FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT
FLI
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Federal Research Institute for Animal Health

Vektorübertragbare Krankheiten in Deutschland: Mapping der Akteure und Strukturen

Bericht | FLI | Stand Februar 2022

Vektorübertragbare Krankheiten in Deutschland: Mapping der Akteure und Strukturen

Dorothee Scheuch

Cornelia Silaghi

Helge Kampen

Friedrich-Loeffler-Institut

Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

Greifswald – Insel Riems

Im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit

Februar 2022

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung 2
1. Einleitung 3
1.1 Hintergrund 3
1.2 Beispiele für die medizinische Relevanz von Stechmücken und Zecken in Europa .. 4
1.3 Situation in Deutschland 7
2. Forschung zu Vektoren und Vektor-übertragenen Pathogenen 15
2.1 Forschungsaktivitäten 15
2.2 Hauptakteure der Vektorforschung in Deutschland 17
3. Informationsportale zu Vektoren und Vektor-übertragenen Pathogenen 17
4. Vektormanagement 19
5. Gesetzliche Grundlagen und Informationsketten in den Bundesländern 22
5.1 Aktuelle Situation 22
5.2 Der Umgang mit Vektoren in den Bundesländern 24
6. Mängel und Probleme im Umgang mit Vektoren in Deutschland 25
7. Fazit 27
8. Literatur 29
Anhang 35
Abkürzungen 36
Hilfreiche Internetseiten 38
Artenliste der in Deutschland vorkommenden Stechmückenarten 39
Artenliste der in Deutschland vorkommenden Zeckenarten 41
Forschungsprojekte 42

Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wurde der wissenschaftspolitische Umgang mit den Vektorgruppen ‚Stechmücken' und ‚Zecken' in Deutschland untersucht, die im Zuge fortschreitender Globalisierung und Klimaerwärmung eine immer größere Bedeutung als Überträger von Krankheitserregern gewinnen. Dies wurde in der jüngsten Vergangenheit durch verschiedene Ausbruchsszenarien in Südeuropa, aber auch in Deutschland, deutlich. Begünstigt wird diese Entwicklung durch die Globalisierung und den Klimawandel. So haben in Europa sowohl lange ausgerottet geglaubte Infektionskrankheiten wie die Malaria oder das Dengue-Fieber, als auch neue (‚emerging diseases'), wie das Westnil- und das Chikungunya-Fieber, (wieder) an Bedeutung gewonnen.

Im Zuge des vorliegenden Berichts konsultierte Expertinnen und Experten hoben die Notwendigkeit weiterer Grundlagenforschung zu Vektoren, klar festgelegter Zuständigkeiten auf Landes- und Kommunalebene und besser definierter Meldewege hervor. Einer Befragung von Behördenvertretenden aller sechzehn Bundesländer zufolge ist der Umgang mit Krankheitsfällen auf der Basis des Infektionsschutzgesetzes klar geregelt, der Umgang mit den Vektoren selber aber häufig ungeklärt. Vielerorts und in vielen Bereichen fehlen grundlegende Daten, Strukturen und Richtlinien, aber auch Expertise, ein Bewusstsein für das Thema und Information. In den einzelnen Bundesländern wird das Thema sehr unterschiedlich behandelt, vermutlich nicht zuletzt wegen des unterschiedlichen Engagements und Interesses der zuständigen leitenden Mitarbeitenden, aber auch weil kritische Situationen mit Vektoren bisher nur in wenigen Bundesländern aufgetreten sind. So hat sich die Asiatische Tigermücke bisher z.B. nur in Hessen, Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen und Rheinland-Pfalz angesiedelt. *Hyalomma*-Zecken sind zwar in einigen Bundesländern nachgewiesen worden, aber nur in Einzelexemplaren. In einigen Ländern (Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg) existieren klar definierte Rechtsgrundlagen zum Umgang mit Vektoren, in Sachsen ist eine entsprechende Verordnung in Arbeit.

Die Behörden der meisten Länder sind offenbar mit externen Fachleuten vernetzt, um im Fall eines Ausbruchs einer vektorbedingten Krankheit angemessen reagieren zu können. In ungefähr der Hälfte der Länder sind bestimmte Mitarbeitende, Referate oder Kommissionen für Vektoren und durch sie übertragene Krankheitserreger zuständig.

Von Forschenden und Vertretenden des Öffentlichen Gesundheitsdienstes, die im Zuge der Recherchen für den vorliegenden Bericht befragt wurden, wurde die Wichtigkeit der Kommunikation und des Informationsaustausches zwischen Bund, Ländern und Kommunen hervorgehoben. Verantwortliche und Fachleute sollten sich in regelmäßigen Abständen zum Thema austauschen und abstimmen.

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Siebzehn Prozent aller Infektionskrankheiten sind vektorbasiert und verursachen jährlich weltweit etwa 700.000 Todesfälle (WHO 2020). Die wichtigsten Gruppen von Vektoren sind Stechmücken, die Viren und Parasiten (Protozoen wie die Erreger der Malaria und Helminthen wie die Erreger der Filariosen) auf Mensch und Tier übertragen können, und Zecken, die als Überträger von Viren, Bakterien und Protozoen gefürchtet sind. Neuzeitliche Phänomene wie Globalisierung und Klimaerwärmung fördern die Einschleppung, Ansiedlung und Ausbreitung von Vektoren und den von ihnen übertragenen Krankheitserregern in neue/n Gebiete, wobei sich die Klimaerwärmung in gemäßigten oder kühleren geografischen Zonen sowohl auf wärmeliebende gebietsfremde als auch auf einheimische Arthropoden auswirkt. Ersteren wird die Ansiedlung in neuen Territorien erleichtert, letztere können zu relevanten Vektoren werden. Unter erhöhten Temperaturen nämlich laufen physiologische Prozesse beschleunigt ab, so dass hämatophage Insekten häufiger Blut aufnehmen und schneller verdauen, Eier in kürzeren Abständen produzieren und ablegen, ihren Entwicklungszyklus schneller durchlaufen und höhere Populationsdichten erreichen (Ratte 1984). Bei den weniger mobilen Zecken entscheidet v.a. die Verfügbarkeit und Findung von Blutwirten über die Dauer des Entwicklungszyklus und die Populationsdichten. Außerdem bewirkt eine Klimaerwärmung eine längere saisonale Aktivität. Die Entwicklung von Erregern in ihren Vektoren (extrinsische Inkubationsperiode) ist ebenfalls temperaturabhängig: Pathogene benötigen eine Spezies-spezifische Mindesttemperatur, bei der die Entwicklung überhaupt erst möglich ist, und je höher die Außentemperatur ist (bis zu einem gewissen Maximum), desto schneller verläuft ihre Entwicklung. Mit höheren Temperaturen steigt daher allgemein die Intensität und Effizienz der Erregerübertragung (Kamiya et al. 2019). Während also der stets zunehmende interkontinentale Handel und Reiseverkehr die Einschleppung nicht-endemischer Vektoren und Pathogene fördert (Suk & Semenza 2014), begünstigt oder ermöglicht die Klimaerwärmung sowohl deren Etablierung als auch die Entwicklung einheimischer potenzieller Vektoren sowie die Entwicklung von Pathogenen in ihren Überträgern (Liu-Helmersson et al. 2016). Sowohl lange in Europa ausgerottet geglaubte Infektionskrankheiten, wie die Malaria oder das Dengue-Fieber, als auch neue, wie das Westnil- und das Chikungunya-Fieber, gewinnen in Europa (wieder) an Bedeutung.

Währenddessen mangelt es in Deutschland an Expertise und Erfahrung im Management von Vektoren und vektorübertragenen Krankheiten. Seit dem Verschwinden der Malaria in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Eichenlaub 1979) gab es keine vektorübertragene Krankheit mit relevanter Morbidität und Mortalität mehr. Die Folge war, dass Strukturen und Personal in vielen öffentlichen Einrichtungen abgebaut wurden. Das Fach ‚Medizinische Entomologie' ist als eigenes Lehrgebiet an deutschen Hochschulen nicht mehr vertreten, so

dass kaum Nachwuchs ausgebildet werden kann. Nur wenige Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden verfügen über Mitarbeitende mit entsprechendem Fachwissen.

Neben Stechmücken und Zecken existieren in Deutschland weitere blutsaugende Arthropoden, die Krankheitserreger auf den Menschen übertragen können, wie z.B. die Sandmücken (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). Nachdem diese erst vor gut zwei Jahrzehnten in Deutschland entdeckt worden waren (Naucke & Pesson 2000), konnten in den letzten Jahren über hundert Exemplare der Spezies *Phlebotomus mascittii* in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg gesammelt werden (Oerther et al. 2020). Bestimmte Sandmückenarten können verschiedene Viren und Leishmanien übertragen (Remadi et al. 2018), doch das Vektorpotenzial der zwei inzwischen in Deutschland nachgewiesenen Arten ist nicht abschließend geklärt (Oerther et al. 2020).

Der vorliegende Bericht beschäftigt sich beispielhaft nur mit den beiden wichtigen Blutsaugergruppen ‚Stechmücken' (Diptera: Culicidae) und ‚Zecken' (Acari) und fokussiert sich auf den wissenschaftspolitischen Umgang mit diesen im Kontext ihrer Rolle als Überträger von Krankheitserregern.

1.2 Beispiele für die medizinische Relevanz von Stechmücken und Zecken in Europa

Im Jahr 2007 wurde Norditalien von einem Chikungunya-Ausbruch mit über 200 infizierten Personen und einem Todesfall heimgesucht, nachdem ein Besucher aus Indien den Erreger in die entsprechende Region eingetragen hatte (Rezza 2007). Zehn Jahre später wurden erneut über 400 Fälle von Chikungunya-Fieber in zwei verschiedenen Regionen Italiens registriert (Rezza 2018). Für die Ausbrüche wurde die Asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* verantwortlich gemacht, die sich Anfang der 1990er Jahre in Italien angesiedelt hatte (Scholte & Schaffner 2007). Obwohl von einer Überwinterung des Chikungunya-Virus nicht ausgegangen wird, schätzen Experten, dass die gesamte Bevölkerung Italiens durch von *Ae. albopictus* übertragene Krankheitserreger bedroht ist, da der Vektor sich inzwischen flächendeckend ausgebreitet hat und Stechmücken-assoziierte Pathogene durch Reisende immer wieder eingeschleppt werden (Rezza 2018).

Eine ähnliche Situation ergab sich 2012 auf Madeira, Portugal. Die Gelbfiebermücke *Aedes aegypti* wurde dort erstmals 2005 nachgewiesen und konnte nicht mehr eliminiert werden (Alves et al. 2013). Im Jahr 2012 kam es mit ihrer Mediation zu einer Dengue-Fieber-Epidemie mit mehr als 2000 infizierten Personen (Alves et al. 2013).

Weniger, aber ebenfalls autochthon erworbene Infektionen mit dem Dengue-Virus wurden 2010 in Kroatien verzeichnet, wo wiederum von *Ae. albopictus* als Überträger ausgegangen wurde (Gjenero-Margan et al. 2011). Drei Krankheitsfälle wurden diagnostiziert, eine davon bei einem deutschen Touristen, der erst nach seiner Rückkehr nach Deutschland Symptome

entwickelte (Schmidt-Chanasit et al. 2010). Untersuchungen in der betreffenden kroatischen Region demonstrierten Antikörper gegen das Dengue-Virus im Blut 15 weiterer Menschen. Keiner von ihnen hatte Kroatien zuvor verlassen (Gjenero-Margan et al. 2011).

Im Sommer 2020 wurde aus Südfrankreich von insgesamt zwölf autochthonen Fällen humaner Dengue-Virus-Infektionen berichtet (ECDC 2021a). Auch hier wurde die Übertragung der Tigermücke zugeschrieben, deren Vorkommen in Frankreich seit 1999 bekannt ist (Schaffner et al. 2001). Auch in Norditalien gab es 2020 autochthone Dengue-Fälle. Hier hatte eine Reiserückkehrerin den Erreger aus Indonesien mitgebracht und während ihrer COVID-19-bedingten Quarantäne sechs Verwandte und fünf Personen aus der Nachbarschaft angesteckt (Lazzarini et al. 2020, Barzon et al. 2021).

In immer mehr europäischen Staaten breitet sich das Westnil-Virus (WNV) aus. Der von Stechmücken übertragene Erreger ruft beim Menschen häufig eine grippeähnliche Symptomatik hervor, kann aber ebenso asymptomatische oder mit schweren Verläufen inkl. Enzephalitis und Todesfällen einhergehende Infektionen verursachen (Petersen et al. 2013). Von Letzteren sind meist Patienten mit Vorerkrankungen und immunsupprimierte Personen betroffen. Im Jahr 2018 kam es zur bisher größten Epidemie in Europa (2083 autochthone humane Fälle), von der auch weiter nördlich gelegene Länder betroffen waren. Im selben Jahr wurde das Virus zum ersten Mal in Deutschland nachgewiesen (Michel et al. 2019, Ziegler et al. 2019a). Im Jahr 2021 wurden bis zum 11. November europaweit 139 humane Fälle gemeldet, die meisten davon in Griechenland und Italien (Abb. 1, ECDC 2021b).

Das Zika-Virus, das 2013 bis 2016 in Südamerika und dem Pazifikraum mit *Ae. aegypti* als primärem und *Ae. albopictus* als sekundärem Vektor zirkulierte, und mit fetalen Missbildungen in Verbindung gebracht wird, ist nicht in diesem Ausmaß nach Europa gelangt (Musso et al. 2019). Vereinzelt wurden hier Erkrankungen bekannt, bei denen der Erreger sexuell von einem Menschen auf den anderen übertragen wurde (Frank et al. 2016). Lediglich in Frankreich wurden drei autochthone Infektionen mit dem Virus verzeichnet, die vermutlich auf eine Übertragung durch Tigermücken zurückgingen (Giron et al. 2019).

