 letal verliefen, was einer Letalitätsrate von 8,7% entspricht [5]. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, übertraf die Fallzahl somit die Summe aller Fälle aus den Jahren 2014 bis 2017.

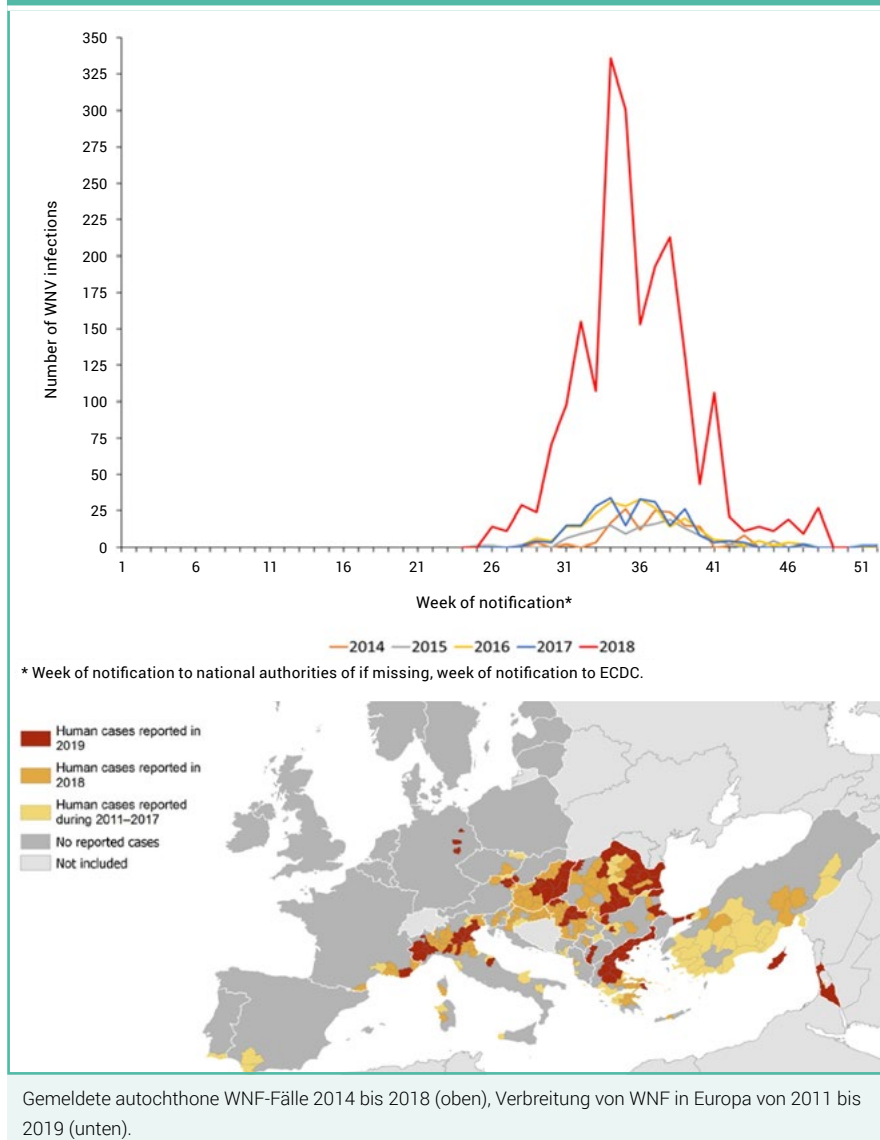
2019 wurden die ersten 5 autochthonen von Mücken übertragenen Fälle in 3 Regionen Ostdeutschlands gemeldet. 2020 wurden bis Mitte November weitere 13 Fälle registriert. Es waren 5 weitere ostdeutsche Landkreise erstmals betroffen [15].

„Offenbar haben die durch den Klimawandel bedingten ungewöhnlich warmen Sommer der letzten beiden Jahre dazu beigetragen, dass sich das WNF nördlich der Alpen etabliert hat“, sagte Jonas Schmidt-Chanasit, Leiter der Virusdiagnostik am Bernhard-Nocht-Institut, Hamburg [22].

