

Abschlussbericht

zum Forschungsprojekt

„Abschätzung des Vektorspektrums für die Übertragung/ Verbreitung von West-Nil-Virus (WNV) und Rifttal-Fieber-Virus (RVFV)“

Forschungsvorhaben Nr.: 514-06.01-2810HS022

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.12.2015

Berichtszeitraum: 01.06.2011 – 31.12.2015

Zuweisungsempfänger/ Ausführende Stelle:

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)
Dr. Doreen Walther
Institut für Landnutzungssysteme
AG Strukturelle Bindung und Ökologie blutsaugender Arthropoden
Eberswalder Str. 84
D-15374 Müncheberg
Tel.: 033432-82-363
E-Mail: doreen.walther@zalf.de

Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen/ Arbeitsgruppen:

Friedrich-Loeffler-Institut
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
PD Dr. Helge Kampen
Institut für Infektionsmedizin
Südufer 10
D-17493 Greifswald - Insel Riems
Tel.: 038351-71-245
E-Mail: helge.kampen@fli.bund.de

Müncheberg, 20.02.2016

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens	3
1.1	Planung und Ablauf des Vorhabens	5
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	6
2	Material und Methoden	11
2.1	Studien-Design, Arbeiten zum Vorkommen, Verbreitung und Phänologie.....	11
2.2	Citizen-Science-Projekt Mückenatlas	27
2.3	Bestimmung und Verbleib des Materials.....	28
2.4	Molekularbiologische Charakterisierung des Materials.....	28
2.5	Pathogenscreening.....	28
2.6	Datenbank	29
3	Ergebnisse	30
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	30
3.1.1	Identifizierung des Materials.....	30
3.1.2	Ergebnisse zur Stechmückenfauna.....	31
3.1.2.1	Allgemeine Befunde	31
3.1.2.2	Ergebnisse der Fänge (BG-Sentinel-Fallen).....	34
3.1.2.2.1	Artenspektrum.....	36
3.1.2.2.2	Verbreitungskarten.....	38
3.1.2.3	Citizen-Science-Projekt Mückenatlas	38
3.1.2.3.1	Artenspektrum.....	39
3.1.2.3.2	Verbreitungskarten.....	40
3.1.2.4	Invasive Arten	41
3.1.2.4.1	Invasive Arten – <i>Aedes albopictus</i> (Asiatische Tigermücke).....	42
3.1.2.4.2	Invasive Arten – <i>Aedes japonicus</i> (Asiatische Buschmücke)	44
3.1.2.4.3	Invasive Arten – <i>Culiseta longiareolata</i>	45
3.1.3	Pathogenscreening.....	46
3.1.4	Datenbank.....	49
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	50
4	Zusammenfassung.....	54
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen	56
6	Literaturverzeichnis	59
7	Publikationsverzeichnis der gewonnenen Ergebnisse des Projektes (Publikationen in Anlage VIII)	69
	Anlage I: Darstellung, Wertung und Anwendung der Ergebnisse für Zwecke des BMEL.....	72
	Anlage II: Kurzfassung.....	74
	Anlage III: Abstract	75
	Anlage IV: Fallenstandortlisten mit Sammeldaten	
	Anlage V: Verbreitungskarten von Stechmückenarten aufgrund von Fallenfängen	
	Anlage VI: Verbreitungskarten von Stechmückenarten basierend auf Einsendungen im Projekt Mückenatlas	
	Anlage VII: Übersicht Pathogenscreening	
	Anlage VIII: Publikationen der gewonnenen Ergebnisse	
	Anlage IX: Aus dem Projekt hervorgegangene Dissertation	

1 Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Durch die zunehmende Globalisierung sowie sich ändernde Umwelt- und Klimabedingungen wandelt sich seit einigen Jahren in Europa die Bedeutung der Stechmücken (Culicidae) als Überträger von Krankheitserregern, nachdem ihre Erforschung bald nach dem Verschwinden der Malaria (Mitte des 20. Jahrhunderts), der einzigen nennenswerten jemals in Deutschland durch Stechmücken übertragenen Krankheit, nahezu zum Erliegen kam.

Um das aktuelle Risiko abschätzen zu können, welche invasiven Arten, die z.T. als Vektoren bekannt sind, nach Deutschland eindringen und welche einheimischen Stechmücken-Arten wo und wann vorkommen und unter welchen Bedingungen in Deutschland Pathogene übertragen könnten, sind in erster Linie Daten zur Verbreitung potenzieller Vektoren sowie die Definition ihrer Vektorkompetenz erforderlich.

Daten zur Verbreitung und Ökologie von Plage verursachenden Stechmücken wurden bis vor wenigen Jahren in Deutschland lediglich am Oberrhein erhoben, wo die „Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage“ (KABS) bei Rheinhochwasser auftretende Massenpopulationen von Stechmücken bekämpft (Becker et al. 1996). Weitere Daten aus jüngerer Zeit zum Vorkommen, zur Verbreitung und zum saisonalen Auftreten von Moskitos waren für den deutschen Raum praktisch nicht existent. Diese sind jedoch für die Erstellung von Verbreitungskarten und nachfolgenden Risikoanalysen essentiell.

Auch ein erfolgreiches Management von vektorbürtigen Krankheiten ist auf lange Sicht nur möglich, wenn eine Vektorkontrolle in den entsprechenden Bruthabitaten in die Seuchenbekämpfung integriert wird (Hemingway et al. 2006, Bockarie et al. 2009). Doch nicht nur die Implementierung von Vektorbekämpfungsmaßnahmen, sondern auch die Umsetzung prophylaktischer Maßnahmen und ggf. zu ergreifender Maßnahmen zum Schutz von Wirbeltieren im Seuchenfall können nur vor dem Hintergrund von Kenntnissen zu Vorkommen, Verbreitung, Ökologie und Biologie von Vektoren effektiv sein (Fontenille et al. 2009). Wesentlich ist hierfür, den Vektor zu erkennen (d.h. ihn taxonomisch einordnen und eine Artbestimmung vornehmen zu können) und ihn in einen ökologischen Kontext zu setzen.

Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit von Risikoanalysen und Notfallplänen für das Auftreten von Krankheitserregern, die durch Stechmücken übertragen werden können, finanzierte die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) das vorliegende Forschungsprojekt mit tierpathogenem Schwerpunkt. Zeitgleich beauftragte das Robert-Koch-Institut (RKI) die Zuwendungsempfängerin dieses Projektes und das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) mit der Durchführung eines deutschlandweiten Stechmücken-Monitorings. Die beiden Projekte waren u.a. durch die Auswahl der Fallenstandorte zur Sammlung von Stechmücken sowie das Screening der gefangenen Mücken auf tier- bzw. humanpathogene Erreger voneinander abgegrenzt. Synergien sollten gezielt genutzt werden, um einen umfassenderen Überblick über die Stechmücken- und Pathogensituation in Deutschland zu erhalten.

Die Ziele des Projektes waren aufgrund der aktuellen Erfordernisse und des vorliegenden Kenntnis- und Forschungsstandes lt. Projektantrag die:

- (1) Erfassung des Artenspektrums, des Vorkommens, der Verbreitung und der Phänologie von Stechmücken als potenzielle Überträger von Arboviren in Deutschland, insbesondere solche, die als Überträger des Westnil-Virus (WNV) und des Rifttal-Fieber-Virus (RVFV) gelten
- (2) morphologische und molekularbiologische Identifizierung der Mücken auf Artniveau
- (3) stichprobenartige Untersuchung der gefangenen Stechmückenweibchen auf Pathogene mit dem Fokus auf Arboviren vorrangig Flaviviren (z.B. WNV)
- (4) Aufbau einer deutschlandweiten Datenbank für einheimische Stechmückenarten mit den Mücken-, Fundort- und ggf. Pathogen-relevanten Daten
- (5) Erstellung von Verbreitungskarten einheimischer Stechmückenspezies
- (6) Erfassung invasiver Mückenarten, Erforschung der Etablierung und ggf. Verbreitung invasiver Arten
- (7) Etablierung von Methoden zur Anzucht im Freiland gefangener Stechmücken zwecks nachfolgender experimenteller Testung der Vektorkompetenz entsprechender Arten im Labor

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Zuwendungsempfängerin beantragte zeitgleich die finanzielle Förderung dieses Projektes und, zusammen mit dem FLI (Bundesforschungs-Forschungsinstitut für Tiergesundheit), die Förderung eines ähnlich gelagerten Monitoring-Projektes beim RKI („Monitoring der einheimischen Stechmückenfauna (Diptera, Culicidae) und Testung potenzieller Vektorarten auf humanpathogene Viren“; FKZ: RKI-Fo_1362/1-982). Anlässlich einer Besprechung am 30.06.2011 bei der BLE in Bonn wurde das beiden Projekten zugrunde liegende Studiendesign erläutert und die synergistischen Effekte beider Projekte überzeugend dargelegt.

Die einzelnen Arbeitsschritte und der Verlauf der Projektarbeiten sind in der folgenden Zusammenfassung (Tab. 1) übersichtlich dargestellt. Die Erfassung des Vorkommens, der Verbreitung und der Phänologie von Stechmücken in Deutschland sowie deren morphologische und molekularbiologische Aufarbeitung, d.h. Präparation, Bestimmung und ggf. molekularbiologische Identifizierung der Mücken, wurden im Nachgang an die Probennahmen zeitnah realisiert.

Die im Antrag geplanten Aufgaben zur Etablierung der Datenbank wurden bereits 2013 in Zusammenarbeit mit dem FLI und dem Bernhard-Nocht-Institut (BNI), das ebenfalls ein Projekt zum Stechmücken-Monitoring gefördert bekommen hatte, abgeschlossen. Das ZALF übernahm die Koordination und ermöglichte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Epidemiologie des FLI die Programmierarbeiten zur Datenbankerstellung und die Entwicklung der Auswertetools. Die Gesamtheit der Datensätze wurde in die Culbase eingepflegt. Die erstellten Karten wurden mittels der Auswertetools erzeugt.

	2011				2012				2013				2014				2015			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Sammlung von Stechmücken (BG-Fallen)		■	■			■	■			■	■			■	■					
Sammlung von Stechmücken (Handaufsammlung)	■	■			■	■			■	■			■	■						
Sammlung von Stechmücken (Winterquartiere)			■				■				■				■					
Projekt Mückenatlas					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
morphol. und mol.biol. Artidentifizierung		■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Monitoring invasiver Arten/ Populationen						■				■				■				■		
Testung auf Viren						■	■			■	■			■	■			■	■	
Anzüchtungsversuche																				
Aufbau und Pflege der Datenbank					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tab. 1: Zeitplan der durchgeführten Arbeiten im Projekt

Die Arbeiten zur Etablierung von Methoden zur Anzucht im Freiland gefangener Stechmücken zwecks experimenteller Testung der Vektorkompetenz im Labor wurden mit vereinzelt Freilandfängen in 2013, 2014 und 2015 begonnen. Da es bei der Bereitstellung von Zuchträumen im neuen Tierstallgebäude des FLI bis 2015 Schwierigkeiten gab, wurden diese Arbeiten nur in Ansätzen realisiert.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Etwa ein Drittel aller sogenannten ‚Emerging Infectious Diseases‘ weltweit sind auf die Übertragung von Krankheitserregern durch Blut saugende Arthropoden

(Vektoren) zurückzuführen (Jones et al. 2008). Unter diesen spielen aufgrund ihres weitgehend globalen Vorkommens und der Vielzahl der von ihnen übertragenen Pathogene Stechmücken eine herausragende Rolle.

In der Vergangenheit stellten Stechmücken in Europa als Überträger des Dengue-Virus, des Gelbfieber-Virus und von Malariaerregern schon seit Jahrhunderten eine Gefahr für die öffentliche Gesundheit. Insbesondere die Gelbfiebertmücke *Aedes aegypti* und verschiedene Arten der Gattung *Anopheles* traten als kompetente Überträger von Viren und Malariaparasiten in Erscheinung. In Deutschland waren besonders das norddeutsche Tiefland und das Rheinland von der Malaria betroffen. Mit dem Aufkommen effizienter synthetischer Malariamedikamente und dem Einsatz von DDT als Insektizid in den 1930er Jahren, aber auch als Folge der bereits im 18. Jahrhundert begonnenen großflächigen Trockenlegung von Sümpfen und Marschgebieten zur Gewinnung von Ackerland, wurde die Malaria schließlich aus Europa eliminiert. Das Verschwinden dieser Stechmücken-assoziierten Krankheit führte gleichzeitig zum Erliegen des Forschungsinteresses an einheimischen Stechmücken und an blutsaugenden Mücken allgemein.