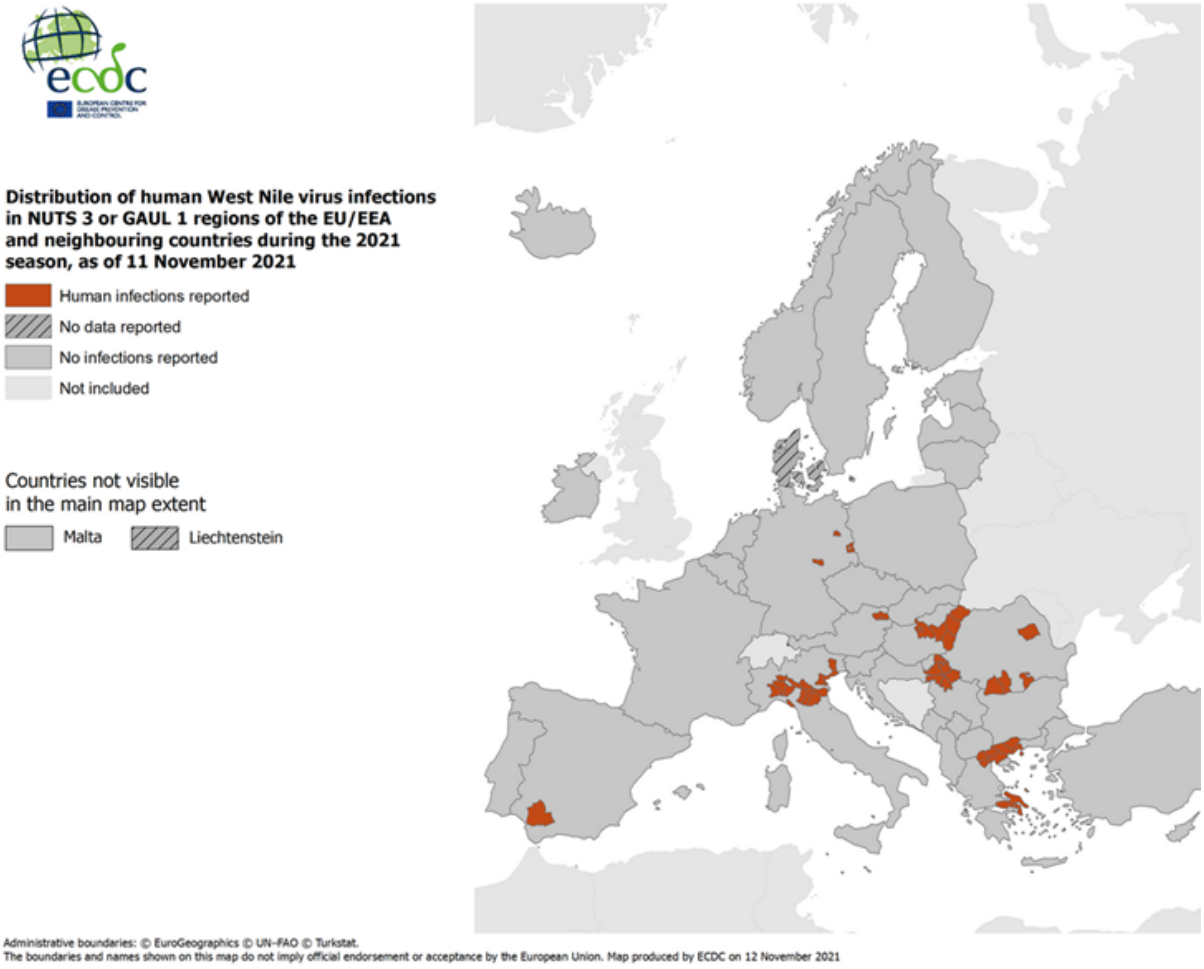


Abbildung 1: Humane Fälle von WNV in Europa. Stand: 11. November 2021 (https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/west-nile-virus-europe-2021-human-cases-updated-11-november-2021).

Das mit Zecken der Gattung *Hyalomma* korrelierte Krim-Kongo Hämorrhagische Fieber (CCHF) wird immer wieder aus den Balkanstaaten gemeldet. Es manifestiert sich beim Menschen in Form milder bis schwerer Krankheitserscheinungen und kann in bestimmten Fällen in ein hämorrhagisches Fieber münden (Kuehnert et al. 2021). So traten 2019 in Bulgarien ein Verdachtsfall und ein bestätigter Fall auf (ECDC 2021c). Von 2015 bis 2018 wurden dort pro Jahr zwischen zwei und sechs Fälle gemeldet (ECDC 2021c). Auch aus Griechenland und Spanien wurden einzelne CCHF-Fälle bekannt (ECDC 2021c).

Für die mit *Ixodes*-Arten assoziierte Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) meldet das ECDC für das Jahr 2019 europaweit 3.246 bestätigte Fälle (ECDC 2021d). Im Vergleich zu den drei vorangegangenen Jahren stieg die Zahl der Fälle damit leicht an (ECDC 2021d). Fallzahlen für die bakteriell bedingte Zeckenborreliose liegen für Gesamteuropa nicht vor.

Eine wichtige Gruppe Zecken-übertragener Bakterien bilden die Rickettsien, zu denen die Gattungen *Rickettsia* und *Anaplasma* zählen. Die meisten Arten der Gattung *Rickettsia* mit

Zecken als Vektoren werden aufgrund ihres pathogenen Potenzials und ihrer engen Verwandtschaft der sog. Fleckfiebergruppe zugerechnet. Sie sind mit verschiedenen Zeckenarten und -gattungen korreliert (Fang et al. 2017). Genaue Infektionszahlen sind für Europa nicht bekannt (ECDC 2013). *Anaplasma phagocytophilum* wird i.W. durch *Ixodes ricinus* übertragen und kann beim Menschen eine fieberhafte Erkrankung, die Humane Granulozytäre Anaplasmose, hervorrufen. Der erste Anaplasmose-Fall in Europa wurde Mitte der 1990er Jahre beschrieben. Seither sind rund 100 Fälle aus Kroatien, der Slowakei, Österreich, Lettland, den Niederlanden, Norwegen, Polen, Spanien, Frankreich und Schweden bekannt geworden. Auch eine Vielzahl anderer Säugetiere kann an granulozytärer Anaplasmose erkranken (Stuen et al. 2013, Matei et al. 2019).

Babesiosen entstehen durch Protozoen der Gattung *Babesia*, die von verschiedenen Zeckengattungen übertragen werden können. Der erste beschriebene Babesiose-Fall in Europa datiert von 1956 und ereignete sich im ehemaligen Jugoslawien (Skrabalo & Deanovic 1957). Seitdem sind auf dem europäischen Kontinent ca. 60 weitere humane Fälle verzeichnet worden (Lohr et al. 2017). Die Symptomatik der Erkrankung resultiert aus der Fähigkeit der Parasiten, ähnlich wie die Erreger der Malaria, die Erythrozyten des Wirtstieres zu befallen, und reicht von klinisch asymptomatischen, selbstlimitierenden bis hin zu letalen Verläufen, die gehäuft bei älteren, immunsupprimierten oder asplenischen Patienten auftreten (Lohr et al. 2017).

1.3 Situation in Deutschland

Einen wesentlichen Beitrag, die Problematik vektorübertragener Krankheiten ins Bewusstsein von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Politikerinnen und Politikern und der Öffentlichkeit in Deutschland zurückzurufen, leistete 2006 die Blauzungenkrankheit, die beinahe gleichzeitig in Belgien, Frankreich, Deutschland und den Niederlanden ausbrach (Thiry et al. 2006). Der von Gnitzen, einer weit verbreiteten Mücken-Familie (Diptera: Ceratopogonidae), übertragene Erreger war bis dato nördlich der Alpen nicht aufgetaucht (Conraths et al. 2009). Es handelt sich um ein Virus, das Wiederkäuer befällt und in der Nutztierhaltung zu großen wirtschaftlichen Verlusten führen kann (Conraths et al. 2009).

Obwohl in Deutschland zur Zeit des Blauzungenausbruchs einige Stechmücken- und Zecken-assoziierte Pathogene zirkulierten (Süß & Schrader 2004, Kampen et al. 2012), waren wenige davon lebensbedrohlich und von relevanter gesundheitspolitischer Bedeutung. Bezüglich des von Stechmücken übertragenen WNV und des von Zecken übertragenen FSME-Virus (FSMEV) haben sich aber gerade in den letzten Jahren bedeutende Veränderungen ergeben. Das WNV tauchte erstmals 2018 in Deutschland auf (Ziegler et al. 2019a) und führte in den Jahren 2019 und 2020 zu zahlreichen humanen Infektionen, in 2020 sogar zu einem Todesfall

(Pietsch et al. 2020), während sich das FSMEV in Deutschland zunehmend ausbreitet und zuletzt mit einem deutlichen Anstieg an Infektionszahlen korreliert war (RKI 2021a).

Ebenso hat sich die Situation bezüglich der Vektoren in den letzten Jahren geändert. Mit der Asiatischen Tigermücke hat sich ein hocheffizienter Vektor zahlreicher humaner Krankheitserreger in Deutschland etabliert. Des Weiteren werden immer häufiger Zecken der Gattung *Hyalomma*, Überträger des Krim-Kongo-Hämorrhagischen Fiebervirus (CCHFV), nachgewiesen. Die Zahl an potenziellen Infektionsquellen für in Deutschland vorkommende eingetragene oder einheimische Vektoren wird mit dem zunehmenden internationalen Massentransport von Tieren und Menschen ansteigen. Die Klimaerwärmung schließlich unterstützt die Ansiedlung und Ausbreitung wärmeliebender Vektorarten und erhöht das Risiko einer Übertragung von Krankheitserregern.

1.3.1 Vektoren und Erreger in Deutschland: Stechmücken

Laut aktueller Daten aus verschiedenen Monitoringprogrammen, die in den letzten Jahren in Deutschland durchgeführt wurden, existieren hierzulande 51 Arten von Stechmücken (Werner et al. 2020; Anhang Tab. 1). Darunter befinden sich fünf invasive Arten, die mittlerweile als etabliert betrachtet werden können, da Belege für Überwinterung und stabile Populationen vorliegen (Werner et al. 2020). Bei diesen handelt es sich um *Ae. albopictus, Aedes japonicus, Aedes koreicus*, *Anopheles petragnani* und *Culiseta longiareolata* (Werner et al. 2020). Drei von ihnen (*Ae. albopictus, Ae. japonicus, Ae. koreicus*) gelten als Vektoren wichtiger Krankheitserreger.

Ein wichtiges Instrument zur Erfassung des Vorkommens und der Verbreitung von Stechmücken in Deutschland ist das deutsche Stechmückenmonitoring, bestehend aus einem aktiven Ansatz (Fallenmonitoring und Larvalsammlungen) und einem passiven Ansatz (Citizen Science-Projekt Mückenatlas, www.mueckenatlas.com). Während das aktive Monitoring schwerpunktmäßig einheimische Stechmückenarten erfasst, zeichnet sich das passive Monitoring durch den schnellen Nachweis eingetragener gebietsfremder Arten aus. Zum Mückenatlas senden interessierte Bürgerinnen und Bürger aus dem gesamten Bundesgebiet Stechmücken, die von den verantwortlichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bestimmt und kartiert werden. Jeder Einsendende erhält eine persönliche Rückmeldung über das von ihm eingeschickte Tier. Die Homepage stellt Informationen rund um die Stechmücken ebenso wie aktuelle Verbreitungskarten, basierend auf den Daten aus dem Projekt, zur Verfügung. Der Mückenatlas lässt allerdings auch erkennen, dass viele Bürgerinnen und Bürger sich nicht darüber im Klaren sind, wie eine Stechmücke überhaupt aussieht. Etwa ein Viertel der Einsendungen enthalten Insekten anderer Ordnungen und Familien, die von den Einsendenden fälschlicherweise für Stechmücken gehalten werden

(pers. Mitteilung D. Werner, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg).

Ein bekanntes Beispiel für die Einschleppung und Ansiedlung gebietsfremder hämatophager Arthropoden mit Vektorkompetenz ist die Asiatische Tigermücke *Ae. albopictus*, eine wärmeliebende Art, die von einer Klimaerwärmung in Deutschland profitiert. Sie wurde erstmals 2007 in Form von Eiern in Deutschland nachgewiesen (Pluskota et al. 2008), seit 2011 auch als Adulttier (Werner et al. 2012). Im Jahr 2014 wurde erstmals Reproduktion belegt (Werner & Kampen 2015) und ab 2015 Überwinterung (Walther et al. 2017). Gegenwärtig existieren mehrere stabile Populationen in Deutschland, die meisten am klimabegünstigten Oberrhein (Abb. 2, www.fli.de/de/kommissionen/nationale-expertenkommission-stechmuecken-als-uebertraeger-von-krankheitserregern/). Die Asiatische Tigermücke ist ein hocheffizienter Überträger von über 20 Viren und von Dirofilarien (Paupy et al. 2009) und war in der jüngeren Vergangenheit in zahlreiche Ausbrüche von Dengue und Chikungunya in Südeuropa und von Zika in Südamerika involviert (Tomasello & Schlagenhauf 2013, Yakob & Walker 2016, Boyer et al. 2018). Die interkontinentale Verschleppung der Tigermücke erfolgt meist per Ei und Larve über den internationalen Gebrauchtreifen- und Zierpflanzenhandel (Paupy et al. 2009), der Eintrag nach Deutschland aber vermutlich eher über den Kraftfahrzeugfernverkehr aus Südeuropa (Becker et al. 2013), wo die Mücke schon weit verbreitet ist und teils hohe Populationsdichten erreicht.

Soweit bekannt, war die Tigermücke in Deutschland bisher an keiner Pathogen-Übertragung beteiligt. Ihr aus anderen Ländern und Experimenten bekanntes Vektorpotenzial lässt aber vor dem Hintergrund einer Klimaerwärmung eine zukünftige Übertragung befürchten, sollten Infektionsquellen, z.B. durch Reiserückkehrende aus Risikoländern, verfügbar sein.

Wenngleich nicht wärmeliebend und daher nicht unbedingt von einer Klimaerwärmung profitierend, repräsentieren die Asiatischen Buschmücken *Ae. japonicus* und *Ae. koreicus* zwei weitere invasive Stechmückenarten mit ernstzunehmendem Vektorpotenzial (Kampen & Walther 2018), die in Deutschland angekommen sind (Kampen et al. 2017, Hohmeister et al. 2021).

Als Vektoren des WNV sind invasive Stechmückenarten dagegen eher zu vernachlässigen; stattdessen sind für dessen Übertragung vornehmlich bestimmte Varianten der häufigsten und am weitesten verbreiteten einheimischen Stechmückenart *Culex pipiens* verantwortlich (Kampen et al. 2020). Dass das Virus mittlerweile auch in mehreren Stechmückenpools aus dem Freiland nachgewiesen werden konnte, u.a. sogar in überwinternden Stechmücken (Kampen et al. 2020, 2021), zeigt, dass es bereits ein gewisses Verbreitungslevel erreicht und sich etabliert hat, so dass man zukünftig mit weiteren Fällen rechnen muss.