Sandmücken (*Phlebotominae*)

Die verschiedenen Gattungen der Sandmücken gehören zur übergeordneten

Abbildung 2. Häufigkeit und Verbreitung des West-Nil-Fiebers



Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union

Gruppe der Schmetterlingsmücken (*Psychodidae*). Obwohl die Auswirkungen von durch Sandmücken übertragenen Infektionen auf die öffentliche Gesundheit in Ländern an der Süd- und Ostküste des Mittelmeers am größten sind, sind sie auch in Europa ein aufkommendes Problem im Zusammenhang mit der globalen Erwärmung und dem gesellschaftlichen Verhalten – vor allem Urlaubs- und Geschäftsreisen –, das die Verteilung und Häufigkeit von Vektoren beeinflusst.

Die Stechaktivität der Sandmücken ist streng saisonal auf die Sommermonate begrenzt. Sandmücken treten erstmals im Jahr in Erscheinung, wenn 3-mal hintereinander nachts die Temperatur nicht $<20^{\circ}\text{C}$ fällt, was im Mittelmeerraum meist ab Ende Mai der Fall ist. Die Verbreitungsgrenze der Sandmücke, die der 10°C -Jahresisotherme entspricht, verschiebt sich langsam nach Norden. Ausgehend von den IPCC-Szenarien werden in den nächsten Jahrzehnten noch deutlich bessere klimatische Bedingun-

gen für die Ausbreitung der Sandmücke erwartet [6].

Der wichtigste von Sandmücken übertragene Erreger, der zukünftig auch in nördlicheren Breiten zunehmend eine Rolle spielen wird, ist der Parasit *Leishmania infantum*, Auslöser der **Viszeralen Leishmaniose (VL)**. Die Erkrankung ist gekennzeichnet durch unregelmäßige Fieberanfälle, erheblichen Gewichtsverlust, Hepatosplenomegalie sowie schwere Anämie. Wenn VL nicht behandelt wird, kann die Todesrate innerhalb von 2 Jahren bis zu 100% betragen. Am häufigsten betroffen sind Kinder.

Mücke und Parasit haben sich beide gemeinsam südlich von 45° nördlicher Breite und unterhalb von 800 Höhenmetern etabliert. Aufgrund der Ausbreitung der Sandmücken nach Norden und der Einfuhr von mit *L. infantum* infizierten Hunden werden wahrscheinlich neue Infektionsherde in nördlichen Gebieten entstehen.

In Deutschland treten jedes Jahr autochthone Infektionen mit *L. infantum* auf, die jedoch überwiegend Hunde betreffen. Über eine sicher autochthon erworbene Leishmaniose bei einem Kleinkind wurde 2014 von Naucke et al. berichtet [13].

Laut Vorhersagen der ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) könnten ab 2025 möglicherweise *P. mascitti* und *P. perniciosus* *Leishmania infantum* sogar in England transmittieren.

Von Zecken übertragbare Infektionskrankheiten

Gemeiner Holzbock (*Ixodes ricinus*)

Der Klimawandel hat auch auf die bei uns etablierten zeckenbürtigen Infektionskrankheiten **Frühsummer-Meningoenzephalitis (FSME)** und **Borreliose** Auswirkungen. Beide Erkrankungen werden durch *Ixodes ricinus* (Gemeiner Holzbock)

übertragen. Dieser Vektor ist ubiquitär in Europa bis nach Skandinavien verbreitet. Insbesondere bei der FSME führt die zunehmende Erwärmung zu einer langsamen Ausbreitung nach Norden. Jedes Jahr werden in Deutschland vom RKI neue Landkreise als Risikogebiete deklariert [14]. Eine slowakische Studie konnte zeigen, dass sich FSME auch in höheren Lagen ausbreiten wird [10].

In Europa divergieren die Infektionszahlen erheblich mit Inzidenzwerten zwischen <1 und >10 pro 100.000. Hauptsächlich betroffen sind Zentral- und Osteuropa, sowie insbesondere das Baltikum und Skandinavien (Abb. 3).