Resultierend aus dieser Situation fehlen seit Jahrzehnten aktuelle Daten zum Vorkommen und zur Verbreitung sowie zur Vektorkompetenz nicht nur der Stechmücken, sondern der gesamten einheimischen blutsaugenden Dipteren. Diese umfassen alle Mückenfamilien mit blutsaugenden Vertretern, wie die Familie Culicidae (Stechmücken), Familie Ceratopogonidae (Gnitzen), Familie Psychodidae (hier Unterfamilie Phlebotominae - Sandmücken) und auch Familie Simuliidae (Kriebelmücken), wobei letztere in Deutschland „nur“ durch ihre Lästlingsrolle Bedeutung erlangt. Besonders deutlich wurde der allgemein mangelnde Wissensstand zur Vektorensituation und -rolle durch das erstmalige Auftreten und die schnelle Ausbreitung der Blauzungenkrankheit, einer Virusinfektion von Wiederkäuern, über weite Teile Europas inklusive Deutschland im August 2006. Es fehlten grundlegende Kenntnisse über mögliche Vektoren unter den Gnitzen, über die Vektorkompetenz und die Bindung an Entwicklungshabitate in unserer Region. Somit waren gezielte Bekämpfungsverfahren nicht möglich. Vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung und der von einheimischen Vektoren übertragenen Erreger der Blauzungenkrankheit muss damit gerechnet werden, dass weitere vektorübertragene Krankheiten und Seuchen in Deutschland auftreten.

Durch die zunehmende Globalisierung spielen Überträger von Krankheitserregern und Krankheitserreger eine zunehmende Rolle. Ein besonderer Fokus ist hierbei auf die Stechmücken und die durch Stechmücken-übertragenen Krankheitserreger gerichtet. Neben der Globalisierung wird allerdings auch der Klimaveränderung eine Rolle bei der Einschleppung und Etablierung sowohl von exotischen Stechmücken als auch von tropischen Erregern, die von invasiven oder einheimischen Stechmückenspezies übertragen werden könnten, zugeordnet.

Zu solchen sich ausbreitenden Erregern zählen neben dem aktuell in Südamerika grassierenden humanpathogenen Zika-Virus unter anderem das West-Nil-Virus (WNV) und das Rifttal-Fieber-Virus (RVFV), die anzeigepflichtigen Tierseuchen verursachen können. Hauptwirte des WNV sind zwar Vögel, aber auch der Mensch und Pferde können infiziert werden und erkranken. Antikörper gegen WNV wurden bei Zugvögeln in Deutschland bereits nachgewiesen (Ziegler et al. 2012). Als Vektoren fungieren auch hier Stechmücken. Über die Vektorkompetenzen der europäischen Mückenarten für WNV liegen kaum Erkenntnisse und wissenschaftliche Untersuchungen vor. Vergleichbares gilt für das RVFV, dessen Hauptwirt Wiederkäuer sind. Auch hier wird der Erreger von Stechmücken übertragen. Das RVFV war lange auf Ost- und Südafrika beschränkt, doch da in den letzten Jahren mehrere Ausbrüche aus Ägypten und der arabischen Halbinsel gemeldet wurden, ist von einer weiteren Ausbreitung auszugehen und ein Sprung, wie bei der Blauzungkrankheit, nach Europa nicht ausgeschlossen.

Beide Viren scheinen, zumindest in den Hauptverbreitungsgebieten von einigen Mücken-Arten auch vertikal von einer Generation auf die nächste übertragen zu werden, sodass sie einige Zeit auch ohne Wirbeltierreservoir und ohne dass klinisch manifeste Fälle auffallen würden, endemisch bleiben können. Es ist allgemein bekannt, dass sich verschiedene geographische Populationen derselben Spezies hinsichtlich biologischer Merkmale, einschließlich der Vektorkompetenz, selbst unter gleichen Bedingungen deutlich voneinander unterscheiden können. Zudem kann die Vektorkompetenz auch durch regional unterschiedliche Einflüsse, wie z.B. Temperatur, modifiziert werden.

Während Deutschland bis auf den Usutu-Ausbruch 2011 (Jöst et al. 2011a) von Epidemien Stechmücken-assoziiertes Viruserkrankungen verschont blieb, kam es in südlicher gelegenen Ländern Europas in den letzten Jahren durchaus zu

entsprechenden Ausbrüchen mit schweren, z.T. tödlich verlaufenden Fällen bei Mensch und Tier. So verursachte das Westnil-Virus mehrere schwere Epidemien bei Pferden und Menschen in Russland (1999 und 2010), Rumänien (1996), Frankreich (2000), Italien (2011, 2012 und 2013), Kroatien (2012), Griechenland (2010) und Spanien (2010), während Infektionen mit dem Chikungunya-Virus 2007 zu über 200 humanen klinischen Fälle in Norditalien führten und weitere Ausbrüche und Fälle in Kroatien (2010) und Frankreich (2010 und 2014) erkannt wurden. Besorgnis erregend sind in diesem Zusammenhang ebenfalls die Ausbrüche von Dengue in Kroatien (2010), Portugal (Madeira 2012) und Frankreich (2010, 2013 und 2014).

Aus veterinärmedizinischer Sicht bergen das WNV und das RVFV das höchste Risikopotenzial für zukünftige Ausbrüche in Europa und Deutschland. Auch das RVFV, das seinen Ursprung in Süd- und Ostafrika hat, zeigt nämlich eine Ausbreitungstendenz nach Norden und verursachte in der jüngeren Vergangenheit Krankheitsausbrüche in Ägypten und sogar außerhalb Afrikas auf der arabischen Halbinsel. Im Gegensatz zur Blauzungenkrankheit, die Mitteleuropa 2006 völlig unvorbereitet traf, sollen die im geförderten Projekt ermittelten Daten für prospektive Risikoanalyse ermöglichen und Kenntnisse zu potenziellen einheimischen Virusüberträgern vertiefen, um zukünftige Ausbrüche des Westnil- oder des Rifttal-Fiebers ggf. zu kalkulieren bzw. adäquat bewältigen zu können.

Mangelhaft sind jedoch auch bei den Stechmücken die Kenntnisse über das Vorkommen und die Verbreitung der in Deutschland vorkommenden Arten sowie deren biologische Charakteristika. Aktualisierte Inventarlisten führen für Deutschland derzeit 50 Spezies (z.B. Becker et al. 2014, Kampen & Werner 2015), wobei diese Listen lediglich als Summation aller jemals in Deutschland gesammelter und als etabliert angesehener Arten zu verstehen sind.

Im Zuge der Globalisierung erlangen auch die invasiven Arten immer größere Bedeutung. Einerseits werden Stechmücken bzw. deren Larven und Eier immer öfter nach Europa importiert, häufig über den internationalen Handel mit Gebrauchstreifen und dem Glücksbambus *Dracaena spec.* (Reiter & Sprenger 1987, Hofhuis et al. 2009, Reiter 2010a). Finden sie hier angemessene Klima- und Umweltbedingungen oder Nischen mit akzeptablen Kriterien, sei es durch Adaptation oder durch fortschreitende Klimaveränderung, können sie sich schnell in neuen Lebensräumen etablieren (z.B. Romi et al. 2006, Caminade et al. 2012). Andererseits führt die

zunehmende internationale Reisetätigkeit dazu, dass immer häufiger Erreger mit infizierten Menschen und Tieren als Vehikel einreisen und als Quelle für autochthone Transmissionen zur Verfügung stehen (Kilpatrick & Randolph 2012). Während die Vektorkompetenzen einiger tropischer Mückenarten für manche derartig eingeschleppter Erreger in Ansätzen bekannt sind, sind die der meisten einheimischen Mückenarten sowohl für tropische, als auch für endemische Pathogene weitgehend unbekannt.

Die Übertragung von Arboviren wird zusätzlich weitere Bedeutung erlangen, wenn invasive Stechmückenarten, wie die Japanische Buschmücke (*Aedes japonicus*), die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) und *Aedes koreicus* (Medlock et al. 2012), für die bereits der Nachweis von Vektorkompetenzen für verschiedene Pathogene vorliegt, vermehrt auftreten und sich weiter/ oder sich flächendeckend – auch in Deutschland - etablieren. Auch die aus Stechmücken-Fängen isolierten pathogenen Krankheitserreger, wie WNV, Tahyna-Virus, Batai-Virus, Usutu-Virus, Sindbis-Virus und aktuell Zika-Virus (z.B. Hubálek et al. 2010, Sane et al. 2012, Huhtamo et al. 2013, Jöst et al. 2010, 2011a/b, Tappe et al. 2016) und die Krankheitsfälle/-ausbrüche beim Menschen und beim Tier, die durch von Stechmücken übertragene Erregern hervorgerufen werden, sind Zeichen dafür, dass diese Forschungsrichtung grundsätzliche Beachtung bedarf.

Um die Forschungsarbeiten erneut zu entfachen, waren im Rahmen des beantragten Projektes Arbeiten zum Vorkommen sowie zum geografischen und saisonalen Auftreten der einzelnen Stechmücken-Arten notwendig. Die letzte umfangreiche Zusammenstellung der Culiciden Deutschlands stammt aus dem Jahre 1999 (Dahl et al. 1999), in der aber lediglich auf ältere, z.T. Jahrzehnte alte Originaldaten zurückgegriffen wird. Nach dieser Aufstellung gibt es in Deutschland 46 Stechmückenarten, von der die zuletzt etablierte (*Uranotaenia unguiculatus*), die sogar einer für Deutschland neuen Gattung angehört, 1994 nachgewiesen wurde (Becker & Kaiser 1995). Ob alle 50 gelisteten Arten nach wie vor in Deutschland vorkommen, ist nicht bekannt, da sie z.T. schon lange nicht mehr gefangen wurden.

International anerkannte Organisationen wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO), das European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) und die European Food Safety Authority (EFSA) erkennen bereits die im Zuge von Globalisierung und Klimawandel zunehmende und wiederkehrende Bedeutung von

Stechmücken und anderen Blut saugenden Arthropoden als Vektoren für Krankheitserreger von Mensch und Tier in Europa an und rufen die Europäischen Staaten auf, eine Überwachung und Kontrolle von invasiven Stechmücken und mit ihnen assoziierter Krankheiten zu intensivieren (Van der Berg et al. 2013). Die WHO gab zusammen mit der EMCA (European Mosquito Control Association) 2013 die „Guidelines for the Control of Mosquitoes of Public Health Importance in Europe“ heraus (WHO-EMCA 2013). Das ECDC veröffentlichte 2012 und 2014 die „Guidelines for the Surveillance of Invasive Mosquito Species in Europe“ (ECDC 2012) bzw. „Guidelines for the Surveillance of Native Mosquito Species in Europe“ (ECDC 2014).

2 Material und Methoden

Wie am 30.06.2011 bei der BLE dargelegt und diskutiert, sollte das Studiendesign des Projektantrages ergänzend zu einem vom Robert-Koch-Institut geförderten Projekt (FKZ: RKI-Fo_1362/1-982) zum „Monitoring der einheimischen Stechmückenfauna (Diptera, Culicidae) und Testung potenzieller Vektorarten auf humanpathogene Viren“ aufgebaut werden.

2.1 Studien-Design, Arbeiten zum Vorkommen, Verbreitung und Phänologie

Für das Studien-Design wurden zu den mehr oder weniger gleichmäßig über Deutschland verteilten Standorten (2011: 54, 2012: 53, 2013: 43) aus dem RKI Projekt (Abb. 1, Tab. 2) von 2011 bis 2014 an 28, 43, 33 bzw. 31 weiteren Standorten (Abb. 1, Tab. 3) speziell für den Stechmückenfang konzipierte Fallen aufgestellt.