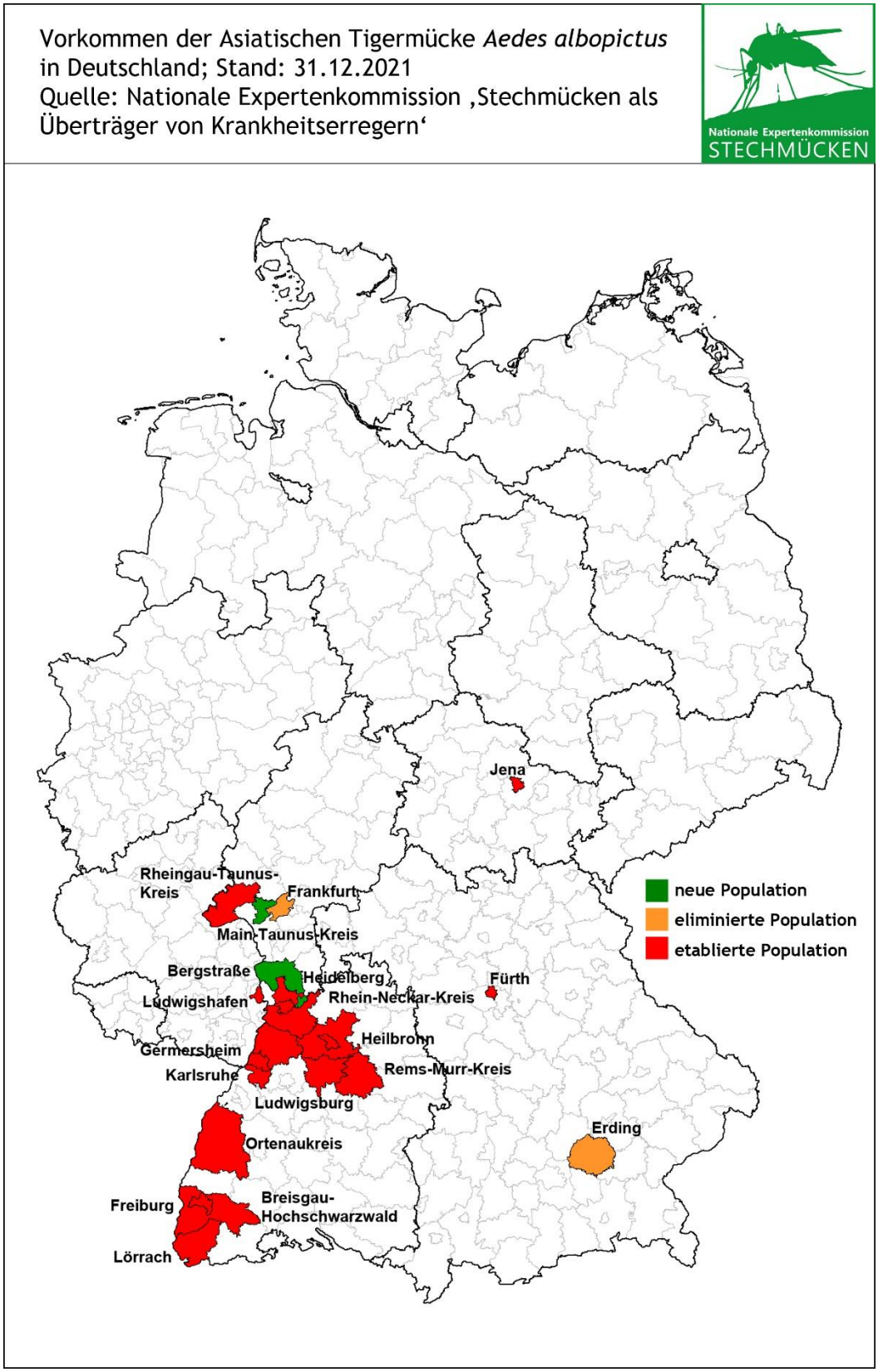


Abbildung 2: Vorkommen der Asiatischen Tigermücke *Ae. albopictus* in Deutschland auf der Basis von Landkreisen; Stand: 31.12.2021 (https://www.fli.de/de/kommissionen/nationale-expertenkommission-stechmuecken-als-uebertraeger-von-krankheitserregern).

Neben dem WNV kursieren weitere Stechmücken-assoziierte Arboviren in Deutschland. Eines davon ist das Sindbis-Virus (SINV), das für Vögel oft tödlich ist. In Deutschland ist es seit 2009 bekannt, als es in mehreren Stechmücken am Oberrhein gefunden wurde (Jöst et al. 2010). Die serologische Untersuchung zahlreicher Vögel hat gezeigt, dass Antikörper gegen SINV vornehmlich in heimischen Vogelarten vorhanden sind (Ziegler et al. 2019b). Seit der Erstentdeckung werden immer wieder SINV-positive Stechmücken im Rahmen von Pathogenscreening-Programmen gefunden. Eine Übertragung des Virus von Mücken oder Vögeln auf Menschen ist in Deutschland bisher nicht beschrieben (Ziegler et al. 2019b).

Wie das SINV ist auch das Usutu-Virus (USUV) sowohl mit Vögeln als auch mit Stechmücken assoziiert. Es führte 2011 in Deutschland zu einem massiven Amselsterben (Becker et al. 2012) und taucht seitdem regelmäßig in Stechmücken- und Vogelpopulationen in Deutschland auf (Michel et al. 2019). Im Jahr 2016 wurde bei einer routinemäßigen Kontrolle einer Blutspende eine Infektion des Spendenden mit USUV festgestellt. Da die betroffene symptomfreie Person in den vorangegangenen sieben Monaten weder im Ausland war, noch in den vorangegangenen drei Monaten die Region um Aachen verlassen hatte, liegt eine autochthone Infektion nahe (Cadar et al. 2017). Während symptomatische Infektionen in Deutschland noch nicht aufgetreten sind, kam es in Italien und Kroatien in der jüngeren Vergangenheit zu mehreren Erkrankungen unter Einbindung des Zentralnervensystems, vorwiegend jedoch bei splenektomierten oder anderweitig immungeschwächten Patientinnen und Patienten (Pecorari et al. 2009, Santini et al. 2015).

Ein weiteres gefürchtetes, Stechmücken-assoziiertes Virus, das zukünftig nach Europa gelangen könnte (Chevalier et al. 2010) und für das sowohl *Ae. albopictus* als auch *Cx. pipiens* und weitere invasive und einheimische Stechmückenarten vektorkompetent sind (Kampen & Walther 2018), ist das Rifttalfieber-Virus (RVFV). Die durch dieses Virus verursachte Krankheit nimmt beim Menschen meist einen grippeähnlichen Verlauf und klingt nach wenigen Tagen wieder ab. In seltenen Fällen kommt es jedoch zu Netzhautablösungen im Auge mit anschließender permanenter Erblindung. Auch die Entwicklung eines hämorrhagischen Fiebers ist möglich (WHO 2018). Das Virus hat sich in den letzten Jahren aus Zentralafrika bis auf die arabische Halbinsel ausgebreitet (Nielsen et al. 2020).

Neben Viren können Stechmücken in Europa auch Dirofilarien (*Dirofilaria immitis, D. repens*) übertragen, die vor allem bei Hunden als Endwirten zu schweren Krankheitsverläufen führen können. Wird der Mensch als so genannter Fehlwirt infiziert, kann es zum Befall innerer Organe wie der Lunge und deren Gefäßen kommen (McCall et al. 2008). Dirofilarien sind in Europe v.a. im Mittelmeerraum verbreitet, kommen aber — vermutlich als Folge des Klimawandels und der oft unkontrollierten Verbringung von Reservoirwirten (meist Hunde) (Genchi et al. 2011) — zunehmend häufig auch weiter nördlich vor. Sowohl *D. repens* als auch *D. immitis* wurden in Deutschland in Stechmücken nachgewiesen (Czajka et al. 2014,

Kronefeld et al. 2014), autochthone *D. repens*-Infektionen auch bei Hunden und einem Menschen (Sassnau et al. 2009, Tappe et al. 2014).

Zwar wurden in Deutschland neben dem WNV noch keine weiteren exotischen Viren durch Stechmücken übertragen, doch werden solche regelmäßig von Reiserückkehrenden mit ins Land gebracht, die insofern Infektionsquellen für hier vorkommende Stechmücken sein könnten. So verzeichnete das Robert-Koch-Institut (RKI) für 2020 insgesamt 26 eingetragene Fälle von Chikungunya-Fieber, die größtenteils eine Reiseanamnese in Thailand hatten. Im Zusammenhang mit dem eingeschränkten Fernreiseverkehr durch die COVID-19-Pandemie ist die Fallzahl etwas geringer ausgefallen als im Vorjahr, als 88 Fälle gemeldet worden waren (RKI 2021b). Für Dengue-Fieber verzeichnete das RKI 205 Fälle im Jahr 2020. Auch hier ist die Zahl COVID-19-bedingt sehr viel geringer (-83%) als im Vorjahr. Die Hauptinfektionsländer sind hier Thailand, Indonesien und Indien. Schwere Verläufe wurden nicht gemeldet (RKI 2021b). Auch wurden 2020 ingesamt 366 mit Malariaparasiten infizierte Personen gemeldet; 94% der Infektionen wurden in Afrika erworben. Im Jahr 2019 lag die Zahl der mit Plasmodien infizierten Reiserückkehrenden bei knapp 1000 (RKI 2021b).

1.3.2 Vektoren und Erreger in Deutschland: Zecken

Die für Deutschland verfügbaren Daten zur Zeckenfauna entstammen verschiedenen, meist regional beschränkten Einzelprojekten oder gehen auf die Einsendung von Zecken durch beunruhigte Bürgerinnen und Bürger zurück. Eine Zusammenstellung publizierter Daten kommt auf 21 etablierte Zeckenarten (Rubel et al. 2021, Anhang Tab. 2). Hinzu kommen drei Arten, die nicht heimisch sind, sondern alljährlich von Zugvögeln (*H. marginatum, Hyalomma rufipes*) bzw. Hunden (*Rhipicephalus sanguineus*), die mit ihren Besitzerinnen und Besitzern aus dem Urlaub in mediterranen Ländern oder anderen Regionen mit tropischem oder subtropischem Klima heimkehren, eingeschleppt werden (Chitimia-Dobler et al. 2019). *Hyalomma marginatum* und *H. rufipes* spielen eine große Rolle im natürlichen Übertragungszyklus des CCHFV zwischen Wirbeltieren und Zecken (Spengler & Estrada-Peña 2018).

Zecken können mehrere Krankheitserreger gleichzeitig beherbergen und übertragen.

Die hierzulande häufigste Art, der gemeine Holzbock *I. ricinus*, wurde in allen Bundesländern nachgewiesen (Rubel et al. 2021). Mit ihm sind primär das FSMEV sowie die Erreger der Borreliose korreliert. Das Auftreten von FSME breitete sich in den letzten Jahren geografisch aus, und die Fallzahlen stiegen (RKI 2021a). So gibt das RKI 704 FSME-Erkrankungen für das Jahr 2020 an — die bislang höchste Anzahl von Erkrankungen seit Beginn der Datenerfassung im Jahr 2001. Sie beträgt mehr als das Doppelte des jährlichen Medianwertes von 301 Erkrankungen (RKI 2021a). Der Anstieg wird in Zusammenhang mit der COVID-19-bedingten

Situation gesehen, die möglicherweise dazu geführt hat, dass Menschen sich aufgrund der Kontaktbeschränkungen in der Pandemie vermehrt in der Natur aufhielten (RKI 2021b). Anders sieht es bei der Borreliose aus. Da laut RKI die vorrangig erforderlichen Maßnahmen für Fortschritte in der Bekämpfung der Borreliose — die Standardisierung der Labordiagnostik und die Entwicklung therapeutischer Leitlinien — unabhängig von der genauen Zahl der Neuerkrankungen pro Jahr sind, liegen keine genauen Daten zu jährlichen Fallzahlen vor. Verschiedenen Studien zufolge infizieren sich jährlich zwischen 80.000 und 312.000 Menschen in Deutschland (RKI 2019).

In Deutschland gesammelte Zecken enthielten des Weiteren sechs *Rickettsia*-Arten, von denen fünf humanpathogen sind (Dobler & Wölfel 2009). Sie können verschiedene Arten von Fleckfieber verursachen, die in der Regel mit Antibiotika behandelbar sind (Dobler & Wölfel 2009).

Es gibt bisher keinen nach Richtlinien des CDC bestätigten Fall von Anaplasmose aus Deutschland (Silaghi & Pfeffer 2014). Da jedoch Seroprävalenzstudien zeigen, dass die deutsche Bevölkerung ebenfalls exponiert ist, ist wohl davon auszugehen, dass die Erkrankung unterdiagnostiziert wird. In Deutschland schwanken die Seroprävalenzen von 1,9% und 16%, je nach Anamnese, Zeckenbefall und Alter der Patienten (Silaghi & Pfeffer 2014).

Hyalomma-Arten sind die Überträger des CCHFV, das in Europa im östlichen mediterranen Raum vorkommt (Al-Abri et al. 2017). Larven und Juvenilstadien von *Hyalomma*-Zecken werden regelmäßig von Zugvögeln aus ihren natürlichen Verbreitungsgebieten nach Europa eingetragen (Hoogstraal et al. 1961), konnten sich im gemäßigten deutschen Klima bisher aber nur selten weiterentwickeln. Der erste publizierte Fund einer adulten *Hyalomma*-Zecke (*H. marginatum*) in Deutschland stammt aus dem Jahr 2006 (Kampen et al. 2007). Ein sprunghafter Anstieg der Nachweiszahlen für *H. marginatum* und *H. rufipes* war im Jahr 2018 zu verzeichnen (Abb. 3, Chitimia-Dobler et al. 2019, Hagedorn 2019), und eine bereits erfolgte Überwinterung wird vermutet (persönl. Mitteilung G. Dobler, Bundeswehrinstitut für Mikrobiologie, München).

Auch die heimische Art *Dermacentor reticulatus* breitet sich zunehmend nach Norden aus und wird von Rubel et al. (2021) als in allen Bundesländern vorkommend beschrieben. Dobler & Wölfel (2009) vermuten eine Korrelation zwischen *Rickettsia slovaca,* dem Erreger der sog. TIBOLA (Tick-borne lymphadenitis, eine fieberhafte Allgemeinerkrankung), und *D. reticulatus*, doch gibt es dazu keine aktuellen Daten. Mit der weiteren Ausbreitung der Vektorart ergeben sich möglicherweise zukünftig neue Krankheitsfälle.

Im Jahr 2019 trat in Deutschland der erste Verdachtsfall von Zeckenfleckfieber auf. Ein Pferdehalter aus Nordrhein-Westfalen wurde von einer Zecke der Gattung *Hyalomma* gestochen, die er entfernte und zur Untersuchung auf Krankheitserreger zur Universität

Hohenheim schickte. Es stellte sich heraus, dass die Zecke mit *Rickettsia aeschlimannii* infiziert war. Wenige Tage später kam der Pferdehalter mit Zeckenfleckfieber-Symptomen ins Krankenhaus, wo er erfolgreich behandelt wurde (Deutsches Ärzteblatt 2019).

Unklar ist noch der Zusammenhang der Ausbreitung der Taigazecke *Ixodes persulcatus*, einer deutlich effizienteren Überträgerin des FSMEV als *I. ricinus*, aus Osteuropa nach Westen mit klimatischen Veränderungen (Jaenson et al. 2016).