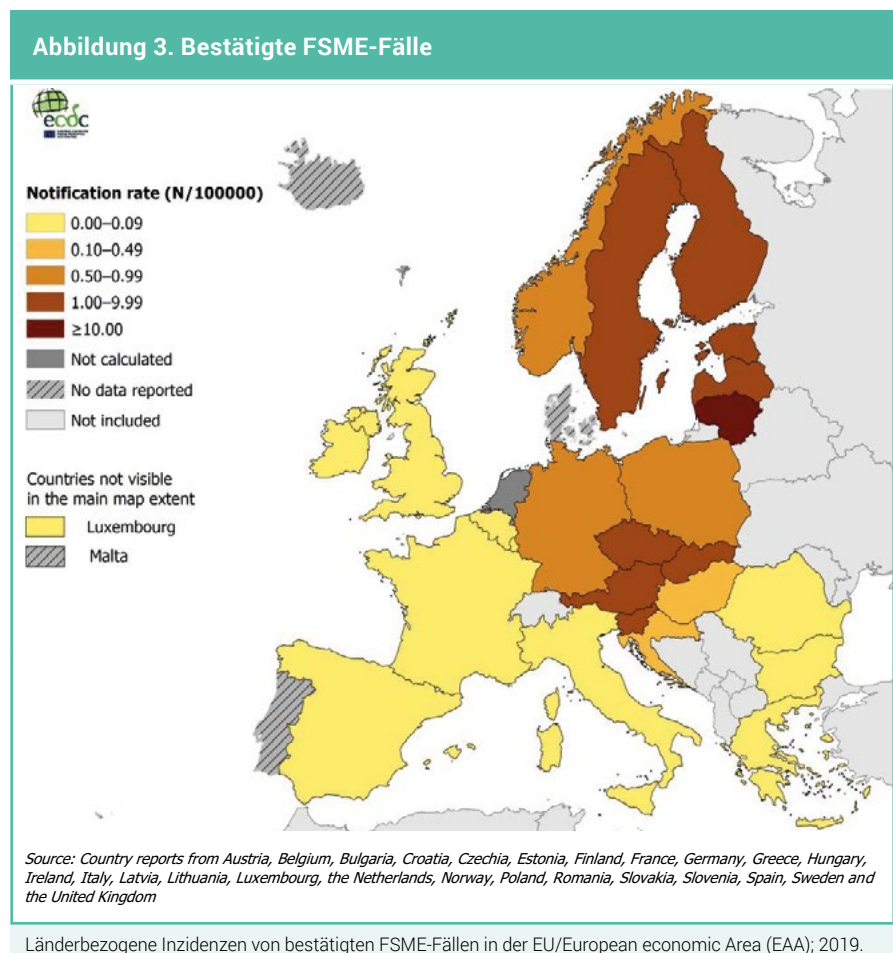
Im Baltikum und an der finnischen Küste kommt es zudem zu einer zunehmenden Einwanderung der sibirischen und fernöstlichen Subtypen, die von *Ixodes persulcatus* übertragen werden und deutlich virulenter und aggressiver sind.

Auch die Inzidenzen der **Borreliose** werden zunehmen, da sich die Aktivitäts-saison von *Ixodes ricinus* weiter verlängern wird.

Jagdzecken (*Hyalomma marginatum*)

Die *Hyalomma*-Zecke ist zwei- bis dreimal so groß wie ihre europäischen Verwandten und hat auffällig gestreifte Beine. Anders als europäische Zecken jagt die *Hyalomma*-Zecke aktiv und kann Warmblüter über mehrere hundert Meter verfolgen.

Als nördliche Grenze für die Ausbreitung von *Hyalomma marginatum* galt bis vor wenigen Jahren der 50. Breitengrad, auf welchem in Deutschland die mittelhessische Stadt Mainz liegt. 2018 wiesen Forscher der Universität Hohenheim erstmals Tiere der Gattung *Hyalomma* in größerer Menge auch in Norddeutschland nach. Sie wurden bislang vermut-



Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union

lich von Zugvögeln eingeschleppt. 2019 wurde *Hyalomma marginatum* in Mittel- und Norddeutschland jedoch so früh im Jahr gefunden, dass es sicher ist, dass diese Zecken hier auch überwintert haben [18].