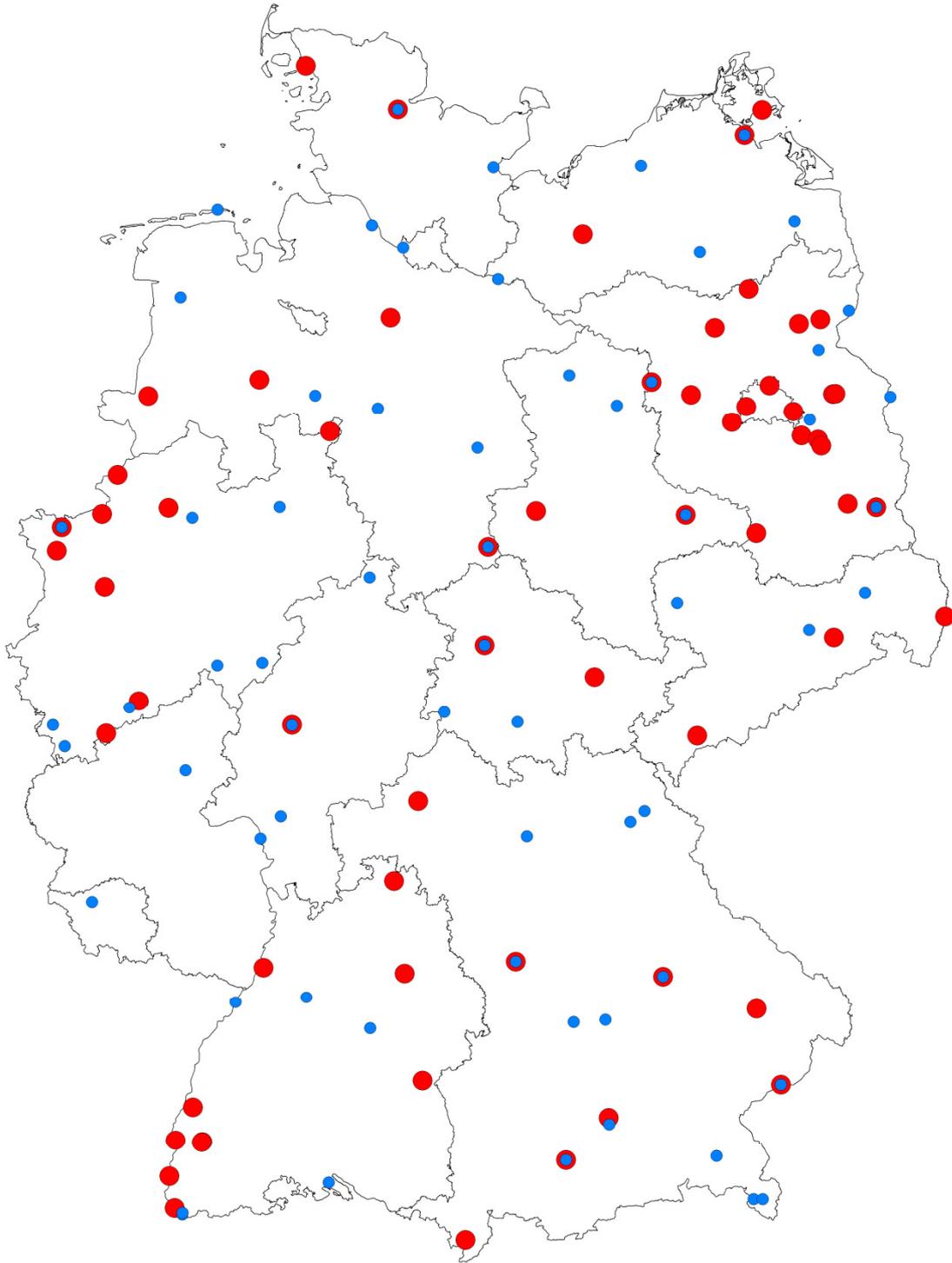


Abb. 1: Standortverteilung der BG-Sentinel Fallen (BLE-Fallen: rot, RKI-Fallen: blau; aus dem RKI Projekt übernommene/ weitergeführte Fallen: blau mit rotem Umriss)

Tab. 2: Lokalisation und jährliche Beteiligung der Fallenstandorte im RKI Projekt

Bundesland	Standort-Nr.	Gebietsbezeichnung	Standort-Typ	Koordinaten		2011	2012	2013
Schleswig-Holstein	1	NP Hüttener Berge	Dorfrand, naturnaher Garten	N 54.413083	E 9.722472	+	+	+
	2	Scharbeutz-Gronenberg	Dorfrand, naturnaher Garten	N 54.041083	E 10.707389	+	+	-
Mecklenburg-Vorpommern	3	Dummerstorf	Institut für Nutztierbiologie, Betriebsgelände (ländlich)	N 54.018917	E 12.239861	+	-	-
	4	Greifswald-Gristow	Dorfrand, naturnaher Garten mit Waldrand mit Meeresnähe	N 54.172167	E 13.329778	+	+	+
	5	NP Ostufer Müritz	Waldaue	N 53.472056	E 12.800333	+	+	+
	6	Galenbecker See	Dorfrand, naturnaher Garten	N 53.625250	E 13.787472	+	+	+
Hamburg	7	Mühlenberger Loch	Elbinsel	N 53.555806	E 9.761139	+	+	+
Niedersachsen	8	Wangerooge	Heide	N 53.787222	E 7.851583	+	-	-
	9	NP Niederelbe/Asseler Sand	Flussauengebiet	N 53.694250	E 9.444444	+	+	+
	10	Leer	Garten Siedlung	N 53.234556	E 7.488417	+	+	-
	11	Biosphärenreservat Elbtalaue	Flussaue	N 53.344306	E 10.728722	+	+	+
	12	Diepholzer Moorniederung	ländlicher Hof mit Moornähe	N 52.638000	E 8.863556	+	+	+
	13	Steinhuder Meer	FLI Betriebsgelände, Wald- und Bachnähe	N 52.559139	E 9.491806	+	+	+

	14	Braunschweig	urbaner Garten	N 52.305583	E 10.483111	+	+	+
Sachsen-Anhalt	15	Aland-Elbe-Niederung	Dorfrand, naturnaher Garten	N 52.542111	E 11.888000	+	+	+
	16	NP Hochharz	Waldrandgebiet	N 51.697000	E 10.565667	+	+	+
	17	Biosphärenreservat Mittlere Elbe	Fluss-/Waldaue	N 51.850639	E 12.522972	+	+	+
Brandenburg	18	Untere Havel/Gölper See	ländlicher Hof mit Seenähe	N 52.678306	E 12.246944	+	+	+
	19a	Unteres Odertal	Dorfrand, Garten	N 52.818333	E 13.942583	+	-	-
	19b	Unteres Odertal	Flussaue	N 53.046667	E 14.274472	-	+	+
	20	Seelow (Oder)	Flussaue	N 52.497639	E 14.626222	+	+	+
	21	Frankfurt	Flughafen	N 50.039278	E 8.543917	+	+	+
	22	Peitzer Teichgebiet	ländlicher Hof	N 51.826333	E 14.402750	+	+	+
Berlin	23	Berlin	Flussaue	N 52.389889	E 13.804361	+	+	-
Nordrhein-Westfalen	25	FFH-Gebiet Münster-Süd	biol. Station, Waldnähe	N 51.877583	E 7.650139	+	+	+
	26	Bielefeld	Rieselfelder	N 51.951083	E 8.512556	+	+	+
	27a	Unterer Niederrhein	Flussaue	N 51.799333	E 6.365694	+	+	+
	27b	Bonn	bewaldeter Garten, Stadtrand	N 50.691639	E 7.079500	-	+	-
	28a	NP Ebbegebirge	Wald-/Wiesengebiet	N 50.966167	E 7.919389	+	-	-
	28b	NP Ebbegebirge	Feuchtwiese	N 50.984889	E 8.354361	-	+	+
	28c	NP Ebbegebirge	Wald-/Wiesengebiet	N 50.984583	E 8.354111	-	+	-
Hessen	29	Hofgeismar	Klärwerk, ländlich	N 51.510500	E 9.397722	+	+	+
	30	Gießen	landwirtschaftl. Betrieb, Stadtrand	N 50.598028	E 8.646028	+	+	+

	31	Ludwigsau/Trebur	Flussau	N 49.901528	E 8.353194	+	+	+
	32	Jeetze	Dorfrand, naturnaher Garten	N 52.740583	E 11.419722	+	+	+
Thüringen	33	NP Hainich	Wald	N 51.084139	E 10.511000	+	+	+
	34	Biosphärenreservat Vessertal	Wald	N 50.604361	E 10.812194	+	+	+
	35	Biosphärenreservat Rhön	Wald	N 50.673667	E 10.110028	+	+	+
Sachsen	36	Leipzig	urbaner Garten	N 51.306806	E 12.39825	+	+	+
	37a	Dresden	urbaner Garten	N 51.096111	E 13.663417	+	-	-
	37b	Ralbitz-Laske	naturnaher Garten	N 51.302000	E 14.229306	-	+	-
	38a	NP Fichtelgebirge	suburbane Wiese mit Flussnähe	N 50.032250	E 11.997083	+	-	-
	38b	NP Fichtelgebirge	Waldrand	N 49.969722	E 11.859500	-	+	-
Rheinland-Pfalz	39a	NP Hohes Venn / Eifel	suburbaner Garten	N 50.442000	E 6.469472	+	-	-
	39b	NP Eifel	Wald	N 50.569306	E 6.351000	-	+	-
	40	Lahnstein	Siedlung	N 50.314278	E 7.632167	+	-	-
Saarland	41	NP Saar-Hunsrück	landwirtschaftl. Betrieb	N 49.483278	E 6.776194	+	+	+
Baden-Württemberg	42	Niefen-Öschelbrunn	urbaner Garten	N 48.916028	E 8.791639	+	+	+
	43	Stuttgart-Altbach	urbaner Garten mit Flussnähe	N 48.722556	E 9.381139	+	+	-
	44	Rastatt	Hafengelände	N 48.882028	E 8.133889	+	+	-
	45a	Grenzach	Siedlung	N 47.562639	E 7.674444	+	-	-
	45b	Grenzach	Flussau	N 47.570556	E 7.676389	-	+	+
	46	Mindelsee	Feuchtwald	N 47.765694	E 8.997722	+	+	+
Bayern	47	Bamberg	urbaner Garten	N 49.901528	E 10.87375	+	+	+

48	Regensburg	suburbaner Garten	N 49.002222	E 12.106861	+	+	+
49a	Donaumoos / Lech-Donau-Winkel	Flussaue	N 48.737722	E 11.264167	+	-	-
49b	Donaumoos / Lech-Donau-Winkel	Wiese, Siedlungsrand	N 48.745917	E 11.558417	-	+	+
50	München	Tierpark Hellabrunn	N 48.099472	E 11.560417	+	+	+
51	Unterer Inn (Ering)	dörtl. Garten mit Bachnähe	N 48.299611	E 13.145889	+	+	+
52	Ammersee / Starnberger See	Fischzuchtbetrieb, ländlich	N 47.883417	E 11.157333	+	+	+
53	Altmühltal	Betriebsgelände Seemeisterstelle, Seeuferbereich	N 49.125556	E 10.739861	+	+	+
54	Chiemsee	Bootshaus am See	N 47.874944	E 12.526278	+	+	+
55a	NP Berchtesgaden, Ramsau	Wald	N 47.598556	E 12.842250	+	-	-
55b	NP Berchtesgaden, Ramsau	Wald	N 47.597000	E 12.925111	-	+	+

Tab. 3: Lokalisation und jährliche Beteiligung der Fallenstandorte im BLE Projekt

Bundesland	Standort-Nr.	Gebietsbezeichnung	Standort-Typ	Koordinaten	2011	2012	2013	2014
Schleswig-Holstein	1	Husum, Ockholm	Polder	N 54.681889 E 8.757306	+	+	+	+
	2	NP Hüttener Berge, Damendorf	Dorfrand, naturnaher Garten	N 54.413907 E 9.722350	-	-	-	+