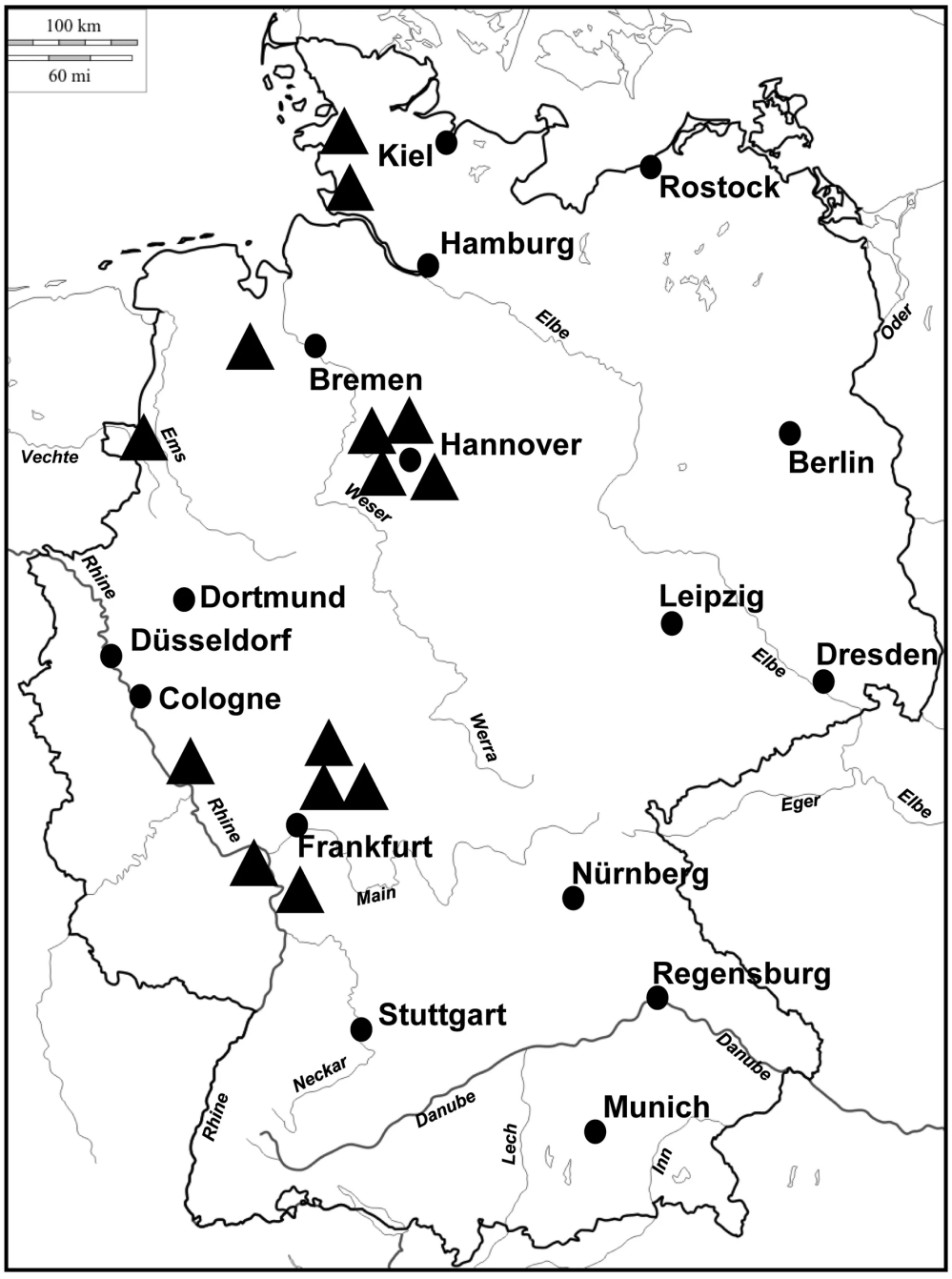


Abbildung 3: Nachweise von Zecken der Gattung *Hyalomma* im Jahr 2018 in Deutschland (aus Chitimia-Dobler et al. 2019).

Auch von Zecken übertragene Erreger können von Reisenden nach Deutschland eingeschleppt werden. Das RKI verzeichnete jedoch zuletzt 2009 zwei Fälle des CCHF, deren Erreger in Afghanistan bzw. der Türkei erworben wurden (RKI 2021b).

Wie im Fall der Stechmücken sind die über Zecken bekannten Daten ständigen Veränderungen unterworfen und müssen daher stetig aktualisiert werden.

2. Forschung zu Vektoren und Vektor-übertragenen Pathogenen

2.1 Forschungsaktivitäten

Die Kenntnisse zur Biologie von Stechmücken und Zecken sowie zu deren Vorkommen und Verbreitung in Deutschland konnte in der jüngeren Vergangenheit durch verschiedene Forschungsprojekte verbessert werden (ausführliche Projektliste im Anhang). Zu nennen sind bei den Stechmücken die vom Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BMEL) geförderten Projekte CuliMo1 und 2 sowie CuliFo1 und 2, die von bis zu sieben Projektpartnern aus ganz Deutschland durchgeführt wurden. Die Projekte bauten auf Erkenntnissen auf, die in zuvor abgeschlossenen, von RKI und BMEL geförderten Projekten des ZALF und des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI) zum Monitoring der einheimischen Stechmückenfauna und der Abschätzung des Vektorspektrums für die Übertragung/Verbreitung von WNV und RVFV gewonnen worden waren.

Das seit vielen Jahren von FLI und ZALF betriebene Stechmückenmonitoring wurde inzwischen in Form des Fallenmonitorings am FLI institutionalisiert. Die Verstetigung des passiven Stechmückenmonitorings durch den Mückenatlas am ZALF ist geplant. Ein Pathogen-Screening der Vektoren ist in den Programmen jedoch bisher nicht enthalten, sondern wird am FLI nur exemplarisch auf Projektbasis oder mit Hausmitteln durchgeführt. Am FLI werden des Weiteren Versuche mit invasiven und einheimischen Stechmückenarten zur Vektorkompetenz für Viren und Filarien durchgeführt.

Die Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) und die Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung (GfS) mit Sitz in Speyer sind vornehmlich in Südwestdeutschland aktiv und haben in mehreren, zum Teil internationalen, von der EU finanzierten Projekten (Klimopass 1 und 2, TIGER EWSMD) unter anderem die Einschleppung und Etablierung der Asiatischen Tigermücke *Ae. albopictus* entlang des Oberrheins und im Dreiländereck ‚Deutschland/Schweiz/Frankreich' untersucht.

Das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin (BNITM) in Hamburg untersuchte im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung invasiver Stechmücken in Deutschland mit einem Fokus auf Importwege und Etablierung.

Darüber hinaus werden ebenfalls umfangreiche Vektorkompetenzversuche mit Stechmücken und Viren durchgeführt.

Das Vorkommen und die Verbreitung von Zecken betreffend sind die Universität Hohenheim, die Tierärztlichen Hochschule Hannover und eine AG am Institut für Mikrobiologie der Bundeswehr, München, mit einem Langzeitmonitoring aktiv. Neuerdings hat das RKI einen vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) geförderten Zeckenatlas ins Leben gerufen, in dem die Verbreitung von Zecken und deren Durchseuchung mit Pathogenen erfasst werden soll (www.zepak-rki.de).

An der Universität Leipzig laufen sowohl Feldstudien zur Bestimmung und Modellierung der Zeckendichte in Deutschland als auch ein Projekt zur FSME in Deutschland. Hierbei wird die Virusprävalenz in der Zecke mit den Seroprävalenzen in Haus-, Nutz- und Wildtieren korreliert. Auch die Prävalenz von Antikörpern gegen das FSMEV bei Katzen und Füchsen in Deutschland wird untersucht.

Seit 2017 überwacht das FLI mit Hausmitteln die Verbreitung von Zecken der Gattung *Dermacentor* in Mecklenburg-Vorpommern und führt Laboruntersuchungen zur Vektorkompetenz von Zecken durch.

Neben dem erwähnten TIGER-Projekt existieren weitere internationale Kollaborationen auf EU-Ebene, um Zusammenhänge in Vektorpopulationen, deren Ausbreitungen über Ländergrenzen hinweg und mögliches Vektorpotenzial zu untersuchen. Der von der EU geförderte Expertenverbund COST (European Cooperation in Science and Technology) beschäftigt sich im Rahmen der Plattform ‚AIM' (*Aedes* Invasive Mosquitoes) über Ländergrenzen hinweg mit dem Problem invasiver Stechmückenarten. Führende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Europa beleuchten hier in verschiedenen Arbeitsgruppen nahezu alle Aspekte des Problems. Es geht um die Ökologie der betreffenden Arten ebenso wie um möglichst praktikable Bekämpfung, klimatische Einflüsse und Monitoring. Ziel des Programms ist es, Expertinnen und Experten europaweit zu vernetzen, das Bewusstsein für die Problematik in der Bevölkerung zu wecken, allgemeingültige Richtlinien zu entwickeln und medizinische Entomologinnen und Entomologen mit Blick auf invasive Stechmückenarten umfassend auszubilden. Die Aktivitäten finden unter deutscher Beteiligung statt.

Der von der EU geförderte Forschungsverbund *NorthTick* erforscht Zecken und von ihnen übertragene Krankheitserreger im Nordseeraum. Beteiligt sind mehrere Partner aus der EU, aus Deutschland die TiHo Hannover.

Für alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler besteht die Möglichkeit, Monitoringdaten zu Vektoren an das European Centre for Disease Prevention and Control (EDCD) mit Sitz in Stockholm zu melden. Diese Organisation erstellt mit den erhaltenen Daten

Verbreitungskarten zu ausgewählten Arten von Stechmücken, Zecken und anderen blutsaugenden Arthropoden, die als Vektoren gelten. Außerdem unterstützt sie, z.T. zusammen mit der European Food Safety Authority (EFSA), in verschiedenen Netzwerken (Eden, EDENext, V-Bornet, VectorNet) seit vielen Jahren das Networking zwischen europäischen Vektor-Expertinnen und -Experten aus verschiedenen Disziplinen (med. Entomologen, Human- und Veterinärmediziner, Epidemiologen, Public Health-Spezialisten, etc.) und leistet Aufklärungsarbeit. Ein Manko, das von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern beklagt wird, ist, dass die ECDC die für die Erstellung der Verbreitungskarten zur Verfügung gestellten Daten für sich beansprucht und freigibt, so dass Dritte mit diesen z.T. noch unveröffentlichten Daten arbeiten können, ohne die Urheberschaft der Daten dabei berücksichtigen zu müssen. In der Folge führte dieser Umstand dazu, dass Daten nicht mehr oder nur mit großer zeitlicher Verzögerung zur Verfügung gestellt wurden, mit der Konsequenz, dass die von der ECDC präsentierten Karten unvollständig oder nicht aktuell sind.

2.2 Hauptakteure der Vektorforschung in Deutschland

Verschiedene Arbeitsgruppen beschäftigen sich mit der Thematik Vektoren und durch sie übertragene Krankheitserreger. Bezogen auf die Stechmückenforschung sind zuvorderst FLI, BNITM, ZALF und KABS/GfS zu nennen, die in der jüngeren Vergangenheit immer wieder Projekte zu dem Thema eingeworben haben und es auf verschiedenen Ebenen erforschen. Zecken werden hauptsächlich an den Universitäten in Leipzig und Hohenheim, am Institut für Mikrobiologie der Bundeswehr, München, der Tierärztlichen Hochschule in Hannover, der Freien Universität Berlin sowie am FLI untersucht. Weitere Arbeitsgruppen, die sich mit der Vektorforschung befassen, findet man an den Universitäten in Gießen, Berlin, Frankfurt und Bielefeld. Die Firma Biogents mit Sitz in Regensburg hat sich sowohl der Entwicklung und dem Vertrieb von Stechmückenfallen als auch der Erforschung der damit verbundenen Verhaltensweisen der weiblichen Stechmücken verschrieben.

3. Informationsportale zu Vektoren und Vektor-übertragenen Pathogenen

Im Internet finden sich einige informative Seiten über Stechmücken und Zecken, die zum Teil von den bereits erwähnten Forschungsgruppen betrieben werden.

Bei den Stechmücken ist www.mueckenatlas.com eine hilfreiche Anlaufstelle. Hier finden Nutzerinnen und Nutzer Verbreitungskarten von Stechmückenarten, generelle Informationen

zur Biologie und Vektorrolle von Stechmücken und nützliche Hinweise zum Management von Stechmücken.

Eine weitere wichtige Internetseite ist die der Nationalen Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern' (www.fli.de/de/kommissionen/nationale-expertenkommission-stechmuecken-als-uebertraeger-von-krankheitserregern/informationen/), die in die Homepage des Friedrich-Loeffler-Instituts integriert ist. Hier finden vor allem Fachleute wertvolle und aktuelle Informationen, u.a. eine nach jeder Stechmückensaison aktualisierte Karte zum Vorkommen von *Ae. albopictus*-Populationen in Deutschland. Ebenso vorwiegend an Fachleute gerichtet ist der Internetauftritt der KABS, der eine Fülle an Informationen bereitstellt. Auf den Webseiten vieler anderer Einrichtungen wie Behörden, Universitäten etc. findet man ebenfalls hilfreiche Informationen über Vektoren. Diese sind jedoch nicht so umfangreich und leicht auffindbar wie die zuvor genannten Seiten, in deren Namen bereits das gesuchte Wort auftaucht. Gibt man das Stichwort „Tigermücke" in eine Suchmaschine ein, werden zahlreiche Medienportale aus den einzelnen Bundesländern vorgeschlagen, die, leider oft fehler- oder lückenhaft, über die Tigermücke berichtet haben. Man stößt hierbei auch auf den Internetauftritt des Hessischen Ministeriums für Soziales und Integration, der das Thema ‚Tigermücke' sehr umfassend und inhaltlich korrekt beleuchtet. Auf der Seite des Umweltbundesamts findet man neben allgemeinen Informationen zu Stechmücken und Zecken einen informativen und anschaulich gestalteten Flyer zur Tigermücke.

Auf www.zecken-radar.de wird auf ansprechende Art und Weise ein sehr guter Überblick über Zecken und die durch sie übertragenen Erreger, die daraus resultierenden Krankheiten und die Risikogebiete in Deutschland gegeben. Die Seite wird von der tick-radar GmbH aus Berlin betrieben. Auch www.zecken.de, eine vom Pharmakonzern Pfizer angebotene Seite, informiert umfangreich und kompetent, auch auf Social Media. Mit dem neuen Zeckenatlas bietet auch das RKI eine Internetseite an (www.zepak-rki.de), auf der, ähnlich wie beim Mückenatlas, Informationen rund um die Zecke und die mit ihr assoziierten Krankheiten zu finden sind. Mithilfe von Einsendungen durch Bürgerinnen und Bürger sollen in Zukunft Verbreitungskarten der einzelnen Zeckenarten in Deutschland entstehen. Ziel des Projektes ist es, neue Erkenntnisse über die Verbreitung von Zecken und in ihnen enthaltenen Erregern zu gewinnen und das Wissen der Bevölkerung zu dem Thema zu verbessern.

Der Internetauftritt www.infektionsschutz.de der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung thematisiert ausschließlich die wichtigsten durch Zecken übertragenen Krankheiten (FSME und Borreliose). Stechmücken als mögliche Infektionsquelle werden auf der ansonsten informativen Seite nicht berücksichtigt.

4. Vektormanagement

Die Begriffe ‚Entwesung', ‚Bekämpfung' und ‚Kontrolle' beschreiben im Zusammenhang mit Arthropoden Mittel und Maßnahmen zu deren Vernichtung oder Dezimierung. Sie reichen über physikalische Maßnahmen, die eigenständig umgesetzt werden können, und biologische/chemische Bekämpfungsmaßnahmen bis hin zu genetischen Ansätzen.

Zu den einfachen physikalischen Maßnahmen gegen Stechmücken und Zecken gehört angemessene Kleidung, die den Tieren das Stechen erschwert. Fenstergitter und ggf. Moskitonetze halten Stechmücken davon ab, in menschliche Wohnräume einzudringen und im Schlaf zu stechen.