Hyalomma marginatum ist der Hauptvektor für das **Krim-Kongo-Hämorrhagische-Fieber** (CCHF = Crimean-Congo hemorrhagic fever). Nach einer Inkubationszeit von durchschnittlich 9 Tagen beginnt die Erkrankung mit Fieber, Lichtempfindlichkeit und starken Schmerzen, häufig gefolgt von neurologischen und psychischen Symptomen, wie Stimmungsschwankungen, Depressionen, Verwirrung und Schläfrigkeit. Bei schwerem Verlauf kommt es meist nach dem 5. Krankheitstag zum Multiorgan-

versagen. Die Sterblichkeitsrate liegt bei ca. 30%.

CCHF ist endemisch verbreitet in Afrika, dem Nahen Osten, auf dem Balkan sowie in asiatischen Ländern südlich des 50. Breitengrades. Das Auftreten von CCHF scheint eng an die Verbreitungsgebiete von *Hyalomma marginatum* gebunden zu sein, da diese im Infektionszyklus Wirt-Vektor-Wirt eine herausragende Rolle spielt. Die Zecken sind in diesem Zyklus sowohl Vektoren als auch Reservoir, während die Säugetiere ausschließlich als Verstärkerwirte dienen. Der Mensch ist ein Fehlwirt [21].

Das CCHF-Virus konnte in den *Hyalomma marginatum*-Funden in Deutschland bisher noch nicht nachgewiesen werden.

Zusammenfassung

In Europa und Deutschland ist in den nächsten Jahrzehnten mit dem Auftreten neuer Infektionen zu rechnen, die bisher überwiegend aus tropischen Regionen bekannt sind, sowie der weiteren Ausbreitung bereits etablierter Infektionskrankheiten (Tabelle).

Hinsichtlich der zukünftigen Dynamik des Auftretens von vektorbedingten Infektionskrankheiten lassen sich jedoch nur sehr ungenaue Aussagen treffen, da die klimatischen Effekte sehr komplex sind. Die Etablierung und weitere Verbreitung der Vektoren steigern jedoch zunehmend das Risiko von lokalen Ausbrüchen, da aufgrund der gestiegenen Mobilität

potenzielle Krankheitserreger vermehrt importiert werden. Sämtliche Prognosen lassen leider vermuten, dass nach Beherrschung der Corona-Pandemie der weltweite Personen- und Warenverkehr wieder deutlich zunehmen werden.

Es ist deshalb dringend notwendig, dass sich Ärztinnen und Ärzte für Kinder- und

Tabelle. Ausbreitung von Vektoren und vektorbedingten Infektionskrankheiten in Europa

Vektor	Situation in Europa	Erkrankung	Autochtone Infektionen
Asiatische Tigermücke (<i>Aedes albopictus</i>)	Im gesamten Mittelmeerraum vertreten, in den letzten Jahren starke Ausbreitung nach Norden, in D etabliert im Breisgau und Thüringen	Dengue-Fieber	Erstmals 2010 in Kroatien und Frankreich, seit 2018 regelmäßig in Spanien und Frankreich, 2020 in Italien
		Chikungunya	2014 erstmals in Frankreich, 2017 insgesamt 10 europäische Länder betroffen, am stärksten Italien, seitdem immer wieder Fälle in Italien und Frankreich, 2019 erstmals in Spanien
Stechmücken (<i>Culex species</i>)	In ganz Europa verbreitet	West-Nil-Fieber	Seit 2010 in Südost- und Südeuropa, 2018 EU-weit >2000 Fälle, 2019 und 2020 Transmissionen in Ostdeutschland
Sandmücken (Phlebotominen)	Südeuropa, nördliche Verbreitungsgrenze 10°-Jahresisotherme	Viszerale Leishmaniose	Südlich 45° nördlicher Breite, besonders Spanien und Sizilien, jährlich Transmissionen in Deutschland, meist Hunde betreffend, 2014 autochthone Infektion eines Kleinkindes
Gemeiner Holzbock (<i>Ixodes ricinus</i>)	Ubiquitär in Europa	Borreliose	Ganz Europa, nördlich bis Skandinavien, aufgrund der klimabedingten Verlängerung der Aktivitätszeit des Vektors zunehmende Infektionen zu erwarten
		FSME	In Europa stark divergierende Inzidenzen zwischen <1 und >10. Am stärksten betroffen sind Zentral-, Ost- und Nordeuropa, in Deutschland langsame Ausbreitung nach Norden
Jagdzecke (<i>Hyalomma marginatum</i>)	Hauptsächlich in Ost- und Südeuropa südlich 50. Breitengrad, 2018 erstmals Nachweis größerer Anzahl durch Vögel in Deutschland importiert, 2019 Funde von überwinterten Zecken in Deutschland	Krim-Kongo-Hämorrhagisches Fieber (CCHF)	Endemische Verbreitung auf dem Balkan, eng an die Verbreitung des Vektors geknüpft, bisher keine CCHF in Zeckenfunden in Deutschland