Mecklenburg-Vorpommern	3	Vilm	Inselsaum, bewaldet	N 54.326635	E 13.531809	+	+	-	-
	4	Greifswald-Gristow	Dorfrand, naturnaher Garten mit Waldrand in Meeresnähe	N 54.172044	E 13.330316	-	-	-	+
	5	Crivitz	Grünland	N 53.612222	E 11.609861	+	+	+	+
Niedersachsen	6	Fresenburg	Garten in Kanalnähe	N 52.882786	E 7.311545	+	-	-	-
	7	Geeste, Groß-Hesepe	Moorgebiet	N 52.622930	N 7.184647	-	+	+	+
	8	Lüneburg, Deepen	Grünland	N 53.118056	E 9.626944	+	+	+	+
	9	Vechta	urbaner Garten	N 52.736019	E 8.288748	-	+	-	-
Sachsen-Anhalt	10	Halberstadt	urbaner Friedhof	N 51.908306	E 11.047083	+	+	+	-
	11	NP Hochharz, Wernigerode	Waldrandgebiet	N 51.697000	E 10.565667	-	-	-	+
	12	Mittlere Elbe, Seegrehna	Fluss- u. Waldaue	N 51.850639	E 12.522972	-	-	-	+
Brandenburg	13	Angermünde	urbaner naturnaher Garten	N 53.004416	E 13.982610	-	+	+	-
	14	Buschow	Grünland	N 52.588645	E 12.635109	-	+	-	-
	15	Untere Havel, Havelaue	Flussaue	N 52.678306	E 12.246944	-	-	-	+
	16	Lychen	Seeufer, bewaldet	N 53.219570	E 13.275163	-	+	+	+
	17	Zippelsförde	Waldgebiet	N 52.992910	E 12.908413	+	+	+	+
	18	Herzberg	Flussaue	N 51.716308	E 13.206403	+	+	+	+
	19	Waldsiedersdorf, Seestr.	Dorf, naturnaher Garten in Seenähe	N 52.542055	E 14.077796	+	+	+	+
	20	Waldsiedersdorf, Akazienweg	Waldgebiet	N 52.541490	E 14.055026	-	+	+	+
	21	Peitzer Teichgebiet, Maust	ländlicher Hof	N 51.826333	E 14.402750	-	-	-	+
	22	Storkow, Zum Kanal	Garten in Kanalnähe	N 52.265199	E 13.872980	-	+	+	-

	23	Storkow, Wochowseer Str.	ländlicher Hof in Seenähe	N 52.226038	E 13.902671	-	-	+	+
	24	Königs Wusterhausen	Waldgebiet in Seenähe	N 52.296089	E13.712761	-	+	-	-
	25	Potsdam, Botanischer Garten	urbanes Grünland	N 52.404304	E13.026949	-	+	-	-
	26	Burg b. Cottbus	ländlicher Hof	N 51.859984	E 14.123260	-	+	-	-
Berlin	27	Berlin-Friedrichshagen	Stadtgebiet, naturnah	N 52.448379	E 13.648784	+	-	-	-
	28	Berlin-Märkisch Buchholz	Wald	N 52.618643	E 13.425338	-	-	+	-
	29	Berlin-Gatow	Urbaner naturnaher Garten	N 52.496434	E 13.180071	-	+	-	-
Nordrhein-Westfalen	30	Duisburg, Zoo	Stadtgebiet, Zoo	N 51.434306	E 6.805278	+	+	+	-
	31	Ahaus-Alstätte	Waldgebiet	N 52.129203	E 6.89974	+	+	+	-
	32	Borken	Grünland	N 51.888008	E 6.759236	-	+	+	-
	33	Bonn-Pützchen	Waldgebiet	N 50.735368	E 7.168719	+	+	+	-
	34	Petershagen-Windheim	Grünland	N 52.415901	E 9.009472	-	+	+	-
	35	Münstereifel	Waldgebiet	N 50.528829	E 6.862881	-	-	+	-
	36	Uedemerbruch	Grünland	N 51.654001	E 6.325203	-	+	-	-
	37	Schapidetten	Grünland	N 51.935749	E 7.413775	-	+	-	-
	38	Rees-Bienen	Flussaue	N 51.799333	E 6.365694	-	-	-	+
Hessen	39	Gießen	landwirtschaftl. Betrieb, Stadtrand	N 50.598848	E 8.644465	-	-	-	+
Thüringen	40	NP Hainich, Mülverstedt	Wald	N 51.084139	E 10.511000	-	-	-	+
	41	Jena	Stadtgebiet, naturnah	N 50.869800	E 11.566047	+	+	+	+
Sachsen	42	Görlitz	Flussaue	N 51.119467	E 14.986878	+	+	+	+
	43	Dresden OT Schönfeld	naturnaher Garten	N 51.040458	E 13.898356	-	+	+	+

	44	Zwickau-Schönheide	Waldrand	N 50.480611	E 12.530556	+	+	+	+
Baden-Württemberg	45	Ulm	urbaner Garten	N 48.396677	E 9.859899	+	+	+	-
	46	Breisach	Waldgebiet	N 48.019686	E 7.600733	+	+	+	-
	47	Tauberbischofsheim	urbaner Garten	N 49.632333	E 9.613417	+	+	-	-
	48	Neuenburg	Feuchtwald	N 47.79725	E 7.550639	+	+	-	-
	49	Weil am Rhein	naturnaher Garten an Flussaue	N 47.600972	E 7.605194	+	+	-	-
	50	Freiburg, Friedhof	urbaner Friedhof	N 48.011028	E 7.841056	+	+	+	-
	51	Freiburg, Containerbahnhof	urban	N 48.013861	E 7.846444	+	+	+	+
	52	Herbolzheim	Kläranlage	N 48.226333	E 7.754861	+	+	+	-
	53	Eggenstein-Leopoldshafen	Wald- und Flussaue	N 49.099028	E 8.389927	-	+	+	-
	54	Rosengarten-Rieden	Waldgebiet	N 49.061895	E 9.705303	-	+	+	+
Bayern	55	Deggendorf	Flussaue	N 48.775131	E 12.956832	+	+	+	+
	56	Regensburg	suburbaner Garten	N 49.002300	E 12.106539	-	-	-	+
	57	Würzburg	urbaner Garten	N 50.130138	E 9.847999	+	+	-	-
	58	Oberstdorf-Tiefenbach	Waldrand	N 47.406359	E 10.231134	+	+	+	+
	59	München, Hauptbahnhof	Bahnhof, urban	N 48.140613	E 11.556096	+	-	-	-
	60	Unterer Inn, Ering am Inn	dörtl. Garten mit Bachnähe	N 48.299611	E 13.145889	-	-	-	+
	61	Wielenbach, Starnberger See	Fischzuchtbetrieb, ländlich	N 47.883417	E 11.157333	-	-	-	+
	62	Altmühltal, Gunzenhausen	Seeuferbereich	N 49.125556	E 10.739861	-	-	-	+

Die Stechmückenfallen wurden in einem gleichmäßig über Deutschland gelegten Rasternetz installiert. Das Rasternetz sollte eine Kantenlänge von ca. 100 km besitzen, so dass bei einer Falle pro Rasterquadrat insgesamt etwa 35 bis 40 Fallenstandorte anfielen. Weitere Fallenstandorte wurden an Sonderstandorten (z.B. Überflutungsbereiche von Flüssen, Autoreifenhandel, Tierpark, Friedhöfe, Moorgebiete, Braunkohleabbaugebiet) eingerichtet. Die Fallen dienten zur Erfassung der Stechmücken-Imagines. Diese Daten bildeten die Basis im Projekt und ergaben Hinweise zur aktuellen Verbreitung potenzieller Virusüberträger.

Der für die Projektdurchführung gewählte Fallentyp (Abb. 2; BG-Sentinel Stechmückenfallen mit dem Lockstoff BG-Lure und Kohlendioxid als Attraktanzien) hat sich mittlerweile weltweit als höchst effiziente Falle zum Fang von Stechmücken, insbesondere von *Aedes*-Arten, bewährt und basiert auf den Ergebnissen früherer Studien im mitteleuropäischen Raum zum Fang von *Ae. albopictus* und weiteren tropischen *Aedes*-Arten. Begründet wird das durch die kombinierte Lockwirkung von Lockstoff und CO₂, welches auch andere Stechmücken-Arten mit mindestens gleichwertigem Erfolg anlockt und einfängt wie andere gebräuchliche Stechmückenfallen (z.B. Meeraus et al. 2008, Farahjollahi et al. 2009).



Abb. 2: BG-Sentinel-Falle mit 10 kg CO₂-Kurzflasche

Die Fallen werden vor Ort von Behördenvertretern, Nationalparkangestellten, wissenschaftlichen Kollegen und Privatpersonen betreut und waren jährlich von April bis Oktober einmal wöchentlich für jeweils 24 Stunden aktiv. Die trocken gefangenen Mücken wurden bei mindestens -20 °C, wenn möglich bei -70 °C, konserviert. Die morphologische Aufarbeitung des Materials erfolgte am ZALF. Bei Komplex- oder Zwillingarten bzw. beschädigtem Material wurden die Individuen molekularbiologisch am FLI identifiziert.

Ab 2012 kamen an weiteren Standorten sogenannte Gravid Traps (Abb. 3) zum Fang ablagebereiter Stechmückenweibchen, EVS CO₂ Mosquito Traps (Abb. 4) zum Fang wirtsuchender Stechmückenweibchen und Ovitrap (Abb. 5) zum Nachweis von Mückeneiern, die von Weibchen der Gattung *Aedes* abgelegt werden, zum Einsatz.

Dieses Monitoring wurde vorrangig in den Verbreitungsgebieten der asiatischen Buschmücke, *Aedes japonicus*, realisiert. Pro Population/ Verbreitungsgebiet wurde die Installation von mindestens einer Gravid Trap bzw. EVS Trap und mehreren Ovitraps durchgeführt. Während für die EVS CO₂ Mosquito Traps dasselbe Fangschema vorgesehen war wie für die BG-Sentinels, wurden die Gravid Traps pro Fangperiode mehrmals für mehrere aufeinanderfolgende Tage an den Standorten positioniert. Die Daten ergänzten sich in idealer Weise durch die Wahl unterschiedlicher Fallenstandorte und unterschiedlicher Fallentypen. Bei den Fängen aus den Gravid-Traps, die gravide, ablagebereite Mückenweibchen anlocken, die mindestens einmal Blut gesogen haben müssen, besteht folglich eine höhere Wahrscheinlichkeit, aufgenommene Pathogene zu finden als bei den Mücken, die mit den BG-Sentinel-Fallen gefangen werden, da sich ein umfassender Teil der Mücken vermutlich erstmals auf Wirtsuche befindet und daher noch keine Gelegenheit hatte, sich an einem Erregerreservoir zu infizieren.



Abb. 3: Gravid-Trap mit Fangbeutel



Abb. 4: EVS-Falle mit Trockeneisbestückung



Abb. 5: Ovitrap mit Holzspatel zur Eiablage

Durch den Einsatz der verschiedenen Fallentypen und ergänzenden Fangvorrichtungen konnte einerseits nicht nur das Fallennetz dichter gemacht und so zuverlässigere Daten über die Gesamtfläche erhoben werden, sondern andererseits auch Unterschiede im Artenspektrum der gefangenen Mücken erwartet werden. Nicht nur der Anflug von Stechmückenweibchen mit unterschiedlichem gonotrophischen Zyklus und daher möglicherweise unterschiedlichem Infektionszustand war mittels der Gravid Traps möglich, sondern auch der Fang verschiedener Stechmücken-Arten, da diese auf unterschiedliche Lockstoffe bzw. Lockstoffkombinationen reagieren und unterschiedlich geardete Brutablageplätze präferieren. So wird das erfasste Artenspektrum bei einer Kombination der Fallentypen beträchtlich erweitert und mit höherer Wahrscheinlichkeit potenzielle Virusüberträger inkl. mammalo- und ornithophiler sowie zwischen Vögeln und Säugern nicht-diskriminierender Spezies eingeschlossen.