Fallen werden zum Stechmückenmonitoring eingesetzt und können auch von Privatpersonen genutzt werden, um die Belästigung auf ihren Grundstücken gering zu halten. Mancherorts ist die Stechmückenplage so groß, dass Menschen ihren Garten nicht mehr zur Freizeitgestaltung nutzen können. Hier können Fallen Abhilfe schaffen. Gängige Stechmückenfallen werden mit einem Lockstoff betrieben, der vom Hersteller mitgeliefert wird und aus einem für Stechmücken attraktiven Duftpaket besteht sowie mit CO_2 als Lockstoff kombiniert werden kann. Durch ihre stetige Optimierung sind Fallen eine Option für die Reduktion von Stechmückendichten.

Eine wichtige Maßnahme zur Larvenbekämpfung, die jede Person leicht durchführen kann, die sich der Problematik bewusst ist, ist die Vernichtung von anthropogenen Kleinstgewässern, die synanthropen Stechmückenarten, wie der Gemeinen Hausmücke *Cx. pipiens* oder der Asiatischen Tigermücke *Ae. albopictus*, als Brutstätten dienen. Hierzu gehören alle Wasseransammlungen in kleinen, künstlichen Containern, wie beispielsweise Blumenvasen, Eimer, Gießkannen, Regentonnen oder Vogeltränken. Es würde auch die regelmäßige Entleerung oder ein Wasserwechsel in solchen Containern im Abstand von 7-10 Tagen reichen, um die Larvalentwicklung der Stechmücken zu unterbinden. Voraussetzung für die Ergreifung solcher Maßnahmen ist allerdings die Kenntnis der Biologie der Stechmücken und somit eine umfassende Aufklärung der Bevölkerung.

Zur Bekämpfung von Stechmückenlarven wird vielfach Bti-Toxin, eingesetzt, ein Eiweiß, das von dem sporenbildenden Bakterium *Bacillus thuringiensis israelensis* gebildet wird. Es kann in pelletierter Form großflächig über Brutgebieten von Stechmücken (z.B. Überflutungsgebiete an Flüssen) ausgebracht oder in Tablettenform in kleinere künstliche Container (z.B. Regentonen, Zisternen, Gullys) eingebracht werden. Nach Aufnahme mit der Nahrung zerstört es die Darmwand bestimmter Dipterenlarven, die daraufhin absterben. Besonders empfänglich sind die Larven von Stech- und Kriebelmücken. Andere Arten sollen bei genauer Dosierung des Mittels nicht in Mitleidenschaft gezogen werden, obwohl hierzu hitzige Diskussionen existieren. Die Spezifität des Mittels und auch die Notwendigkeit seines

Einsatzes wird v.a. von Umweltschützern angezweifelt, die hier einen gefährlichen Eingriff in das Nahrungsnetz sehen. Resistenzen gegen Bti-Toxin sind bis jetzt außerhalb von Laborversuchen nicht bekannt. Gegen Stechmückenlarven können auch Juvenilhormon-Präparate eingesetzt werden, die die Häutung und Weiterentwicklung der Larven unterbinden.

Bei adulten Stechmücken werden mehrere Ansätze zur Kontrolle erforscht und weiterentwickelt. In jüngster Zeit gewinnt die so genannte Sterile-Insekten-Technik (SIT) an Bedeutung. Individuen der zu bekämpfenden Art werden in großer Zahl im Labor gezüchtet. Die männlichen Puppen, die aufgrund ihrer Größe durch Siebtechniken von weiblichen separiert werden können, werden dann einer Bestrahlung mit Caesium 137 ausgesetzt, wodurch sie steril werden (Becker et al. 2022). Die geschlüpften Männchen werden an den Orten, an denen eine Dezimierung der Population erfolgen soll, in die Freiheit entlassen. Die dort vorkommenden Weibchen paaren sich mit den sterilen Männchen (Weibchen kopulieren i.d.R. nur einmal kurz nach dem Schlupf und bewahren die Spermien zeitlebens in speziellen Samentaschen auf), und legen daraufhin nur noch unbefruchtete Eier, was langfristig und umweltschonend gute Erfolge in der Populationskontrolle erbringt (Becker et al. 2022).

Auch die genetische Kontrolle von Stechmückenpopulationen wird intensiv erforscht. Hierfür werden Stechmücken mit Letalgenen gezüchtet, die langfristig zum Verschwinden der Population führen (Wang et al. 2021). Man kann die Mücken genetisch auch derart manipulieren, dass sie nicht mehr in der Lage sind, Pathogene zu übertragen (Wang et al. 2021). Genetische Modifikationen sind direkt bei der Mücke möglich oder auch bei deren Wolbachien, essenziellen Mikroorganismen, die symbiontisch in der Mücke leben. Eine Modifikation dieser Symbionten resultiert in einer so genannten zytoplasmatischen Inkompatibilität, was bedeutet, dass die Geschlechtszellen der infizierten Mücke nicht mehr mit denen eines nicht infizierten Tieres kompatibel sind und kein Nachwuchs entstehen kann (Wang et al. 2021). Wolbachien können ggf. auch die Replikation von Viren in der Mücke verhindern (Yakob & Walker 2016). Laborversuche haben gezeigt, dass *Wolbachia* in der Gelbfiebermücke *Ae. aegypti* die Vermehrung von Dengue-, Chikungunya- und Gelbfieber-Viren unterbinden kann (Yakob & Walker 2016).

Um Stechmückenpopulationen, die entweder zur Plage werden und/oder als Vektoren eine potenzielle Gefahr für die öffentliche Gesundheit darstellen, effizient einzudämmen, ist es unerlässlich, sie mit biologischen und/oder chemischen Mitteln — unterstützt durch physikalische Maßnahmen — zu bekämpfen. Stechmückenkontrolle in Deutschland wurde daher bisher physikalisch oder mit Hilfe von Bti-Toxin und SIT durchgeführt. Adultizide wurden niemals eingesetzt. Generell sind derzeit nicht viele Mittel zur Bekämpfung von Adulttieren zugelassen, die sowohl effizient als auch ökologisch vertretbar sind. Alle existierenden Adultizide gegen Stechmücken werden als ökologisch bedenklich eingestuft

und dürfen in Deutschland großflächig nicht eingesetzt werden. Zum einen wirken sie nicht artspezifisch, das heißt, dass viele andere Insektenarten in Mitleidenschaft gezogen werden, und zum anderen ist ihre Langzeitwirkung auf die Umwelt, und damit auch auf den Menschen, nicht bekannt. Auch geht man davon aus, dass gegen die chemischen Wirkstoffe relativ schnell Resistenzen entwickelt werden. Die WHO hat deshalb bereits 2017 auf die dringende Notwendigkeit der Erforschung von Mitteln und Ansätzen zur Stechmückenkontrolle hingewiesen. In der EU werden immer mehr Insektizide wegen ihrer Umweltgiftigkeit verboten, was letztendlich zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Ausbildung von Resistenzen gegen die verbleibenden Mittel führt (WHO 2017). Es gibt sogar Überlegungen, in der EU alle Adultizide zu verbieten. Im Fall eines Ausbruchs einer vektorübertragenen Krankheit stünden dann überhaupt keine Sprühmittel mehr zur Verfügung. Die Nationale Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern' wurde inzwischen vom UBA aufgefordert, eine Stellungnahme darüber abzugeben, unter welchen Bedingungen und in welchem Umfang im Falle eines Stechmücken-assoziierten Krankheitsausbruchs Adultizide eingesetzt werden könnten und sollten (pers. Mitteilung H. Kampen, FLI).

In Deutschland zulässige Mittel stehen auf der Liste der geprüften Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen, Krätzmilben und Kopfläusen gemäß §18 Infektionsschutzgesetz (IfSG). Hier findet man jeweils ein Mittel gegen Stechmückenlarven (das oben beschriebene Bti-Toxin der Culinex Becker GmbH) und eines gegen adulte Stechmücken. Letzteres ist ein Kontaktgift mit Sofort- und Langzeitwirkung zum Sprühen, das allerdings nur zur Desinsektion für den Innenraum von Flugzeugen und nur nach behördlicher Anordnung angewendet werden darf (pers. Mitteilung C. Kuhn, UBA). Wirkstoffe dieses Mittels der Frowein GmbH sind Permethrin und Tetramethrin. Aktuell existiert kein Adultizid, das im Freiland zur Bekämpfung von Stechmücken eingesetzt werden darf. Ebenso enthält die Liste kein Mittel gegen Zecken. Alle Mittel und Verfahren auf der Liste werden vom Umweltbundesamt auf Antrag oder von Amts wegen nur gemäß §18 IfSG anerkannt, wenn sie hinreichend wirksam sind und keine unvertretbaren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben. Sucht man auf der Homepage der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin nach aktuell nach dem Biozidverfahren zugelassenen Produkten, findet man 16 Mittel gegen Mücken und 59 gegen Zecken (Repellentien und Insektizide), die zur Anwendung bei Mensch und Tier geeignet sind und sich an die Endverbrauchenden richten.

Mehr noch als bei Stechmücken existiert hinsichtlich von Kontrollansätzen gegen Zecken Forschungsbedarf, denn gerade gegen diese gibt es kein ökologisch vertretbares Mittel, mit dem eine Eliminierung zuverlässig möglich ist. Handelsübliche Mittel für den Kleingarten enthalten Pyrethrum, das sowohl für andere Wirbellose als auch für Fische hochgiftig ist.

Parasitoide Erzwespen der Gattung *Ixodiphagus* werden als Möglichkeit der biologischen Schädlingsbekämpfung von Zecken in Betracht gezogen (Hu et al. 1998). Die Wespenweibchen injizieren ihre Eier in Larven oder Nymphen verschiedener Zeckenarten. Die sich entwickelnden Wespenlarven ernähren sich vom Blut, das die Wirtszecke aufnimmt, sowie von deren Organen, bis sie selbst ausgereift sind. Das Wirtstier stirbt spätestens, wenn die ausgewachsenen Wespen es nach ihrer Verpuppungsphase durch ein Loch in der Körperwand verlassen (Hu et al. 1998). Zur Effizienz und Praktikabilität dieser Möglichkeit fehlen genauere Untersuchungen. Gerade angesichts der fehlenden Kontrollmöglichkeiten ist eine umfassende Aufklärung der Bevölkerung unerlässlich. Alle Bürgerinnen und Bürger müssen sich der Tatsache bewusst sein, dass es ihnen selbst obliegt, sich adäquat zu schützen. Lange Kleidung und das Absuchen des eigenen Körpers nach einem Aufenthalt in der Natur sollten in ausgewiesenen Zecken-Risikogebieten selbstverständlich sein.

Um der Problematik der Kontrolle von Vektorpopulationen angemessen zu begegnen und im Fall einer Epidemie mit einem durch Arthropoden übertragenen Erreger adäquat reagieren zu können, müssen professionelle Schädlingsbekämpferinnen und -bekämpfer in die Lage versetzt werden, Stechmückenkontrolle sachgemäß durchzuführen. Die Expertise der deutschen Schädlingsbekämpferinnen und -bekämpfer richtete sich in der Vergangenheit aber vornehmlich gegen Vorratsschädlinge und Lästlinge wie Nager, Tauben, Ameisen oder gelegentlich Bettwanzen, weniger gegen Stechmücken und Zecken. Deren Bekämpfung wird auf der Homepage der Schädlingsbekämpferverbände nicht thematisiert. Tatsächlich fehlen den meisten deutschen Unternehmen der Schädlingsbekämpferbranche entsprechende Expertise und Erfahrung. Da diese gerade im Hinblick auf die sich in Deutschland ausbreitende Asiatische Tigermücke aber unbedingt benötigt wird, hat sich die Nationale Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern' mit dem Deutschen Schädlingsbekämpfer Verband e.V. (DSV) in Verbindung gesetzt, um Fortbildungsmaßnahmen für Praktizierende durchzuführen.

5. Gesetzliche Grundlagen und Informationsketten in den Bundesländern

5.1 Aktuelle Situation

Prävention und Bekämpfung von Infektionserregern in Deutschland sind Ländersache. Das zugrundeliegende IfSG regelt aber nicht den Umgang mit potenziellen Vektoren, solange sie noch nicht als Überträger von Infektionserregern in Erscheinung getreten sind. Insofern werden von Land zu Land ganz unterschiedliche Maßstäbe der Beobachtung und Kontrolle angesetzt; ebenso liegen die Zuständigkeiten hierfür in ganz unterschiedlichen Ressorts,

soweit sie überhaupt geklärt sind. Wird eine Vektorpopulation im Rahmen eines Monitoringprogramms in einem Bundesland festgestellt und den dortigen Behörden gemeldet, bleibt diesen das weitere Vorgehen überlassen. Maßnahmen können, aber müssen nicht ergriffen werden. Laut §17, Abs. 2, IfSG obliegt es der ‚zuständigen Behörde, zur Bekämpfung erforderliche Maßnahmen anzuordnen', wenn Gesundheitsschädlinge festgestellt werden und die Gefahr begründet ist, dass durch sie Krankheitserreger verbreitet werden. Was ein Gesundheitsschädling ist und wann genau eine Gefahr begründet ist, bleibt jedoch Auslegungssache.

Zur Bekämpfung der Tigermücke existieren beispielsweise keine bundesweit einheitlichen gesetzlichen Vorgaben. Weder das IfSG noch andere Regularien bieten in den meisten Ländern eine Handlungsgrundlage. Solange kein Krankheitserreger nachgewiesen ist und nur das Auftreten der Asiatischen Tigermücke angezeigt wird, liegt es im Ermessen der betroffenen Länder, Landkreise und Kommunen, im Sinne der Prävention, aber entsprechend den Naturschutzauflagen, erforderliche Maßnahmen zu ergreifen. Die Beurteilung der Situation und die Ergreifung von Maßnahmen gegen potenzielle Vektoren ist insofern subjektiv beeinflusst und mit dem wissenschaftlichen Kenntnisstand der verantwortlichen Amtsträgerin/des verantwortlichen Amtsträgers oder der politischen Schwerpunktsetzung der zuständigen Behörde korreliert. Die Finanzierung der angeordneten Maßnahmen erfolgt in jedem Fall durch die Landkreise bzw. Kommunen. Für den Einsatz von Insektiziden auf öffentlichem Gelände muss i.d.R. eine Genehmigung durch die Untere Naturschutzbehörde erteilt werden.

Nach einigen Schlüsselereignissen (z.B. der unerwartete plötzliche Ausbruch der Blauzungenkrankheit im Jahr 2006 in Mitteleuropa und das Auftreten von Dengue- und Chikungunya-Fällen in Südeuropa nach der Etablierung der Asiatischen Tigermücke) und der Erkenntnis, dass Deutschland vektorvermittelten Ausbrüchen gegenüber schlecht gewappnet ist, entwickeln sich einige Strukturen langsam neu, i.W. aber auf Initiative und in Eigenregie der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die die Mängel schon länger erkannt haben. Während das Monitoring von Stechmücken und Zecken aktuell wissenschaftlich vorangetrieben wird, fehlen übergeordnete Bekämpfungskonzepte und Expertise in der praktischen Durchführung von Kontrollmaßnahmen.

Seit 2016 besteht eine Labormeldepflicht für Arbovirosen (RKI 2016); das Vorkommen und die Ansiedlung der Vektoren der Viren muss aber nicht gemeldet werden. Die Sammlung entsprechender Verbreitungsdaten übernehmen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler; ein nationales Zentralregister o.ä. für Vektoren existiert nicht.