Jugendmedizin und Vertreterinnen und Vertreter anderer Berufsgruppen in unserem Gesundheitssystem mit diesem für viele noch unbekanntem Thema intensiv befassen. Es muss über diese sowohl für alle Gesundheitsberufe wie erst recht die „normalen“ Bürgerinnen und Bürger als medizinische Laien noch weitgehend unbekanntem Thematik nachvollziehbar und verständlich aufgeklärt werden. Dazu sollten sämtliche Medien – klassische wie internetbasierte – genutzt werden. Die Informationsbereitstellung könnte über das Robert Koch-Institut (RKI), Universitäts- oder andere öffentliche Institute der Tropen- sowie Veterinärmedizin und entsprechende Bundesoberbehörden erfolgen. Klimawandelbedingte Erkrankungen müssen zudem obligat in die Lehrpläne für die Ausbildung zu Ärztinnen und Ärzten, Pflege- sowie Sanitätsberufen aufgenommen werden.

So erarbeitet die Arbeitsgemeinschaft Globale Umweltgesundheit des Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin an der LMU München zurzeit in Kooperation mit der Bundesärztekammer ein Mustercurriculum für Medizinische Fachangestellte zum Thema Klimawandel und Gesundheit.

Ebenfalls federführend war das LMU-Institut in der Entwicklung eines vom Bundesumweltministerium mitfinanzierten pädiatrischen Bildungsmoduls für Ärzte, welches zu sämtlichen relevanten Gesundheitsthemen vor dem Hintergrund des Klimawandels umfangreiche Informationen liefert. Seit mehreren Jahren werden diese Themen auf den großen pädiatrischen Kongressen in Form von Vorträgen und Seminaren präsentiert. Die Informationen sind für alle interessierten Ärztinnen und Ärzte außerdem auf der Website des Projekts abrufbar [8].

Dr. med. Ignaz Schmidt

Facharzt für Kinder- und Jugendmedizin, Pädiatrische Allergologie
Reisemedizinische Gesundheitsberatung (DTG-Zertifikat), Gelbfieberimpfstelle
Frohndenden 43 | 52372 Kreuzau