In den Tabellen 4 bis 6 sind die Standorte der zusätzlichen Fallen gelistet.

Tab. 4: Lokalisation der Fallenstandorte (EVS Fallen)

Bundesland	Standort-Nr.	Gebiets-bezeichnung	Standort-Typ	Koordinaten	
Berlin	2	Berlin-Gatow	Feldrain	N 52.496434	E 13.180071
Brandenburg	1	Potsdam	Wald	N 52.403728	E 13.026166
	3	Angermünde	Wald mit Wiese	N 53.004468	E 13.982631
	5	Waldsiefersdorf	Wald an See	N 52.671178	E 12.715616
	6	Buschow	Feldrain	N 52.587119	E 12.635250
	9	Königs-Wusterhausen	Wald an See	N 52.296089	E 13.712761
	10	Cottbus	Wiese	N 51.860184	E 14.123101
Baden-Württemberg	4	Eggenstein-Leopoldshafen	Wald hinter Deich	N 49.102786	E 8.384063
	7	Rosengarten-Rieden	Wald	N 49.061881	E 9.705299
Hessen	16	Knüllwald	Wald	N 50.986099	E 9.481773
	17	Giessen	Wiese an Bach	N 50.598984	E 8.646405
Niedersachsen	8	Vechta	Wald	N 52.712587	E 8.300114
NRW	11	Petershagen-Windheim	Wiese	N 52.417517	E 9.010032
	11	Borken	Wald	N 51.842990	E 6.884594
	12	Schapidetten	Wald an Feld	N 51.933444	E 7.421905
	13	Ahaus-Alstätte	Wald an Feld	N 52.125980	E 6.903956
	15	Uedemerbruch	Wald	N 51.651791	E 6.337366

Tab. 5: Lokalisation der Fallenstandorte (Ovitrap)

Bundesland	Standort-Nr.	Gebiets-bezeichnung	Standort-Typ	Koordinaten	
Brandenburg	181-190	Schöneiche	Gartengelände	N 52.468560	E 13.705416
	191-200	Waldsiefersdorf	Gartengelände	N 52.541989	E 14.07747
NRW	1-50	Troisdorf	Friedhof	N 50.735667	E 7.091244
	51-100	Bornheim	Friedhof	N 50.765019	E 6.994811
	101-150	Alfter	Friedhof	N 50.740203	E 7.005068
	151-180	Bonn	Friedhof	N 50.735667	E 7.091244
NS	1-50	Münder	Friedhof	N 52.197015	E 9.475944
	51-100	Barsinghausen	Friedhof	N 52.303511	E 9.471449
	101-150	Bad Eilsen	Friedhof	N 52.234093	E 9.09914
	151-180	Wehl	Friedhof	N 52.130744	E 9.340217
BW	1-50	Rosengarten	Friedhof	N 49.065954	E 9.708875
	51-100	Freiburg	Friedhof	N 47.981371	E 7.887863
	101-350	Freiburg	Friedhof	(diverse FH zum <i>Ae. albopictus</i> Monitoring)	
	351-400	Tübingen	Friedhof	N 48.529957	E 9.087105
Brandenburg	1-50	Schöneiche	Friedhof	N 52.475754	E13.702898
	51-100	Waldsiefersdorf	Friedhof	N 52.545223	E14.070472
	101-150	Lychen	Friedhof	N 53.205368	E13.319667
	151-180	Neuruppin	Friedhof	N 52.950910	E12.849400
Berlin	1-50	Kaulsdorf	Friedhof	N 52.511787	E13.576079
	51-100	Weißensee	Friedhof	N 52.558872	E13.479115

Tab. 6: Lokalisation der Fallenstandorte (Gravid-Traps)

Bundesland	Standort-Nr.	Gebiets-bezeichnung	Standort-Typ	Koordinaten	
NRW	1-10	Troisdorf	Friedhof	N 50.735667	E 7.091244
	11-20	Alfter	Friedhof	N 50.740203	E 7.005068

Zur Überwachung von Populationen invasiver Mückenarten wurden Friedhöfe aufgrund der Vielzahl potenzieller Brutgewässer ausgewählt. Sie sind ideal für eine solche Beprobung (Vezzani 2007) und wurden in den Befallsgebieten und insbesondere in den Übergangsregionen zwischen Befalls- und Nicht-Befallsgebieten routinemäßig zweimal pro Jahr (Mai/ und August) beprobt. Dieser Beprobung wurde ein geografisches Raster mit einer Zellengröße von 10 x 10 km² zugrunde gelegt, wobei in jeder Rasterzelle mindestens ein Friedhof untersucht werden sollte. Die Anwesenheit von *Ae. japonicus*-Larven und -puppen zeigt die Ver- und Ausbreitung der Art an.

Darüber hinaus wurden deutschlandweit zahlreiche adhoc-Sammlungen/ Handaufsammlungen von Stechmücken durchgeführt, indem adulte Stadien gekeschert und aspiriert und präimaginale Stadien aus ihren Brutgewässern entnommen wurden. Um die Fangzahlen und das Untersuchungsmaterial weiter zu erhöhen, wurden in den Wintermonaten Sammlungen überwinternder adulter Mücken durchgeführt. Dazu wurden in den verschiedenen Bundesländern die Begänge in den Fledermaus-Winterquartieren genutzt, die auch von Stechmückenweibchen zur Überwinterung genutzt werden.

Alle Nachweise von invasiven Arten (*Ae. albopictus*, *Ae. j. japonicus*) wurden in die VBORNET/VectorNet-Datei für invasive Mückenarten des ECDC eingegeben.

2.2 Citizen-Science-Projekt Mückenatlas

Ein Monitoring der Stechmücken-Fauna Deutschland, welches einzig auf der Verwendung von BG-Sentinel-Fallen und kleinräumig auf den Einsatz zusätzlicher Fangsysteme aufgebaut wäre, würde unter den dem Projekt zugrunde liegenden finanziellen und personellen Bedingungen für die Erstellung von detaillierten Verbreitungskarten nicht ausreichend sein. Zur zusätzlichen Materialgewinnung und Verbesserung der verwertbaren Datensätze wurde 2012 daher das Citizen-Science-Projekt ‚Mückenatlas‘ ins Leben gerufen, bei dem interessierte Bürgerinnen und Bürger aufgefordert werden, Stechmücken in ihrem persönlichen Umfeld, d.h. in der Wohnung, im Garten, beim Spaziergang etc., zu fangen und möglichst unversehrt zur weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung einzuschicken. Das Prozedere des Mitmachens gestaltet sich für den Interessenten relativ übersichtlich und wird auf der Homepage des ‚Mückenatlas‘ (www.mueckenatlas.de) detailliert erklärt. Der Fang sollte mit einem verschließbaren Gefäß geschehen, welches zum Abtöten der Mücke am besten über Nacht tiefgekühlt werden sollte, so dass die Mücke keinen Schaden nimmt und eine morphologische Artidentifizierung nachfolgend noch möglich ist. Zum Verschicken sollte die Mücke vorsichtig in ein bruchsicheres kleines Gefäß überführt werden und zusammen mit dem auf der Internetseite herunterladbaren Begleitformular, auf dem die näheren Umstände des Fangs (Örtlichkeit, Tageszeit, Wetterlage etc.) abgefragt werden, eingeschickt werden.

Nach der morphologischen und genetischen Identifizierung der Mücken erhält der Einsender eine persönliche Rückantwort mit Bezug auf die Einsendung, Hinweisen zur Ökologie der Spezies und nach Wunsch einen Online-Eintrag. Der komplette Datensatz mit Artidentifizierung und Fundortangaben wird in die Datenbank Culbase aufgenommen. Der Vorteil dieses Projektes liegt in der ausschließlichen Bearbeitung des Untersuchungsmaterials durch die Wissenschaftler und dadurch gleichzeitigen Absicherung der Daten.

2.3 Bestimmung und Verbleib des Materials

Die Mücken aus den Fängen bzw. den Einsendungen aus dem Mückenatlas wurden im ZALF nach morphologischen Kriterien unter der Nutzung der Bestimmungsschlüssel von Schaffner et al. (2001) und Becker et al. (2010) realisiert. Verwertbare Mücke gingen als genadelte Objekte in die im Aufbau befindliche Referenzsammlung am ZALF.

2.4 Molekularbiologische Charakterisierung des Materials

Eine genetische Identifizierung der Mücken erfolgte zum Abgleich nah verwandter und morphologisch ähnlicher Arten (Komplex- oder Zwillingarten) bzw. aufgrund von Beschädigungen von Exemplaren per artspezifischer PCR oder COI (Cytochrom-Oxidase Untereinheit I)-Barcoding (vgl. Rudolf et al. 2013, Proft et al. 1999, Folmer et al. 1994). Für isomorphe Spezies wäre/ war es wünschenswert, weitere PCR-basierte Tests zur Artidentifizierung im Projekt zu entwickeln (vgl. Kronefeld et al. 2012, 2014b). Die gewonnene DNA wurde in eine DNA-Referenzbank am FLI überführt.

2.5 Pathogenscreening

Einige invasive Arten sind in den Gebieten ihrer natürlichen Verbreitung oder in bereits früher neu eroberten Gebieten außerhalb Europas als effiziente Vektoren bekannt, andere zeigten sich im Labor als kompetente Überträger. So gilt *Ae. albopictus* als Überträger von über 20 Viren und von Dirofilarien, *Ae. aegypti* als Überträger des Gelbfieber- und des Dengue-Virus und *Cx. tritaeniorhynchus* als Überträger des Japanische Enzephalitis-Virus. Das Vektorpotential von *Ae. japonicus* und *Ae. koreicus* gilt als weniger hoch, wenngleich diese Arten im Labor erfolgreich mit dem WNV, dem Dengue-Virus, dem Chikungunya-Virus, dem LaCrosse-Virus, dem Japanische Enzephalitis-Virus und dem Östliche Equine Enzephalitis-Virus infiziert werden konnten. In ihrer natürlichen Umgebung in Asien haben *Ae. japonicus* und *Ae. koreicus* als Vektoren nur sekundäre Bedeutung, da andere, häufigere Stechmücken-Arten die dort zirkulierenden Pathogene effizienter übertragen.

Die konservierten Mücken aus den BG-Sentinel-Fallen, EVS-Fallen, Gravid Traps und manuellen Aufsammlungen wurden für den Nachweis von RNA-Viren aufgearbeitet und in Pools von bis zu 50 Individuen, gruppiert nach Spezies (endemisch und invasiv), Fallenstandort und Datum, per realtime PCR dem Pathogenscreening unterzogen. Die gepoolten Stichproben der Mückenfänge wurden am FLI auf verschiedene Viren (Togaviren: z.B. Sindbis-Virus; Flaviviren: z.B. West-Nil-Virus, Usutu-Virus; Orthobunyaviren: z.B. Batai-Virus, Tahyna-Virus) gescreent, um deren Zirkulation, jahreszeitliches und regionales Auftreten und möglicherweise Assoziation an bestimmte Mückenspezies zu ermitteln (Eshoo et al. 2007, Aranda et al. 2009, Calzolari et al. 2010).

2.6 Datenbank

Kernstück des Projekts war der Aufbau einer zentralen Datenbank, die in Zusammenarbeit mit dem FLI am Institut für Epidemiologie konzipiert und mit Unterstützung durch das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg, aufgebaut wurde. Ziel war es, alle in den letzten Jahren erfassten Stechmücken-relevanten Daten für Deutschland (z.B. zur Verbreitung, Biologie, Fundortcharakteristika, Vektorkompetenz, ggf. Erregernachweis etc.) einzugeben/ dauerhaft zu sichern und perspektivisch für Risikoanalysen zu nutzen.

Die Gesamtheit der Sammeldaten dieses Projektes wurde daher kontinuierlich in die Stechmücken-Datenbank ‚CULBASE‘ (www.culbase.fli.bund.de) eingegeben, die seit dem 01.01.2014 am FLI gehostet wird. Die Nutzung dieser Datenbank ist auch für zukünftige Projekte geplant und grundlegend für weitere Forschungsaktivitäten.