Eklatante Lücken existieren auch in der dringend notwendigen Aufklärungsarbeit für Behörden, Entscheidungstragende und die Bevölkerung. Die Nationale Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern', die von FLI, RKI und UBA ins Leben

gerufen wurde, hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, die Öffentlichkeit, vor allem aber Landes- und Kommunalbehörden, mit Informationen und Beratung zu Stechmücken und deren Management zu versorgen. Über diese Kommission werden auch Nachweise der Ansiedlung der Asiatischen Tigermücke aus dem deutschen Stechmücken-Monitoringprogramm an die zuständigen Landes- und Kommunalbehörden übermittelt. Eine Rückmeldung über das weitere Prozedere, z.B. lokal oder regional ergriffene Maßnahmen und das weitere Schicksal der Vektorpopulation, die im epidemiologischen Gesamtkontext wichtig wäre, erfolgt i.A. nicht.

Schon dadurch, dass sowohl die führenden Monitoringakteure sowie das RKI in der Expertenkommission vertreten sind, ist gewährleistet, dass auch das RKI Daten und Informationen über neue und gesundheitspolitisch relevante Stechmückenentwicklungen zeitnah erhält. Außerdem erstellt die Expertenkommission postsaisonal Karten, die das Auftreten von *Ae. albopictus*-Populationen in Deutschland zeigt. Ein geografischer Abgleich des Vorkommens der Tigermücke mit potenziellen Infektionsquellen ist also möglich. Strukturen und Aktivitäten auf Bundesebene, wie durch die Nationale Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern' realisiert, existieren für Zecken nicht.

5.2 Der Umgang mit Vektoren in den Bundesländern

Zur Ermittlung des Umgangs mit Vektoren und Vektor-assoziierten Krankheiten in den einzelnen Ländern erhielten die entsprechenden Behörden aller Bundesländer im Rahmen der Berichterstellung per E-Mail dieselben vier Fragen:

1. Gibt es in Ihrer Institution eine Person, in deren Aufgabenbereich die Handhabung von Vektorpopulationen und eventueller Ausbrüche von Krankheiten liegt, deren Erreger durch Vektoren (Zecken, Mücken, etc.) übertragen werden?
2. Arbeitet Ihre Institution mit Experten zusammen, die über die aktuelle Situation potenziell gefährlicher Vektoren im Bilde sind?
3. Gibt es in Ihrem Bundesland vielleicht sogar schon rechtliche Grundlagen für den Umgang mit Vektorpopulationen?
4. Wie sieht die Informationskette aus, sollte sich in Ihrem Zuständigkeitsbereich ein vektoriell bedingter Krankheitsfall ergeben?

6. Mängel und Probleme im Umgang mit Vektoren in Deutschland

- Einschlägige Forschung fehlt v.a. in der Vektorkontrolle und -bekämpfung. Innovative, umweltverträgliche und effektive Möglichkeiten der Stechmücken- und Zeckenbekämpfung sind nicht nur im Seuchenfall gefragt. Methoden zur genetischen Kontrolle von Stechmücken und Zecken, die aktuell international propagiert werden und die Freilassung genetisch modifizierter Organismen einschließen würden, wären in Deutschland bestenfalls unter endemischen Bedingungen akzeptabel. Biologische Methoden, wie die SIT, wären dagegen weiterzuentwickelnde Alternativen. Des Weiteren sollten Grundlagenforschung zur Biologie von Vektoren und zur Resistenzbildung gegen Insektizide gefördert werden. Eine stärkere Einbindung des Öffentlichen Gesundheitsdienstes in Forschung und Monitoring wäre wünschenswert.
- Aufgrund der strengen Biozidrichtlinien sind in der EU keine Mittel zur Bekämpfung von adulten Stechmücken im Freiland zugelassen. Unter klar definierten Bedingungen sollten hier Optionen für den Seuchenfall zur Verfügung stehen.
- In der Bevölkerung, aber auch bei Behördenvertretern und in der Ärzteschaft, ist das Bewusstsein für und der Informationsstand über Vektoren unzureichend. Generell fehlt Basiswissen zur Biologie von Stechmücken und Zecken, auch unter dem Aspekt des Klimawandels, als Voraussetzung zum Selbstschutz (z.B. Vermeidung von Brutstätten) bzw. zur Einleitung von Maßnahmen. Auch bei passender Symptomatik wird die Möglichkeit einer Arbovirus-Infektion diagnostisch oft unberücksichtigt gelassen, da diese im Bewusstsein der Ärzteschaft noch unzureichend verankert ist.
- Meldewege zum Nachweis gebietsfremder Vektoren sind nicht definiert und einheitlich. Art und Modus der Weitergabe von Informationen über die Asiatische Tigermücke *Ae. albopictus* an die betroffenen Landes- und Kommunalbehörden durch die Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern' wurden kommissionsintern festgelegt. In der Vergangenheit entstand aber oft der Eindruck, dass die Landesbehörden die Information nicht gestreut, sich nicht mit den zuständigen Kommunalbehörden in Verbindung gesetzt und sich mit dem Problem nicht weiter auseinandergesetzt haben. So entstanden Sackgassen in der Meldekette. Eine Rückmeldung über das weitere Prozedere auf Landes- oder Kommunalebene, wie etwa getroffene Maßnahmen, Bekämpfungserfolg und das weitere Schicksal der *Ae. albopictus*-Populationen an die Kommission erfolgte generell nur ausnahmsweise, obwohl solche für die epidemiologische Gesamtbewertung auf übergeordneter Ebene enorm wichtig wären. Strukturen und systematische Informationsweitergabe, wie durch die Stechmücken-Kommission realisiert, fehlen völlig bezüglich Zecken.

- Zentrale(n) Stelle(n), an denen Meldungen zum Nachweis von gebietsfremden Vektoren oder zu anderen auffälligen Entwicklungen von Vektorpopulationen zusammenlaufen, sind nicht existent. Die Geschäftsführung der Expertenkommission ‚Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern' verfügt z.B. nur über Informationen aus dem FLI/ZALF-gebundenen Stechmückenmonitoring. Darüberhinausgehende Nachweise, d.h. Nachweise, die nicht im verstetigten bundesfinanzierten Monitoring erfolgen, werden bestenfalls auf Nachfrage am Ende des Jahres gemeldet, wenn die Aktualisierung der Verbreitungskarte der *Ae. albopictus*-Populationen in Deutschland ansteht.
- Es fehlen (z.B. interministerielle) Bundesgremien oder Bund-Länder-Kommissionen, die sich regelmäßig – unter Einbindung von Fachleuten mit Vektorspezialwissen – zum Thema Vektoren/Vektor-assoziierte Krankheiten austauschen und bei Bedarf Aktivität auf Bundes- oder Länderebene anregen bzw. initiieren.
- Wenige Bundesländer verfügen über Mitarbeitende mit Expertise und Erfahrung auf den Gebieten der Medizinischen Entomologie und der Vektorbiologie. Zur Entscheidungshilfe und Planung/Beaufsichtigung des Vektormanagements könnten durch Bund oder Länder eingesetzte, mit Expertinnen und Experten besetzte Task Forces herangezogen werden.
- Aufgrund der sich erst in den letzten Jahren wieder zuspitzenden Situation existiert auf dem freien Markt kaum Expertise in der Vektorkontrolle. Zeckenbekämpfung lag nie, Stechmückenbekämpfung jahrzehntelang in Deutschland nicht mehr im Portfolio von Einrichtungen zur Schädlingsbekämpfung. Stechmückenbekämpfung (in diesem Fall von einheimischen Überschwemmungsmücken) wurde in Deutschland in der Vergangenheit routinemäßig nur am Oberrhein durch die KABS, einem Interessenverband Stechmücken-geplagter Kommunen, durchgeführt.
- Das Fach ‚Medizinische Entomologie', das in Deutschland einstmals durch zahlreiche international renommierte Wissenschaftler sowie Hochschullehrer repräsentiert war, wird mittlerweile an den meisten Universitäten allenfalls noch als Randgebiet der Parasitologie abgehandelt, für das das Curriculum kaum Zeit vorsieht. Gut ausgebildete und erfahrene Lehrende für das Fachgebiet sind Mangelware, Nachwuchs kann folglich kaum ausgebildet werden.
- Das notwendige frühzeitige Management neu angesiedelter bzw. sich ausbreitender hocheffizienter und gefährlicher Vektoren findet in der Gesetzgebung keine Berücksichtigung. Dass *Ae. albopictus* und *Hyalomma* spec. lebensbedrohliche Krankheitserreger z.T. epidemieartig übertragen können, ist ebenso bekannt wie dass die Populationsdichte der Vektoren und die Anzahl an Infektionsquellen einen

wesentlichen Beitrag zur Wahrscheinlichkeit einer Übertragung leisten. Konsequenterweise sollte die Kontrolle/Bekämpfung von Vektorpopulationen frühzeitig initiiert werden, damit diese (im Idealfall) wieder eliminiert oder zumindest auf niedrigem Populationsniveau gehalten werden können. Frühzeitige Vektorbekämpfung/-reduktion und die daraus resultierende Limitierung von Krankheitsfällen sind nachgewiesenermaßen ökonomischer als die Gesundheitsfürsorge in einem Ausbruchsszenario ohne vorangegangene Vektorbekämpfung.

- Im Gegensatz zu Vektor-assoziierten Krankheiten ist in vielen Landes- und Kommunalbehörden nicht geklärt, welches Ministerium, Amt oder Referat für das Management von Vektoren zuständig ist. Die Klärung der Zuständigkeit (möglich sind Gesundheits-, Veterinär-, Umwelt-/Naturschutz-, Verbraucherschutz- und Ordnungsressorts) erfolgt oft erst, nachdem die Ansiedlung gebietsfremder Vektoren gemeldet wurde. Ebenso fehlen in den Behörden klare Regelungen, die den Umgang mit Vektoren festlegen. Diese Zustände führen häufig dazu, dass wertvolle Zeit verloren geht und das Management der Vektoren erst zu einem Zeitpunkt in Angriff genommen werden kann, wenn die Populationsdichten bereits so hoch sind, dass eine Eliminierung nicht mehr möglich ist.

7. Fazit

Der aktuelle Umgang mit der Problematik der Vektoren und den von ihnen übertragbaren Krankheitserregern in Deutschland ist deutlich optimierbar. Vielerorts und in vielen Bereichen fehlen grundlegende Daten, Strukturen und Richtlinien, aber auch Expertise, sowie ein Bewusstsein für das Thema und, schlussendlich, auch Information.
In den einzelnen Bundesländern wird das Thema sehr unterschiedlich behandelt, vermutlich nicht zuletzt wegen des unterschiedlichen Engagements und Interesses der zuständigen Mitarbeitenden, aber auch weil kritische Situationen mit Vektoren bisher nur in wenigen Bundesländern aufgetreten sind. So hat sich die Asiatische Tigermücke bisher z.B. nur in Hessen, Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen und Rheinland-Pfalz angesiedelt. In einigen Ländern existieren klar definierte Rechtsgrundlagen zum Umgang mit Vektoren (Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg). In Sachsen ist eine entsprechende Verordnung in Arbeit.

Die Behörden der meisten Länder sind offenbar mit externen Expertinnen und Experten vernetzt, um im Fall eines Ausbruchs einer vektorbedingten Krankheit auch bezüglich des Vektormanagements angemessen reagieren zu können. In ungefähr der Hälfte der Länder

sind bestimmte Mitarbeitende, Kommissionen oder Referate für Vektoren und durch sie übertragene Krankheitserreger zuständig. Nach dem Umgang mit Vektorpopulationen gefragt, schilderten die Vertreterinnen und Vertreter der meisten Länder das Vorgehen im Fall eines vektoriell bedingten Krankheitsausbruchs, was den Schluss nahelegt, dass das Vorhandensein von Vektoren ohne einen (humanen) Krankheitsfall von untergeordnetem Interesse ist. Hinweisen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf bestehende Populationen wird nur zum Teil nachgegangen. Dieses Vorgehen kann in Zukunft zum Problem werden, da eine Bekämpfung von Vektorpopulationen im frühen Stadium ihrer Ansiedlung/Ausbreitung die höchste Effizienz hat und letzten Endes kostengünstiger als die Versorgung von Krankheitsfällen ist.

Positiv anzumerken ist die bereits bestehende Zusammenarbeit in Form wissenschaftlicher Projekte zwischen Universitäten und Landesbehörden, wie z.B. zwischen der Tierärztlichen Hochschule in Hannover und dem LAVES bzw. dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt (siehe Projektliste im Anhang).

Von Vertreterinnen und Vertretern der Wissenschaft und der Behörden, die im Zuge der Recherchen für den vorliegenden Bericht befragt wurden, wurde die Wichtigkeit der Kommunikation und des Informationsaustausches auf Bundes- und Länderebene (z.B. interministeriell zwischen Gesundheits-, Landwirtschafts- und Umweltministerium), aber auch zwischen Bund und Ländern hervorgehoben. Verantwortliche aus Bund und Ländern sollten sich in regelmäßigen Abständen zum Thema austauschen und abstimmen. Mögliche Foren wären hier z.B. die Bund/Länder-Arbeitsgruppe ‚Gesundheitliche Anpassung an den Klimawandel' oder die Arbeitsgruppen der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) (z.B. die AG ‚Umweltbezogener Gesundheitsschutz').

Da der Umgang mit Vektoren nicht gesetzlich festgelegt ist, werden viele Informationen, die nicht nur für die konkrete Situation, sondern auch für die epidemiologische Gesamtbewertung und die Risikoanalyse relevant wären, nicht weitergegeben und gehen verloren.

Wichtig wäre auch die erneute Integration des Fachs ‚Medizinische Entomologie' in den Lehrplan der Universitäten, denkbar als Masterstudiengang, denn die Ausbildung von Nachwuchs ist seit Jahren als problematisch zu sehen. Das Fach ‚Medizinische Entomologie' wird derzeit an den Universitäten kaum noch gelehrt; im besten Falle nimmt es einen kleinen Teil der parasitologischen Ausbildung ein. Lehrende mit einer entsprechenden Venia Legendi und breitgefächerter einschlägiger Erfahrung sind Mangelware.