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. *Aedes albopictus* – current known distribution: May 2020; June 2021; [↗ https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-may-2020](https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-may-2020)
- European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Autochthonous transmission of dengue virus in EU/EEA, 2010-present. [↗ https://www.ecdc.europa.eu/en/all-topics-z/dengue/surveillance-and-disease-data/autochthonous-transmission-dengue-virus-eueea](https://www.ecdc.europa.eu/en/all-topics-z/dengue/surveillance-and-disease-data/autochthonous-transmission-dengue-virus-eueea)
- European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Surveillance, threats and outbreaks of dengue fever; [↗ https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-fever/threats-and-outbreaks/madeira-outbreak-2012](https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-fever/threats-and-outbreaks/madeira-outbreak-2012)
- European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Communicable disease threats report, 15-21 November 2020, week 47, published. 20. Nov 2020; [↗ https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/communicable-disease-threats-report-15-21-november-2020-week-47](https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/communicable-disease-threats-report-15-21-november-2020-week-47)
- European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Epidemiological update: West Nile virus transmission season in Europe, 2018; 14 Dec 2018; [↗ https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-west-nile-virus-transmission-season-europe-2018](https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/epidemiological-update-west-nile-virus-transmission-season-europe-2018)
- European Centre for Disease Prevention and Control. An agency of the European Union. Phlebotomine sand flies – Factsheet for experts; [↗ https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/phlebotomine-sand-flies](https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/phlebotomine-sand-flies)
- Grunewald J, Habedank B, Hartelt K et al. Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von primärhumanmedizinisch relevanten Krankheitsregenern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigen Humanparasiten in Deutschland. Institut für Medizinische Parasitologie der Universität Bonn. Forschungsbericht 200 61 218/11 (UBA-FB 000454, 2003)
- [↗ http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Bildungsmodule-Aerzte/de/bildungsmodule-plan/index.html](http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Bildungsmodule-Aerzte/de/bildungsmodule-plan/index.html)
- Klouche M. Vektor-übertragene Erkrankungen Teil II: Womit müssen wir in Europa rechnen? Trillium Diagnostik; Heft 3/2018 Hämatologie. [↗ https://www.trillium.de/zeitschriften/trillium-diagnostik/ausgaben-2018/td-heft-3-2018/in-vitro-diagnostik/cme-beitrag-vektor-uebertragene-erkrankungen-teil-ii.html](https://www.trillium.de/zeitschriften/trillium-diagnostik/ausgaben-2018/td-heft-3-2018/in-vitro-diagnostik/cme-beitrag-vektor-uebertragene-erkrankungen-teil-ii.html)
- Lukan M et al. Climate Warming and Tick-born Encephalitis in Slovakia, 2005. University of Zilina, Tutranska Javorina, Slovakia
- Medlock JM, Avenell D, Barrass I, Leach S. Analysis of the potential for survival and seasonal activity of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the United Kingdom. *J Vector Ecology* 2006; 31(2): 292-304
- Nach Italien und Frankreich. Spanien meldet erste Chikungunya-Infektionen. *Ärztzeitung* 17.6.2019; [↗ https://www.aerztezeitung.de/Medizin/Spanien-meldet-erste-Chikungunya-Infektionen-254778.html](https://www.aerztezeitung.de/Medizin/Spanien-meldet-erste-Chikungunya-Infektionen-254778.html)
- Naucke TJ. Die Leishmaniose – eine potentielle Gefahr für Mitteleuropa. In: Lozán JL, Grassl H, Jendritzky G, Maier WA, Reise K. Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken/Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2014; 2. Aufl., Kap 3.2.11: 8
- Robert Koch-Institut. Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und verwandte Virusenzephalitiden (TBE, tick-borne encephalitis): Vorkommen; Stand 9.4.2021; [↗ https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_FSME.html;jsessionid=6B1229DD22FD7C60BAFF6491B56985AF.internet051!doc2381918bodyText3](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_FSME.html;jsessionid=6B1229DD22FD7C60BAFF6491B56985AF.internet051!doc2381918bodyText3)
- Robert Koch-Institut. West-Nil-Fieber im Überblick; Infektionswege, Stand 16.9.2020; [↗ https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/W/WestNilFieber/WestNilFieber_Ueberblick.html;jsessionid=C0327829699456E1B47B7A5A8BD6517.internet052!doc11434928bodyText3](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/W/WestNilFieber/WestNilFieber_Ueberblick.html;jsessionid=C0327829699456E1B47B7A5A8BD6517.internet052!doc11434928bodyText3)
- Romi R, Severini F, Toma L. Kalte Akklimatisation und Überwinterung des weiblichen *Aedes albopictus* bei Roma. *Zeitschrift der American Mosquito Control Association* 2006; 22(1): 149-151
- Rudolf M et al. First Nationwide Surveillance of *Culex pipiens* Complex and *Culex torrentium* Mosquitoes Demonstrated the Presence of *Culex pipiens* Biotypen *pipiens/molestus* Hybrids in Germany. *Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine Hamburg*; 2013; [↗ https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071832](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071832)
- Tropische Zeckenart überwintert erstmals in Deutschland; 11. Juni 2019; [↗ https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/103759/Tropische-Zeckenart-ueberwintert-erstmals-in-Deutschland](https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/103759/Tropische-Zeckenart-ueberwintert-erstmals-in-Deutschland)
- WHO. Chikungunya. 15. September 2020; [↗ https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya)
- WHO. Dengue and severe dengue; Mai 2021 ([↗ https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue))
- Wiemer D. Der „schwarze Tod“, Krim-Kongo-Hämorrhagisches-Fieber. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2015; 58: 714-720
- Gemeinsame Pressemitteilung des Friedrich-Loeffler-Instituts, des Bernhard-Nocht-Instituts und des Robert Koch-Instituts; 2019 ([↗ https://www.rki.de/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/2019/09_2019.html](https://www.rki.de/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/2019/09_2019.html))