3 Ergebnisse

Änderungen in der Fauna sind als Folge von zunehmender Globalisierung und Klimaveränderung, aber auch in Reaktion auf natürliche oder anthropogen bedingte Umweltveränderungen möglich (z.B. Ponçon et al. 2007). Ein kritischer Faktor für die Entwicklung von Culiciden ist insbesondere die Verfügbarkeit von Feuchtgebieten, die ihnen als Brutstätten dienen. So sind Flussrenaturierungen, Feuchtgebietssanierungen, Versumpfung oder Trockenlegung von Sumpfgebieten, der Bau von Staudämmen, Abholzungen von Waldgebieten, Überschwemmungen und ähnliche Ereignisse oft entscheidend für die An- oder Abwesenheit von Stechmücken im Allgemeinen und von bestimmten Arten im Speziellen.

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Identifizierung des Materials

Die gefangenen Mücken wurden morphologisch bzw. molekularbiologisch bis auf Artniveau bestimmt.

Im Rahmen des Projektes wurde die von Proft et al. (1999) etablierte PCR zur Trennung der Arten des *An. maculipennis*-Komplexes um die Art *An. daciae* erweitert (Kronefeld et al. 2014b). Diese war erst 2004 infolge der unterschiedlichen Gestaltung der ITS2 Region der ribosomalen DNA als eigene Art des *An. maculipennis* Komplexes erkannt worden (Nicolescu et al. 2004). Zuvor war sie aufgrund hoher morphologischer und genetischer Ähnlichkeit stets als *An. messeae* identifiziert worden. Die Differenzierung der Arten *An. messeae* und *An. daciae* ist bislang nur durch eine Amplifikation der ITS2-Region und einer nachfolgenden DNA-Sequenzierung oder durch eine RFLP-Analyse möglich gewesen. Mit der neuen PCR-Methode konnten für Deutschland die Zwillingarten *An. maculipennis*, *An. atroparvus*, *An. messeae* und *An. daciae* nachgewiesen werden.

Weitere nah verwandt und kryptische Arten, die morphologisch nicht identifiziert werden konnten, wurden einem COI-Barcoding unterzogen. Unter Verwendung der archivierten Daten der online-Datenbank BOLD konnte so in den meisten eine Artzuordnung des Materials vorgenommen werden. U.a. wurde das Vorkommen der Arten *Ae. cinereus* und *Ae. geminus*, sowie *Oc. riparius*, *Oc. annulipes*, *Oc. excrucians* und *Oc. cantans* für Deutschland bestätigt.

3.1.2 Ergebnisse zur Stechmückenfauna

3.1.2.1 Allgemeine Befunde

Da die Fangaktivitäten naturgemäß weder über die Anzahl der eingesetzten Fallen, noch der Fallenbetreuer oder den Mückenatlas standardisiert werden konnten, ist es nicht möglich, die Fänge quantitativ auszuwerten. Die qualitative Analyse weist *Ae. vexans* und *Cx. pipiens* s.l. als die häufigsten Arten auf. Ebenfalls häufig sind *Cs. annulata*, *An. claviger*, *An. maculipennis* s.l., *An. plumbeus*, *Cq. richiardi* und *Oc. annulipes/cantans/riparius*. Alle anderen Arten wurden deutlich seltener gefangen.

Culex pipiens s.l. wurde häufig über die ganze Sammelperiode nachgewiesen, andere Arten, wie *Oc. sticticus*, traten erst ab Ende Juni/Anfang Juli auf.

Die Artenvielfalt an den einzelnen Standorten war ebenfalls sehr unterschiedlich. Die Standorte 13 (Angermünde), 17 (Zippelsförde), 18 (Herzberg), 19 (Waldsiefersdorf, Seestrasse), 20 (Waldsiefersdorf, Akazienweg), 23 (Storkow), 42 (Görlitz), 53 (Eggenstein) und 55 (Deggendorf) weisen z.B. eine hohe Artenvielfalt auf, die Standorte 9 (Vechta), 10 (Halberstadt), 24 (Königs Wusterhausen), 28/ 29 (Berlin), 30 (Duisburg), 33 (Bonn), 34 (Petershagen), 37 (Schapdetten), 57 (Würzburg) und 58 (Oberallgäu) eine geringe Artenvielfalt. Häufig fanden sich Standorte mit hoher Artenvielfalt in natürlicher, ländlicher Umgebung oder im Überflutungsbereich von Gewässern, während Standorte mit geringer Artenvielfalt eher in Siedlungsbereichen lagen. Dies lässt sich jedoch nicht pauschalisieren. Die Standorte 1 (Husum), 6 (Fresenburg) oder 31 (Arhaus-Alstätte) besitzen z.B. trotz einer sehr ländlichen Lage, im Falle des Standortes 6 in Flussauennähe, oder des Standortes 33 im Wald, eine geringe Artenvielfalt.

Beispiele dafür, wie sehr die Stechmückenpopulationen von den Umweltbedingungen abhängig sind, geben verschiedene Standorte. In manchen Jahren werden nur wenige Individuen von wenigen Arten gefangen, in anderen Jahren sind höhere Fangzahlen auf mehrere Arten verteilt. Beispielsweise zeigte Standort 5 (Crivitz) von 2011 bis 2013 ein Artenspektrum von 6 bis 7 Arten. Im niederschlagsarmen Jahr 2014 waren hingegen nur vier Arten in geringer Anzahl nachweisbar. Ähnliche Aussagen sind für weitere Standorte zu treffen: Standort 7 (Geeste) zeigte als typischer Moorstandort 2012 und 2013 10 verschiedene Arten, in 2014 hingegen waren nur drei Arten nachweisbar. Am Standort 8 (Deepen) waren 2013 8 Arten vertreten, 2012 nur zwei, 2014 sogar nur eine Art.

Standort 41 (Jena), der am Rand einer städtischen Siedlung lag, zeigte in den Jahren 2011 und 2012 nur wenige Exemplare, i.W. *Cx. pipiens* s.l. Im Jahr 2013 ergab sich, vermutlich infolge der Niederschlags- und Hochwassersituation in Ostdeutschland, ein komplett anderes Bild: es wurden verstärkt vergleichsweise sehr hohe Fangzahlen verzeichnet.

Auch die genaue Position der Falle innerhalb eines Ortes ist entscheidend, wie das Beispiel der Standorte 50 und 51 (Freiburg Friedhof und Freiburg Containerbahnhof) unterstreicht. Hier wurden innerhalb des Ortes in unmittelbarer Nähe zwei Fallen positioniert, die ein unterschiedliches Spektrum an Mückenarten und -Anzahlen zeigten.

Die Artidentifizierung und die detaillierte Kenntnis der jeweiligen Arten sind essentiell für die Beurteilung eines potenziellen Vektors. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Fallensysteme und Methoden konnten morphologisch insgesamt 43 Stechmücken-Arten für Deutschland nachgewiesen.

Unter Berücksichtigung der Nachweise von Krüger & Tannich (2013) für *Anopheles algeriensis* in Niedersachsen und Becker & Kaiser (1995, persönliche Mitteilung) für *Uranotaenia unguiculata* in Baden-Württemberg erhöht sich die Anzahl der aktuell belegten Arten auf 45.

Die im Projekt nachgewiesenen Stechmücken-Spezies verteilen sich auf 24 *Aedes*-, 6 *Anopheles*-, 1 *Coquillettidia*-, 6 *Culex*- und 6 *Culiseta*-Arten (vgl. Tab. 5 und 7).

Die räumliche Verteilung der Arten über Deutschland (s. Fallenfänge in Anhang V) ist, bedingt durch die Ökologie der Mücken, sehr uneinheitlich. So wurde z.B. *Ae. vexans* (als Überschwemmungsart), *An. plumbeus*, *Cx. pipiens* s.l., *Culiseta annulata* oder *Oc. geniculatus* weit verbreitet über Deutschland gefangen. *Culiseta morsitans*,

Oc. caspius, *Oc. communis*, *Oc. flavescens*, *Oc. punctor* und *Oc. rusticus* dagegen wurden nur im Norden, *Oc. cataphylla* und *Oc. leucomelas* nur im Nordosten registriert.

Handaufsammlungen führten darüber hinaus zum Nachweis einiger seltener Arten, die z.T. schon lange nicht mehr gefangen wurden, wie *Cs. alaskaensis*, *Cs. glaphyoptera* und *Cs. ochroptera*. Diese Ergebnisse wurde bereits publiziert (Kampen et al. 2013). Diese Angaben unterstreichen, dass nicht alle Mücken mit dem Einsatz von Fallen nachzuweisen sind. Nicht zuletzt durch diese seltenen Arten ist die Anzahl der im Rahmen des Projektes nachgewiesenen Stechmückenarten im Vergleich zu den Aufsammlungen zu Beginn des Projektes gestiegen.

Der Fang der exotischen Mücken im Oberrheingebiet zeigt, dass diese Region Deutschlands offenbar besonders exponiert für die Einwanderung und Etablierung von neuen Mückenarten ist. Das Gebiet ist dadurch gekennzeichnet, dass hier aus Südeuropa kommende Hauptverkehrsachsen nach Deutschland führen und das Klima im deutschen Vergleich wegen der von Süden her einströmenden mediterranen Luftmassen besonders mild ist.

Außerdem kann festgestellt werden, dass die Mückenzahlen weit hinter den Erwartungen zurückblieben, auch wenn klar war, dass der eingesetzte Fallentyp (BG-Sentinel) keine Massen an Stechmücken einfangen würde. Generell waren die Beprobungsjahre 2011 und 2014 des Monitorings keine guten Mückenjahre. Dies belegen nicht nur Klimaauswertungen, sondern auch Berichte von wissenschaftlichen Kollegen und von Fallenbetreuern, die von deutlich größeren Mückenvorkommen an ihren Standorten in anderen Jahren gesprochen haben.

Im Gegensatz hierzu sind die Fänge in 2013 zu beurteilen. Die starken Regenfälle zu Beginn und während des Sommers, die u.a. die Hochwasserszenarien bedingten, führten zur Bildung zahlreicher Mückenbruthabitate und damit zur teilweisen Explosion von Stechmückenbeständen. Deutlich wurde diese Situation auch durch die starke Beteiligung interessierter Bürger am Citizen Science Projekt „Mückenatlas“, welches dazu geeignet ist, diese Ereignisse gut abzubilden.

3.1.2.2 Ergebnisse der Fänge (BG-Sentinel-Fallen)

Mittels BG-Sentinel Fallen wurden im Untersuchungszeitraum von 2011 bis 2014 66425 Stechmücken gefangen. Die Verteilung der beprobten Standorte variierte zwischen den Jahren. Im Jahr 2011 wurden 28 Standorte, 2012 43 Standorte, 2013 33 Standorte und 2014 31 Standorte mit BG-Sentinel Fallen beprobt. Insgesamt wurden 62 verschiedene Lebensräume betrachtet.

Als Standorte für die BG-Sentinelns wurden naturnahe Feuchtgebiete (Ramsar-Gebiete, Biosphärenreservate, FFH-Gebiete, Fluss- und Waldauen, Sümpfe, Moore, Teiche etc.), urbane und insulare Standorte sowie ökologisch oder epidemiologisch besondere Standorte, wie Flughäfen, Bahnhöfe, Friedhöfe, zoologische Gärten, Kläranlagen und Autobahnraststätten, ausgewählt, um ein weites Spektrum von Spezies in ihren besonderen Lebensräumen sowie invasive Mückenarten an möglichen Eintrittspforten nach Deutschland erfassen zu können. Einige Standorte wurden während des Projektverlaufes aufgegeben bzw. verlagert.

Auch die Fangausbeute variierte während der Untersuchungsjahre deutlich zwischen den über ganz Deutschland verteilten Standorten und auch zwischen den Fängen am selben Standort zu den unterschiedlichen Jahreszeiten. Minimale Probengrößen lagen bei null Mücken, maximale bei fast 2500 Mücken pro 24 Stunden. In der nachfolgenden Zusammenstellung (Tabelle 7) sind die Zuordnung und Verteilung der Fänge, d.h. die Individuenzahlen pro Standort, gelistet. In die Analyse der geografischen und saisonalen Verbreitung gingen aus den BG-Fallen-Fängen verschiedenen Arten ein. Im Anhang IV sind zusätzlich die Fangzahlen pro Standort über die einzelnen Untersuchungsjahre gelistet.