8. Literatur

Al-Abri SS et al. (2017) Current status of Crimean-Congo haemorrhagic fever in the World Health Organization Eastern Mediterranean Region: issues, challenges, and future directions. Int J Infect Dis 58: 82-89

Alves MJ et al. (2013) Clinical presentation and laboratory findings for the first autochthonous cases of dengue fever in Madeira Island, Portugal, October 2012. Euro Surveill 18: 20398

Barzon L et al. (2021) Autochthonous dengue outbreak in Italy 2020: clinical, virological and entomological findings. J Travel Med 28: taab130

Becker N et al. (2012) Epizootic emergence of Usutu virus in wild and captive birds in Germany. PLoS ONE 7: e32604

Becker N et al. (2013) Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. Parasitol Res 112: 1787-1790

Becker N et al. (2022) Integrated control of *Aedes albopictus* in Southwest Germany supported by the sterile insect technique. Parasit Vectors 15: 9

Boyer S et al. (2018) An overview of mosquito vectors of Zika virus. Microbes Infect 20: 646-660

Cadar D et al. (2017) Blood donor screening for West Nile virus (WNV) revealed acute Usutu virus (USUV) infection, Germany, September 2016. Euro Surveill 22: 30501

Chevalier V et al. (2010) Rift Valley fever — a threat for Europe? Euro Surveill 15: 19506

Chitimia-Dobler L et al. (2019) Imported *Hyalomma* ticks in Germany in 2018. Parasit Vectors 12: 134

Conraths FJ et al. (2009) Epidemiology of bluetongue virus serotype 8, Germany. Emerg Infect Dis 15: 433-435

Czajka C et al. (2014) Stable transmission of *Dirofilaria repens* nematodes, northern Germany. Emerg Infect Dis 20: 328-331

Deutsches Ärzteblatt (2019) Forscher: *Hyalomma*-Zecke überträgt Fleckfieber in Deutschland. https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/105324/Forscher-Hyalomma-Zecke-uebertraegt-Fleckfieber-in-Deutschland. Abgerufen am 23.02.2022

Dobler G & Wölfel R (2009) Fleckfieber und andere Rickettsiosen. Dtsch Ärztebl Int 106: 348-354

ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control (2013) Epidemiological situation of rickettsioses in EU/EFTA countries. Stockholm: ECDC; 2013.

https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/Rickettsioses_2010_final.pdf

ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control (2021a) Autochthonous transmission of dengue virus in mainland EU/EEA, 2010-present. https://www.ecdc.europa.eu/en/all-topics-z/dengue/surveillance-and-disease-data/autochthonous-transmission-dengue-virus-eueea. Abgerufen am 23.02.2022

ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control (2021b) West Nile virus in Europe in 2021 – human cases, updated 16 September 2021. https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/west-nile-virus-europe-2021-human-cases-updated-16-september-2021. Abgerufen am 23.02.2022

ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control (2021c) Crimean-Congo haemorrhagic fever. ECDC, Annual epidemiological report for 2019. Stockholm: ECDC: 2021

ECDC: European Centre for Disease Prevention and Control (2021d) Tick-borne encephalitis. ECDC, Annual Epidemiological Report for 2019. Stockholm: ECDC: 2021

Eichenlaub D (1979) Malaria in Deutschland. Bundesgesundheitsbl 22: 8-13

Fang R et al. (2017) Rickettsiae as emerging infectious agents. Clin Lab Med 37: 383-400

Frank C et al. (2016) Sexual transmission of Zika virus in Germany, April 2016. Euro Surveill 21: 30252

Genchi C et al. (2011) Dirofilarial infections in Europe. Vector-Borne Zoonot Dis 11: 1307-1317

Giron S et al. (2019) Vector-borne transmission of Zika virus in Europe, southern France, August 2019. Euro Surveill 24: 1900655

Gjenero-Margan I et al. (2011) Autochthonous dengue fever in Croatia, August-September 2010. Euro Surveill 16: 19805

Hagedorn D (2019) Fund von Zecken der Gattung *Hyalomma* in Deutschland. Epid Bull 7: 70-71

Hohmeister et al. (2021) The invasive Korean bush mosquito *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in Germany as of 2020. Parasit Vectors 14: 575

Hoogstraal H et al. (1961) Ticks (Ixodoidea) on birds migrating from Africa to Europe and Asia. Bull World Health Organ 24: 197-212

Hu R et al. (1998) A review on the use of *Ixidophagus* wasps (Hymenoptera: Encyrtidae) as natural enemies for the control of ticks (Acari: Ixodidae). Syst Appl Acarol 3: 19-28

Jaenson TG et al. (2016) First evidence of established populations of the taiga tick *Ixodes persulcatus* (Acari: Ixodidae) in Sweden. Parasit Vectors 9: 377

Jöst H et al. (2010) Isolation and phylogenetic analysis of Sindbis viruses from mosquitoes in Germany. J Clin Microbiol 48: 1900-1903

Kamiya T et al. (2019) Temperature-dependent variation in the extrinsic incubation period elevates the risk of vector-borne disease emergence. Epidemics 30: 100382

Kampen H et al. (2007) Detection of a questing *Hyalomma marginatum marginatum* adult female (Acari, Ixodidae) in southern Germany. Exp Appl Acarol 43: 227-231

Kampen H et al. (2012) Culicid mosquitoes as vectors of disease agents in Europe. Parasitol Res Monogr 10: 1-30

Kampen H et al. (2017) Emerging mosquito species in Germany — a synopsis after 6 years of mosquito monitoring (2011-2016). Parasitol Res 116: 3253-3263

Kampen H et al. (2021) First evidence of West Nile virus overwintering in mosquitoes in Germany. Viruses 13, 2463

Kampen H et al. (2020) West Nile virus mosquito vectors (Diptera: Culicidae) in Germany. Viruses 12: 493

Kampen H & Walther D (2018) Vector potential of mosquito species occurring in central Europe. Parasitol Res Monogr 10: 41-68

Kronefeld M et al. (2014) Molecular detection of *Dirofilaria immitis, Dirofilaria repens* and *Setaria tundra* in mosquitoes from Germany. Parasit Vectors 7: 30

Kuehnert P et al. (2021) Crimean-Congo hemorrhagic fever virus (CCHFV): A silent but widespread threat. Curr Trop Med Rep 8: 141-147

Lazzarini L et al. (2020) First autochthonous dengue outbreak in Italy, August 2020. Euro Surveill 25: 2001606

Liu-Helmersson J et al. (2016) Climate change and *Aedes* vectors: 21st century projections for dengue transmission in Europe. EBioMedicine 7: 267-277

Lohr B et al. (2017) Humane Babesiose: Ein kurzer klinisch-mikrobiologischer Steckbrief. GMS Z Forder Qualitatssich Med Lab 8: Doc04

Matei IA et al. (2019) A review on the eco-epidemiology and clinical management of human granulocytic anaplasmosis and its agent in Europe. Parasit Vectors 12: 599

McCall JW et al. (2008) Heartworm disease in animals and humans. Adv Parasitol 66: 193-285

Michel F et al. (2019) Evidence for West Nile virus and Usutu virus infections in wild and resident birds in Germany, 2017 and 2018. Viruses 11: 674

Musso D et al. (2019) Zika virus infection — after the pandemic. N Engl J Med 381: 1444-1457

Naucke TJ & Pesson B (2000) Presence of *Phlebotomus* (*Transphlebotomus*) *mascittii* Grassi, 1908 (Diptera: Psychodidae) in Germany. Parasitol Res 86, 335-336

Nielsen SS et al. (2020) Rift Valley fever — epidemiological update and risk of introduction into Europe. EFSA J 18: e06041

Oerther S et al. (2020) Phlebotomine sand flies in Southwest Germany: an update with records in new locations. Parasit Vectors 13: 173

Paupy C et al. (2009) *Aedes albopictus*, an arbovirus vector: from the darkness to the light. Microb Infect 11: 1177-1185

Pecorari M et al. (2009) First human case of Usutu virus neuroinvasive infection, Italy, August-September 2009. Euro Surveill 14: 19446

Petersen LR et al. (2013) West Nile virus: review of the literature. JAMA 310: 308-315

Pietsch C et al. (2020) Autochthonous West Nile virus infection outbreak in humans, Leipzig, Germany, August to September 2020. Euro Surveill 25: 2001786

Pluskota B et al. (2008) First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. Eur Mosq Bull 26: 1-5

Ratte HT (1984) Temperature and insect development. In: Hoffmann KH (ed), Environmental Physiology and Biochemistry of Insects. Springer, Berlin, Heidelberg: 33-66

Remadi L et al. (2018) The vector competence of *Phlebotomus perniciosus* for *Leishmania infantum* zymodemes of Tunisia. Parasitol Res 117: 2499-2506

Rezza G et al. (2007) Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. Lancet 370: 1840-1846

Rezza G (2018) Chikungunya is back in Italy: 2007-2017. J Travel Med 2018: 1-4

RKI (2016) IfSG-Meldepflicht-Anpassungsverordnung: Zur Umsetzung der neuen Meldepflichten. Epid Bull 16: 135-136

RKI (2019) Lyme-Borreliose. www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_LymeBorreliose.html. Abgerufen am 23.02.2022

RKI (2021a) FSME: Risikogebiete in Deutschland (Stand: Januar 2021). Epid Bull 9: 3-20

RKI (2021b) Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2020 Robert Koch-Institut, Berlin

Rubel F et al. (2021) Atlas of ticks (Acari: Argasidae, Ixodidae) in Germany. Exp Appl Acarol 84: 183-214

Santini M et al. (2015) First cases of human Usutu virus neuroinvasive infection in Croatia, August-September 2013: clinical and laboratory features. J Neurovirol 21: 92-97

Sassnau R et al. (2009) *Dirofilaria repens*-Befall in einem Schlittenhunde-Rudel im Land Brandenburg. Tierärztl Prax 37: 95-101

Schaffner F et al. (2001) *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) established in metropolitan France. Eur Mosq Bull 9: 1-3

Schmidt-Chanasit J et al. (2010) Dengue virus infection in a traveller returning from Croatia to Germany. Euro Surveill 15: 19677

Scholte EJ & Schaffner F (2007) Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. Emerging Pests and Vector-borne Diseases in Europe. Wageningen Academic Publishers

Silaghi C & Pfeffer M (2014) Zur Bedeutung der Zecken-übertragenen Pathogene *Anaplasma phagocytophilum* und Candidatus *Neoehrlichia mikurensis* in Deutschland. Wehrmed 4: 123-128

Skrabalo Z & Deanovic Z (1957) Piroplasmosis in man; report of a case. Doc Med Geogr Trop 9: 11-16

Spengler JR & Estrada-Peña A (2018) Host preferences support the prominent role of *Hyalomma* ticks in the ecology of Crimean-Congo hemorrhagic fever. PLoS Negl Trop Dis 12: e0006248

Stuen S et al. (2013) *Anaplasma phagocytophilum* — a widespread multi-host pathogen with highly adaptive strategies. Front Cell Infect Microbiol 3: 31

Süß J & Schrader C (2004) Durch Zecken übertragene humanpathogene und bisher als apathogen geltende Mikroorganismen in Europa. Bundesgesundheitsbl 47: 392-404

Suk JE & Semenza JC (2014) From global to local: vector-borne disease in an interconnected world. Eur J Public Health 24: 531-532

Tappe D et al. (2014) A case of autochthonous human *Dirofilaria* infection, Germany, March 2014. Euro Surveill 19: 2-4

Thiry E et al. (2006) Bluetongue in northern Europe. Vet Rec 159: 327

Tomasello D & Schlagenhauf P (2013) Chikungunya and dengue autochthonous cases in Europe, 2007-2012. Travel Med Infect Dis 11: 274-284

Walther D et al. (2017) The invasive Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Germany: local reproduction and overwintering. Acta Trop 166: 186-192

Wang GH et al. (2021) Combating mosquito-borne diseases using genetic control technologies. Nature Comm 12: 4388

Werner D et al. (2012) Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany, July to August 2011. Euro Surveill 17: 20067

Werner D & Kampen H (2015) *Aedes albopictus* breeding in southern Germany, 2014. Parasitol Res 114: 831-834

Werner D et al. (2020) Nine years of mosquito monitoring in Germany, 2011–2019, with an updated inventory of German culicid species. Parasitol Res 119: 2765-2774

WHO (2017) Global vector control response 2017–2030. Background document to inform deliberations during the 70th session of the World Health Assembly

WHO (2018) Rift Valley fever. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/rift-valley-fever. Abgerufen am 23.02.2022

WHO (2020) Vector-borne diseases. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases. Abgerufen am 23.02.2021

Yakob L & Walker T (2016) Zika virus outbreak in the Americas: the need for novel mosquito control methods. Lancet 4: e148-e149

Ziegler U et al. (2019a) West Nile virus epizootic in Germany, 2018. Antiviral Res 162: 39-43

Ziegler U et al. (2019b) Sindbis virus — a wild bird associated zoonotic arbovirus circulates in Germany. Vet Microbiol 239: 108453

Anhang

Abkürzungen

AOLG	Arbeitsgruppen der Obersten Landesgesundheitsbehörden
BiK-F	Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BNITM	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin
BUKEA	Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Hamburg
CDC	Center for Disease Control
CvO	Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EMCA	European Mosquito Control Association
FLI	Friedrich-Loeffler-Institut
FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis
FSMEV	Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HLPUG	Hessisches Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen
HMSI	Hessisches Ministerium für Soziales und Integration
HMUKLV	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
HU	Institut für Hygiene und Umwelt, Hamburg
IfSG	Infektionsschutzgesetz
KABS	Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage
LAGeSo	Landesamt für Gesundheit und Soziales Berlin
LAGuS	Landesamt für Gesundheit und Soziales Mecklenburg-Vorpommern
LAVES	Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
LHL	Landesbetrieb Hessisches Landeslabor
LUA	Landesuntersuchungsamt Rheinland-Pfalz
NLGA	Niedersächsisches Landesgesundheitsamt
RKI	Robert-Koch-Institut
RVFV	Rifttalfieber-Virus (Rift Valley Fever Virus)
SINV	Sindbis-Virus
SIT	Sterile-Insekten-Technik
TierGesG	Tiergesundheitsgesetz
TLV	Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz
UBA	Umweltbundesamt

USUV	Usutu-Virus
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation)
WNV	Westnil-Virus
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung
ZGI	Zentrum für Gesundheits- und Infektionsschutz, Land Niedersachsen

Hilfreiche Internetseiten[1]

www.mueckenatlas.com

www.fli.de/de/kommissionen/nationale-expertenkommission-stechmuecken-als-uebertraeger-von-krankheitserregern/informationen/

www.kabsev.de

https://www.umweltbundesamt.de/search/content/tigerm%25C3%25BCcke?keys=tigerm%C3%BCcke

https://soziales.hessen.de/Presse/Asiatische-Tigermuecke-an-zwei-weiteren-Orten-nachgewiesen

www.zecken-radar.de

www.zecken.de

www.zepak-rki.de

www.infektionsschutz.de

[1]Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Artenliste der in Deutschland vorkommenden Stechmückenarten
(aus Werner et al. 2020)

Tabelle 1: Artenliste in Deutschland nachgewiesener Stechmücken nach Dahl et al. 1999 (modifiziert).

Species	First documented on the territory of present-day Germany[1]	Found last in Germany (documented last[2])	Found in this monitoring project			Considered established
			Adults		Immature stages	
			Trap	Mueckenatlas		
Ae. (*Stegomyia*) *albopictus* Skuse, 1895	2007 (Pluskota et al. 2008) (as *Stegomyia albopicta*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *annulipes* Meigen, 1830	1898 (Mohrig 2000) (as *Cx. annulipes*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *cantans* Meigen, 1818	1906 (Eysell 1907) (as *Cx. cantans*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *caspius* Pallas, 1771	1928 (Peus 1929)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *cataphylla* Dyar, 1916	1920 (Martini 1920b) (as *Ae. rostochiensis*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Aedes*) *cinereus* Meigen, 1818	1897 (Mohrig 2000)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *communis* de Geer, 1776	1896 (Mohrig 2000)	2018 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *cyprius* Ludlow, 1920	1900 (Edwards 1921) (as *Ae. freyi*)	1925 (Peus 1937b)	–	–	–	–[3]
Ae. (*Ochlerotatus*) *detritus* Haliday, 1833	1919 (Martini 1920b) (as *Ae. salinus*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *diantaeus* Howard, Dyar & Knab, 1913	1893 (Mohrig 2000)	2017 (this study)	+	+	–	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *dorsalis* Meigen, 1830	1914 (Martini 1920b)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *excrucians* Walker, 1856	1898 (Mohrig 2000)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *flavescens* Müller, 1764	1895 (Mohrig 2000)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Aedes*) *geminus* Peus 1970	1968 (Peus 1970)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Dahliana*) *geniculatus* Olivier, 1791	1898 (Mohrig 2000) (as *Cx. ornatus*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *intrudens* Dyar, 1919	1928 (Peus 1929)	2018 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Hulecyteomyia*) *japonicus* Theobald, 1901	2008 (Schaffner et al. 2009)	2019 (Kampen et al. 2020)	+	+	+	+
Ae. (Hulecyteomyia) koreicus Edwards, 1917	2015 (Werner et al. 2016)	2019 (this study)	–	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *leucomelas* Meigen, 1804	1896 (Mohrig 2000)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *nigrinus* Eckstein, 1918	1932 (Peus 1933)	1993 (Becker and Kaiser 1995)	–	–	–	?
Ae. (*Ochlerotatus*) *pullatus* Coquillett, 1904	1916 (Kühlhorn 1954)	2016 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *punctor* Kirby, 1837	1913 (Kühlhorn 1954)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Rusticoidus*) *refiki* Medschid, 1928	1897 (Vogel 1931)	2017 (Kuhlisch et al. 2017)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *riparius* Dyar & Knab, 1907	1919 (Martini 1920a) (as *Ae. semicantans*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Aedes*) *rossicus* Dolbeskin, Gorickaja & Mitrofanova, 1930	1963 (Müller 1965)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *rusticus* Rossi, 1790	1914 (Martini 1920a) (as *Ae. diversus*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Ochlerotatus*) *sticticus* Meigen, 1838	1901 (Mohrig 2000) (as *Cx. sticticus*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Ae. (*Aedimorphus*) *vexans* Meigen, 1830	1900 (Mohrig 2000) (as *Cx. vexans*)	2019 (this study)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *algeriensis* Theobald, 1903	1931 (Martini 1931)	2019 (this study)	+	+	–	+

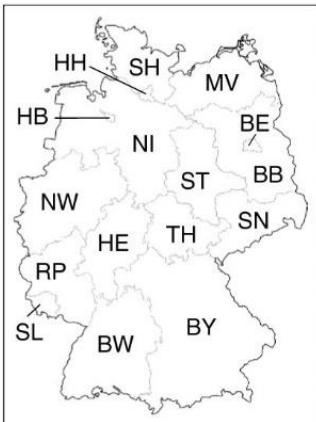
Species	First documented on the territory of present-day Germany[1]	Found last in Germany (documented last[2])	Found in this monitoring project			Considered established
			Adults		Immature stages	
			Trap	Mueckenatlas		
An. (*Anopheles*) *atroparvus* van Thiel, 1927	1931 (Martini et al. 1931)	2016 (Kampen et al. 2016b)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *claviger* Meigen, 1804	1911/12 (Schneider 1913) (as *An. bifurcatus*)	2019 (this study)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *daciae* Linton, Nicolescu & Harbach, 2004	2007 (Weitzel et al. 2012)	2019 (this study)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *maculipennis* Meigen, 1818	1931 (Martini et al. 1931)	2019 (this study)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *messeae* Falleroni, 1926	1931 (Martini et al. 1931)	2019 (this study)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *petragnani* del Vecchio, 1939	2015 (Becker et al. 2016, Kampen et al. 2017)	2019 (this study)	+	+	+	+
An. (*Anopheles*) *plumbeus* Stephens, 1828	1911 (Schneider 1913) (as *An. nigripes*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cq. (*Coquillettidia*) *richiardii* Ficalbi, 1889	1896 (Mohrig 2000)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cx. (*Culex*) *hortensis* Ficalbi, 1889	1927 (Peus 1929)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cx. (*Culex*) *martinii* Medschid, 1930	1935 (Peus 1950)	2017 (Kuhlisch et al. 2018b)	+	–	–	+
Cx. (*Culex*) *modestus* Ficalbi, 1890	1960/61 (Mohrig 1963)	2019 (Kampen et al. 2020)	+	+	+	+
Cx. (*Culex*) *pipiens* Linnaeus, 1758	1900 (Mohrig 2000)	2019 (Kampen et al. 2020)	+	+	+	+
Cx. (*Culex*) *territans* Walker, 1856	1911 (Schneider 1913)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cx. (*Culex*) *torrentium* Martini, 1925	1924 (Martini 1924b)	2019 (Kampen et al. 2020)	+	+	+	+
Cs. (*Culiseta*) *alaskaensis* Ludlow, 1906	1897 (Mohrig 2000) (as *Cx. annulatus*)	2017 (this study)	+	+	+	+
Cs. (*Culiseta*) *annulata* Schrank, 1776	1896 (Mohrig 2000) (as *Cx. annulatus*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cs. (*Culicella*) *fumipennis* Stephens, 1825	1930 (Peus 1950)	2019 (this study)	+	?	?	+
Cs. (*Culiseta*) *glaphyroptera* Schiner, 1864	1923 (Martini 1924b)	2018 (this study)	+	+	+	+
Cs. (*Allotheobaldia*) *longiareolata* Macquart, 1838	2011 (Becker and Hoffmann 2011, Werner et al. 2012)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cs. (*Culicella*) *morsitans* Theobald, 1901	1911 (Schneider 1913) (as *Culicada morsitans*)	2019 (this study)	+	+	+	+
Cs. (*Culicella*) *ochroptera* Peus 1935	1928 (Peus 1935) (as *Theobaldia. glaphyroptera*)	2017 (Kuhlisch et al. 2019)	+	+	+	+
Cs. (*Culiseta*) *subochrea* Edwards 1921	1914 (Martini 1924a) (as *Th. annulata* var. *ferruginata*)	1991 (Becker and Kaiser 1995)	?	?	?	+
Ur. (*Pseudoficalbia*) *unguiculata* Edwards, 1913	1994 (Becker and Kaiser 1995)	2019 (this study)	+	–	+	+
Total number of species	52		48 (49?) 49 (50?)	46 (48?)	45 (47?)	50

+/–: included/not included in the collections; ?: reliable identification not possible due to high morphological similarity and CO1-DNA sequence homology with other species, lack of males and processing of adults only; [1] based on literature published from the year 1900 onwards; [2] references provided only when most recent documentation occurred before most recent finding in the present monitoring programme; [3] should not be considered belonging to the German mosquito fauna anymore

Artenliste der in Deutschland vorkommenden Zeckenarten

(aus Rubel et al. 2021)

Tabelle 2: Die 24 in Deutschland vorkommenden Zeckenarten (x = in der Studie von Rubel et al. (2021) nachgewiesen, o = Literaturnachweise).

	Hesse (HE)	Lower Saxony (NI)	Baden-Wuerttemberg (BW)	North Rhine-Westphalia (NW)	Rhineland-Palatinate (RP)	Bavaria (BY)	Schleswig-Holstein (SH)	Saxony (SN)	Saxony-Anhalt (ST)	Brandenburg (BB)	Thuringia (TH)	Berlin (BE)	Hamburg (HH)	Mecklenburg-Western Pomerania (MV)	Saarland (SL)	Bremen (HB)	
Ixodes ricinus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	16
Dermacentor reticulatus	x	x	x	x	x	x	o	x	x	x	x	x		x	x	o	15
Ixodes hexagonus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		15
Ixodes frontalis	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		13
Ixodes inopinatus	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		o	o			13
Ixodes canisuga	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x		x			11
Argas reflexus	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x				11
Hyalomma marginatum	x	x	x	x	x		x		x		x						8
Ixodes trianguliceps	x	x	x	x	x	x		x					x				8
Carios vespertilionis	x	x		x	x	o	x					x					7
Dermacentor marginatus	x		x	x	x	x									x		6
Hyalomma rufipes	x	x			x		x				x						6
Ixodes arboricola	x	x	x	x			x						x				6
Haemaphysalis concinna	x	x						x	x	x							5
Rhipicephalus sanguineus s.l.	x		x	x		x						x					5
Ixodes rugicollis	x							x	x	x							4
Ixodes vespertilionis	x				x	o											3
Ixodes lividus		x		x					x								3
Haemaphysalis punctata		x					x										2
Ixodes acuminatus			x														1
Ixodes apronophorus		x															1
Ixodes ariadnae			x														1
Ixodes simplex	x																1
Ixodes uriae							x										1
	18	16	14	14	13	11	11	10	10	9	8	8	6	6	5	2	Σ

Forschungsprojekte[1]

Projektname	Projektnehmer	Laufzeit	Förderung
BIOZ: WNV Prävention durch Biozid-Interventionen gegen den gemeinen WNV Überträger *Culex pipiens*: Experimente, Bürgerwissenschaft und übergreifender Dialog	Goethe Universität Frankfurt	2021-2022	BMG
AIDA – Alternative Stechmückenbekämpfung durch Adultfallen	BNITM	2021-2022	BMBF
NEED – Fast-Echtzeit-Entscheidungshilfe für die Bekämpfungsmethode von durch Stechmücken übertragene Viren	BNITM	2020-2025	BMBF
Doktorandenprojekt „iMINION - integrative Mücken-INterventIONsstrategien“	TiHo Hannover	2020-2023	Zoonosenplattform, BMEL, BMBF
Jahreszeitliche Dynamik der Zeckenaktivität sowie Zeckenexposition von Hunden und Katzen und Infektionen mit Zecken-übertragenen Pathogenen	TiHo Hannover	2020-2023	Industrie
Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)-Naturherdsuche in Niedersachsen	TiHo Hannover, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, Nationales Konsiliarlabor für FSME, München	2020-2023	Industrie
Tick-Borne Infections in the North Sea Region – A Competence Network to Improve Public Service Delivery based on a One Health Perspective (NorthTick)	Verschiedene Partner aus der EU	2019-2023	EU
Ausbreitung von Buntzecken in Deutschland	TiHo Hannover, Nationales Konsiliarlabor für FSME, München, Universität Hohenheim	2019-2023	Industrie
Exposition von Haus-, Nutz- und Wildtieren gegenüber Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)-Virus in Niedersachsen	TiHo Hannover, LAVES Hannover, Nationales Konsiliarlabor für FSME, München	2019-2022	Industrie
CuliFo2 – Stechmücken und Stechmücken-übertragene Zoonosen in Deutschland	FLI, BNITM, ZALF, GfS, CvO	2019-2022	BMEL/BLE
CuliMo2 – Stechmückenmonitoring in Deutschland	ZALF	2019-2021	BMEL/BLE
MEcAM: Metabolom und Ökophysiologie von *Aedes*-Steckmücken	Goethe Universität Frankfurt, RKI	2019-2021	BMBF
ARBOKOM: Scientific advisor for the project Gesetzliche Grundlagen, Zuständigkeiten und Entscheidungshilfen für die Prävention und Kontrolle von *Aedes albopictus* und Arbovirus-Infektionen auf kommunaler Ebene	Goethe Universität Frankfurt	2019-2020	BMBF
IZAM: Influence of vector-host conditions on virus transmission efficiency	Goethe Universität Frankfurt, TU München, Charité Berlin	2019-2020	BMBF
Charakterisierung von FSME-Herden in Bayern und FSME-Viren in Deutschland	Nationales Konsiliarlabor für FSME, München	2018-2022	BMBF
AIM-COST: Establishment of a transboundary network of partners and institutions across Europe to cost-effectively address the management of the risk of introduction and spread of	Verschiedene Projektpartner aus der EU	2018-2022	COST (European Cooperation in Science and Technology)

exotic invasive *Aedes* mosquito borne viruses			
BayVirMos: Stechmückenübertragene arbovirale Krankheiten in Bayern	AG Biogeografie Bayreuth	2018-2021	Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
AFra Ad hoc Monitoring of *Aedes albopictus* in Frankfurt am Main	Goethe Universität Frankfurt	2018-2019	HLNUG, Hessisches Zentrum für Klimawandel
TBENAGER – Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) in Deutschland – Das Virus der Frühsommer-Meningoenzephalitis in der Vektorzecke und Tieren im Naturherd	Universität Leipzig	2017-2022	BMBF
Vektorpotential einheimischer Stechmücken	BMU/UBA	2017-2021	BMU
Feldstudie zur Bestimmung und Modellierung der Zeckendichte in Deutschland	Universität Leipzig, Universität Hohenheim	2017-2021	Universität Hohenheim
CuliFo – Stechmücken und Stechmücken-übertragene Zoonosen in Deutschland	FLI, BNITM, ZALF, SNG, CvO, Biogents	2016-2019	BMEL/BLE
Querschnittsprojekt: Räumliche, zeitliche und ökonomische Risikobewertung vektorübertragener Zoonosen	Universität Bayreuth	2016-2018	Zoonosenplattform, BMEL, BMBF
CuliMo – Stechmückenmonitoring in Deutschland	FLI, BNITM, ZALF, SNG, CvO, Biogents	2015-2018	BMEL/BLE
Monitoring von *Dermacentor* in Mecklenburg-Vorpommern	FLI	Seit 2017	Hausmittel
Laboruntersuchungen zur Vektorkompetenz von Zecken	FLI	Seit 2017	Hausmittel
Ko-Infektionen Zecken-übertragener Erreger – ihre Assoziationen mit Reservoirwirten und Habitaten	TU Braunschweig	2014-2016	BMBF
EURNEGVEC-COST: Establishment of a transboundary network of partner institutions across Europe involved in education and research related to arthropod-transmitted infectious diseases of man and animals	Verschiedene Projektpartner aus der EU	2013-2017	COST (European Cooperation in Science and Technology)
Monitoring der einheimischen Stechmückenfauna und Testung potenzieller Vektorarten auf humanpathogene Viren	ZALF, FLI	2013	RKI
Tigermücken in Südwestdeutschland	KABS, CvO, BNI, Ruhr Universität Bochum, Orendt Hydrobiologie, Ruprecht Karls Universität Heidelberg, Biogents	2012-2016	BMUB/UBA
Klimawandel und Etablierung exotischer Stechmücken in Deutschland	BNITM	2012-2014	BMU
Abschätzung des Vektorspektrums für die Übertragung/Verbreitung von WNV und RVFV	ZALF, FLI	2011-2015	BMEL/BLE
EDENext	46 Partner aus der EU	2011-2014	EU
Langzeit-Monitoring der Zeckenabundanz und Befallshäufigkeit mit *Borrelia* spp. und anderen Pathogenen im Stadtgebiet Hannover	TiHo Hannover, Nationales Referenzzentrum für Borrelien, Oberschleißheim	Seit 2005	Hausmittel

[1]Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit

Hauptsitz Insel Riems
Südufer 10
17493 Greifswald – Insel Riems

Telefon +49 (0) 38351 7-0
Telefax +49 (0) 38351 7-1219

Pressestelle

Telefon +49 (0) 38351 7-1244
Telefax +49 (0) 38351 7-1226
E-Mail: presse@fli.de

Inhalt: Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit,
D-17493 Greifswald - Insel Riems