	Fallenstandort	2011	2012	2013	2014	gesamt
1	Husum, Ockholm	286	2477	335	156	3254
2	Hüttener Berge, Damendorf	-	-	-	69	69
3	Vilm	415	28	-	-	443
4	Greifswald-Gristow	-	-	-	105	105
5	Crivitz	225	74	233	104	636
6	Fresenburg	6	-	-	-	6
7	Geeste, Groß Hesepe	-	997	452	928	2377
8	Lüneburg, Deepen	233	89	439	35	796
9	Vechta	-	11	-	-	11
10	Halberstadt	269	243	3230	-	3742
11	NP Hochharz, Wernigerode	-	-	-	43	43

12	Mittlere Elbe, Seegrehna	-	-	-	937	937
13	Angermünde	-	80	661	-	741
14	Buschow	-	104	-	-	104
15	Untere Havel, Havelaue	-	-	-	233	233
16	Lychen	-	99	18	164	281
17	Zippelsförde	1247	145	316	83	1791
18	Herzberg	932	318	838	176	2264
19	Waldsiedersdorf, Seestrasse	868	310	636	59	1873
20	Waldsiedersdorf, Akazienweg	-	64	278	135	477
21	Peitzer Teichgebiet, Maust	-	-	-	453	453
22	Storkow, Zum Kanal	-	125	151	-	276
23	Storkow, Wochowseer Strasse	-	-	1027	182	1209
24	Königs Wusterhausen	-	64	-	-	64
25	Potsdam, Botanischer Garten	-	45	-	-	45
26	Burg b. Cottbus	-	220	-	-	220
27	Berlin-Friedrichshagen	262	-	-	-	262
28	Berlin-Märkisch Buchholz	-	-	26	-	26
29	Berlin-Gatow	-	27	-	-	27
30	Duisburg, Zoo	65	86	178	-	329
31	Ahaus-Alstätte	93	98	308	-	499
32	Borken	-	38	76	-	114
33	Bonn-Pützchen	47	125	171	-	343
34	Petershagen-Windheim	-	16	91	-	107
35	Münstereifel	-	-	6	-	6
36	Uedemerbruch	-	48	-	-	48
37	Schadpotten	-	13	-	-	13
38	Rees-Bienen	-	-	-	102	102
39	Gießen	-	-	-	43	43
40	NP Hainich, Mülverstedt	-	-	-	46	46
41	Jena	73	89	368	30	560
42	Görlitz	88	168	781	157	1194
43	Dresden OT Schönfeld	-	69	234	26	329
44	Zwickau-Schönheide	23	42	134	41	240
45	Ulm, Blaustein-Dietingen	101	80	260	-	441
46	Breisach	184	51	377	-	612
47	Tauberbischofsheim	215	35	-	-	250
48	Neuenburg	29	17	-	-	46
49	Weil am Rhein	37	50	-	-	87
50	Freiburg, Fiedhof	46	78	104	-	228
51	Freiburg, Containerbhf.	134	1210	3161	428	4933
52	Herbolzheim	91	81	109	-	281
53	Eggenstein-Leopoldshafen	-	373	3268	-	3641
54	Rosengarten-Rieden	-	5008	13963	2950	21921
55	Deggendorf	334	1289	4331	139	6093
56	Regensburg	-	-	-	153	153
57	Würzburg	38	259	-	-	297

58	Oberstdorf-Tiefenbach	75	101	167	53	396
59	München Hbh.	2	-	-	-	2
60	Unterer Inn, Ering am Inn	-	-	-	216	216
61	Wielenbach, Starnberger See	-	-	-	32	32
62	Altmühltal, Gunzenhausen	-	-	-	58	58
	gesamt	6418	14944	36727	8336	66425

Tab. 7: Zuordnung und jährliche Verteilung der BG-Sentinel basierten Fänge

3.1.2.2.1 Artenspektrum

Das nachgewiesene Artenspektrum mittels BG-Sentinel-Fallen variierte zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren im Untersuchungsgebiet. 2011 wurden 34 Arten, 2012 24 Arten, 2013 35 Arten und 2014 25 Arten nachgewiesen. In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die Artnachweise mittels BG-Sentinel-Fallen vergleichend gegenüber gestellt.

Tab. 8: Artnachweise im Untersuchungszeitraum 2011 bis 2014

Arten	2011	2012	2013	2014
<i>Aedes spec.</i>	-	-	-	-
<i>Aedes albopictus</i>	+	+	+	+
<i>Aedes cinereus</i>	+	+	+	+
<i>Aedes geminus</i>	+	-	+	-
<i>Aedes cinereus/geminus</i>	+	+	+	+
<i>Aedes japonicus</i>	+	+	+	+
<i>Aedes rossicus</i>	-	-	+	-
<i>Aedes vexans</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles spec.</i>	-	-	+	+
<i>Anopheles algeriensis</i>	-	-	-	-
<i>Anopheles claviger</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles maculipennis s.l.</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles atroparvus</i>	-	-	-	-
<i>Anopheles daciae</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles maculipennis s.s.</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles messeae</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles plumbeus</i>	+	+	+	+
<i>Coquillettidia richiardii</i>	+	+	+	+
<i>Culex spec.</i>	+	-	-	-
<i>Culex hortensis</i>	+	-	+	+
<i>Culex martinii</i>	-	-	-	-
<i>Culex modestus</i>	+	+	+	+

<i>Culex pipiens</i> s.l.	+	+	+	+
<i>Culex pipiens</i> Biotyp <i>pipiens</i>	+	+	+	+
<i>Culex pipiens</i> Biotyp <i>molestus</i>	+		+	+
<i>Culex torrentium</i>	+	+	+	+
<i>Culex territans</i>	+	+	+	+
<i>Culiseta</i> spec.	-	-	-	-
<i>Culiseta alaskaensis</i>	-	-	+	-
<i>Culiseta annulata</i>	+	+	+	+
<i>Culiseta fumipennis</i>	-	-	-	-
<i>Culiseta glaphyoptera</i>	-	-	-	-
<i>Culiseta longiareolata</i>	+	-	-	-
<i>Culiseta morsitans</i>	-	+	+	+
<i>Culiseta ochroptera</i>	+	-	+	-
<i>Culiseta subochrea</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus</i> spec.	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus annulipes</i>	+	-	+	-
<i>Ochlerotatus cantans</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus cantans/annulipes/riparius</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus caspius</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus cataphylla</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus communis</i>	+	-	-	-
<i>Ochlerotatus cyprius</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus detritus</i>	-	-	+	-
<i>Ochlerotatus diantaeus</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus excrucians</i>	-	+	+	-
<i>Ochlerotatus flavescens</i>	+	-	-	-
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus intrudens</i>	-	-	+	+
<i>Ochlerotatus leucomelas</i>	+	-	+	-
<i>Ochlerotatus nigrinus</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus pullatus</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus punctor</i>	+	-	+	+
<i>Ochlerotatus refiki</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus riparius</i>	+	-	+	-
<i>Ochlerotatus rusticus</i>	+	-	-	-
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	+	+	+	+
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	-	-	-	-
Arten gesamt	34	24	35	25

3.1.2.2 Verbreitungskarten

Die Fänge der BG-Sentinel-Fallen der einzelnen Fundorte bilden die Grundlage für die Erstellung der Verbreitungskarten der jeweiligen Arten, welche für jede Art im Teil V des Anhangs zu finden sind.

3.1.2.3 Citizen-Science-Projekt Mückenatlas

Besonders wertvoll sind die Ergebnisse des Teilprojekts „Mückenatlas“ einzustufen. Die verfügbare Internetversion www.mueckenatlas.de spiegelt kontinuierlich den aktuellen Stand der Bearbeitung wider. Für den Fangzeitraum von 2012 bis 2015 konnten bisher allein für das Teilprojekt „Mückenatlas“ über 29000 Stechmückenexemplare sicher zugeordnet werden, deren Datensätze sich ebenfalls vollständig in der Datenbank befinden. In Tab. 9 sind die Anzahl der Einsendungen der jeweiligen Jahre und die über diesen Weg erhaltenen Individuenzahlen aufgeführt.

Tab. 9: Einsendungen an den Mückenatlas pro Jahr mit dazugehörigen Individuenzahlen

Jahr	Einsendungen	Individuenzahl (Culicidae)
2012	2020	6127
2013	2447	11524
2014	1626	8163
2015	1273	3545
gesamt	7366	29359

3.1.2.3.1 Artenspektrum

Das nachgewiesene Artenspektrum über die Einsendungen des Mückenatlas variierte zwischen den einzelnen Untersuchungsjahren. 2011 wurden 37 Arten, 2012 24 Arten, 2013 36 Arten und 2014 27 Arten nachgewiesen. In der nachfolgenden Tabelle 10 sind die Artnachweise vergleichend gegenüber gestellt.

Tab. 10: Artnachweise im Untersuchungszeitraum 2011 bis 2014

Arten	2012	2013	2014	2015
<i>Aedes spec.</i>	+	+	-	-
<i>Aedes albopictus</i>	-	-	+	+
<i>Aedes cinereus</i>	+	+	+	-
<i>Aedes geminus</i>	-	-	-	-
<i>Aedes cinereus/geminus</i>	+	+	+	+
<i>Aedes japonicus</i>	+	+	+	+
<i>Aedes rossicus</i>	+	-	-	-
<i>Aedes vexans</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles spec.</i>	+	-	-	-
<i>Anopheles algeriensis</i>	-	-	-	-
<i>Anopheles claviger</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles maculipennis</i> s.l.	+	+	+	+
<i>Anopheles atroparvus</i>	+	-	-	-
<i>Anopheles daciae</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles maculipennis</i> s.s.	+	+	+	+
<i>Anopheles messeae</i>	+	+	+	+
<i>Anopheles plumbeus</i>	+	+	+	+
<i>Coquillettidia richiardii</i>	+	+	+	+
<i>Culex spec.</i>	+	+	+	-
<i>Culex hortensis</i>	+	+	+	+
<i>Culex martinii</i>	-	-	-	-
<i>Culex modestus</i>	+	+	+	-
<i>Culex pipiens</i> s.l.	+	+	+	+
<i>Culex pipiens</i> Biotyp <i>pipiens</i>	+	+	+	+
<i>Culex pipiens</i> Biotyp <i>molestus</i>	+	+	+	-
<i>Culex torrentium</i>	+	+	+	+
<i>Culex territans</i>	+	+	+	+
<i>Culiseta spec.</i>	-	+	+	+
<i>Culiseta alaskaensis</i>	-	-	+	-
<i>Culiseta annulata</i>	+	+	+	+
<i>Culiseta fumipennis</i>	-	-	-	-
<i>Culiseta glaphyoptera</i>	+	+	+	+
<i>Culiseta longiareolata</i>	-	-	-	+
<i>Culiseta morsitans</i>	+	+	+	+

<i>Culiseta ochroptera</i>	+	-	-	-
<i>Culiseta subochrea</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus spec.</i>	+	+	-	-
<i>Ochlerotatus annulipes</i>	+	+	+	-
<i>Ochlerotatus cantans</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus cantans/annulipes/riparius</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus caspius</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus cataphylla</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus communis</i>	-	+	+	-
<i>Ochlerotatus cyprius</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus detritus</i>	+	+	+	-
<i>Ochlerotatus diantaeus</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	+	-	-	-
<i>Ochlerotatus excrucians</i>	+	+	+	-
<i>Ochlerotatus flavescens</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus intrudens</i>	+	+	+	-
<i>Ochlerotatus koreicus</i>	-	-	-	+
<i>Ochlerotatus leucomelas</i>	+	+	+	-
<i>Ochlerotatus nigrinus</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus pullatus</i>	+	+	+	-
<i>Ochlerotatus punctor</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus refiki</i>	-	-	-	-
<i>Ochlerotatus riparius</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus rusticus</i>	+	+	+	+
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	+	+	+	+
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	-	-	-	-
Arten gesamt	37	34	36	27

3.1.2.3.2 Verbreitungskarten

Die Nachweise der einzelnen Arten aus den jeweiligen Einsendungen bilden die Grundlage für die Erstellung der Verbreitungskarten der jeweiligen Arten. Die Karten sind für jede Art im Teil VI des Anhangs angefügt.

3.1.2.4 Invasive Arten

In Europa wurden in den letzten Jahren zahlreiche so genannte invasive Stechmücken-Arten nachgewiesen, die ihre natürliche Verbreitung vornehmlich in Asien haben (Medlock et al. 2012). Fünf von ihnen gelang bisher die Etablierung in Europa: der Asiatischen Tigermücke *Aedes albopictus* (etabliert in vielen Mittelmeerländern), der Asiatischen Buschmücke *Aedes japonicus* (etabliert in einigen mitteleuropäischen Ländern), *Aedes koreicus* (etabliert in Belgien, Italien und an der Ostküste des Schwarzen Meeres), der Gelbfiebermücke *Ae. aegypti* (etabliert auf Madeira, Portugal, und an der Ostküste des Schwarzen Meeres) und *Culex tritaeniorhynchus* (etabliert in Albanien und Griechenland). Die Ansiedlung weiterer invasiver Arten, die z.T. auch aus den USA stammten (wie z.B. *Aedes atropalpus* und *Aedes triseriatus*), konnte wegen der schnellen Implementierung von Bekämpfungsmaßnahmen bisher verhindert werden.

Die Einschleppung der *Aedes*-Arten erfolgt i.W. über den internationalen Handel mit Gebrauchtreifen und dem Glücksbambus (*Dracaena spec.*) (Medlock et al. 2012). Die Eier dieser Arten werden von den Mücken-Weibchen auf feuchtem Untergrund oberhalb der Wasseroberfläche geklebt, wie z.B. das Gummi von Autoreifen, in denen Wasser steht. Sie sind in hohem Maße austrocknungsresistent und können daher lange Transportperioden in trockenem Zustand überstehen. Die Larven schlüpfen, z.T. erst nach Monaten oder sogar Jahren, wenn der Wasserspiegel bis zur Höhe der Eier steigt, z.B. wenn importierte Autoreifen im Regen liegen. Mit dem Glücksbambus hingegen geraten gleich Larven nach Europa, die in den Wasserschalen bzw. -röhrchen, in denen die Pflanzen transportiert werden, zu finden sind.

Die im Rahmen des Projektes schon im Jahr 2011 nachgewiesenen drei exotischen Mückenarten *Aedes albopictus*, *Ae. japonicus japonicus* und *Culiseta longiareolata* (Werner et al. 2012) wurden auch in den Folgejahren bis 2014 mit Fallenfängen wiederholt erfasst und über Mückenatlas-Einsendungen registriert.

3.1.2.4.1 Invasive Arten – *Aedes albopictus* (Asiatische Tigermücke)

Nachdem erkannt wurde, dass die asiatische Tigermücke *Aedes albopictus*, ein effizienter Überträger von mindestens 22 Arboviren und Dirofilarien (Gratz 2004, Paupy et al. 2009), sich von ihren ursprünglichen europäischen Einschleppungsgebieten in Albanien und in Italien massiv nach Norden ausbreitet (Scholte & Schaffner 2007), wurden in einigen europäischen Ländern gezielte Programme zum Monitoring von Stechmücken initiiert. Neben *Ae. albopictus*, die nunmehr in über 20 europäischen Staaten gefunden wurde (Scholte & Schaffner 2007, Medlock et al. 2015), wurden mit *Aedes atropalpus* (Romi et al. 1997, Scholte et al. 2009), *Aedes japonicus japonicus* und *Aedes koreicus* (Schaffner et al. 2003, 2009, Versteirt et al. 2009) weitere nicht-endemische potenzielle Virusüberträger in deutschen Nachbarstaaten nachgewiesen.

Eier von *Ae. albopictus* wurden erstmals 2007 in Süddeutschland gefunden (Pluskota et al. 2008). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden ab 2011 gezielt BG-Sentinel Fallen entlang der Autobahn A5 gestellt, um ggf. Weibchen, die als „blinde Passagiere“ mit Transporten und Touristen aus Südeuropa nach Deutschland kamen und an den Raststätten ggf. in die Freiheit gelangten, aufzuspüren. Eine Einschleppung von *Ae. albopictus* über den Fernverkehr aus südeuropäischen Ländern, wo diese Art mittlerweile weit verbreitet ist, sollte somit überwacht werden. Seit Beginn dieser Aktivitäten wurden zahlreiche adulte Exemplare dieser Spezies an süddeutschen Autobahnen in Bayern und Baden-Württemberg gefangen (Becker et al. 2013, Werner & Kampen 2015). Die Weibchen sind aggressive Blutsauger und folgen dem Menschen als potenziellem Blutwirt u.a. auch in Kraftfahrzeuge. Nach längerer Fahrt nutzen sie Pausen, z.B. an Raststätten hinter der schweizerisch-deutschen Grenze zum „Ausstieg“. War der Blutsaugakt unterwegs erfolgreich, können sie bald darauf Eier legen, so geschehen z.B. in Bayern im Jahr 2013, als in einem Garten in unmittelbarer Nähe einer Autobahnraststätte einige Larven gefunden wurden. Außerhalb der Flugdistanz zu einer Autobahnraststätte wurden im Spätsommer 2014 im Raum Freiburg über mehrere Wochen sogar alle Entwicklungsstadien, d.h. Eier, Larven, Puppen, Weibchen und Männchen, dieser Spezies nachgewiesen, was auf eine lokale Vermehrung hinweist (Werner & Kampen

2015). Die Frage, ob in diesem Gebiet eine Etablierung stattgefunden hat, konnte auch im Sommer 2015 nicht beantwortet werden. Obwohl seit Juni 2015 kontinuierlich Mücken in der betroffenen Region nachweisbar waren, reichen die Methoden der genetischen Analyse noch nicht, um genaue Zuordnungen zur Population zu vollziehen.

Die Fähigkeit zur Überwinterung ist bei thermophilen Arten der kritische Punkt für eine dauerhafte Ansiedlung in Mittel- und Nordeuropa. Im Falle des in Südeuropa etablierten Stammes von *Ae. albopictus*, der nicht unmittelbar aus Asien kam, sondern über den Umweg der USA eingeschleppt wurde, wird davon ausgegangen, dass er sich in Nordamerika bereits an gemäßigte Temperaturen angepasst hat. Dieses wird aus der Fähigkeit, kältetolerante diapausierende Eier hervorzubringen, abgeleitet.

Entlang der Hauptverkehrsachsen breitet sich *Ae. albopictus* seit einiger Zeit von Norditalien in die Südschweiz aus (Wymann et al. 2008), hat aber offenbar noch nicht dauerhaft die Alpen überschritten. Im Laborversuch konnte immerhin demonstriert werden, dass die Eier des südeuropäischen Stammes kurze Kälteperioden von bis zu -10 °C überstehen können (Thomas et al. 2012). Modellierungen auf der Basis von Klimaszenarien halten das ganze nordwestliche Europa, insbesondere die Benelux-Staaten und Westdeutschland, für eine Ansiedlung von *Ae. albopictus* in der nahen Zukunft als geeignet (Caminade et al. 2012).

2014 wurde *Aedes albopictus* in Baden-Württemberg nicht nur durch Fallenfänge, sondern Mitte August auch über Einsendungen zum Projekt „Mückenatlas“ (Asiatische Tigermücke) nachgewiesen. Dieser Nachweis ist x der erste über den Mückenatlas und somit gleichzeitig auch der erste aus der Bevölkerung ohne Unterstützung durch spezielle Fallensysteme. Die Einsendung umfasste ein Männchen dieser invasiven Mücke aus dem Raum Freiburg. Da aufgrund der Blutwirtsuche i.W. nur Weibchen durch Transporte verschleppt wird, erregte die Einsendung eines eher flugträgen und ortstreuen Männchens, das zudem 13 Kilometer Luftlinie von der nächstmöglichen Autobahnraststätte gefunden wurde, Verdacht und veranlasste ein kleinräumiges Monitoring im Großraum des Fundortes. Der Aktivitätsradius von *Ae. albopictus* beträgt normalerweise nur einige hundert Meter (Turell et al. 2005).

Die Untersuchung des Nachweisortes in Freiburg wurde nachfolgend von Oktober bis November 2014 durchgeführt, wobei zahlreiche natürliche und künstliche

Wasserbehälter als potenzielle Bruthabitate betrachtet wurden. Schließlich konnten Entwicklungsstadien (Eier, Larven, Puppen) von *Ae. albopictus* auf 2 der 8 beprobten Friedhöfe nachgewiesen werden.

Die Untersuchung umfasste ebenfalls die Aufzucht der Stechmücken für populationsgenetische Untersuchungen der Mücken.

Da *Ae. albopictus* für den Chikungunya-Ausbruch im Jahr 2007 in Norditalien und für verschiedene Fälle von Dengue in Südeuropa verantwortlich gemacht wird, ist die Beobachtung der Einschleppung und möglichen Etablierung dieser Art im deutschen Raum von herausragender Bedeutung, gerade in Bezug auf die Folgen für die Gesundheit von Mensch und Tier.

3.1.2.4.2 Invasive Arten – *Aedes japonicus* (Asiatische Buschmücke)

Die Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus japonicus*) ist im Gegensatz zu *Ae. albopictus* eine an gemäßigte Temperaturen adaptierte Spezies (Kampen & Werner 2014). In Deutschland ist sie bereits seit einigen Jahren etabliert. Der erste Nachweis datiert aus dem Jahr 2008 und ist im Rahmen einer Schweizer Studie auch auf der deutschen Seite der Grenze gesammelt worden (Schaffner et al. 2009).

Darüber hinaus gingen 2012 über den Mückenatlas Einsendungen von *Ae. j. japonicus* aus Nordrhein-Westfalen ein, was nach einem begrenzten, intensiven Monitoring von Mückenlarven vor Ort zum Nachweis einer vorher unbekannt Population dieser Spezies im südlichen NRW und nördlichen Rheinland-Pfalz führte (Kampen et al. 2012). Ende 2012 erreichte das Mückenatlas-Team eine weitere Einsendung der Art aus Barsinghausen. Eine genaue Untersuchung der Region konnte erst im Frühjahr 2013 erfolgen, eine Absicherung der Ergebnisse im Spätsommer 2013 (Werner & Kampen 2013) über ein Monitoring auf Friedhöfen (vgl. 2.1 Studiendesign/ Methoden). Für Deutschland sind nunmehr drei Regionen bekannt, in denen sich die Asiatische Buschmücke etabliert hat (Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen/ Rheinland-Pfalz, Niedersachsen/ Nordrhein-Westfalen). Eine weitere Ausbreitung wird für wahrscheinlich gehalten (Kampen & Werner 2014).

Die beiden Populationen in NRW/ RP und NS/ NRW wurden weiterhin kontinuierlich in ihrer Ver- und Ausbreitung beprobt, so dass Rückschlüsse zu Habitatpräferenzen und Bruthabitatswahl möglich werden.

3.1.2.4.3 Invasive Arten – *Culiseta longiareolata*

In den Fängen der BG-Sentinel-Fallen, die ab dem Sommer 2011 in Freiburg aktiv waren, wurden neben einheimischen Mückenarten und der invasiven Spezies *Aedes japonicus* und *Ae. albopictus* auch die mediterrane Art *Culiseta longiareolata* nachgewiesen. Die morphologische Identifizierung wurde durch DNA-Sequenzanalyse bestätigt.

Die Art *Cs. longiareolata* wurde wiederholt in der Fundregion bestätigt. Es handelt es sich um eine thermophile Art, die in Europa im Mittelmeerraum endemisch ist. Sie scheint sich neben der Fundregion in Deutschland auch in den Nachbarregionen der Nordschweiz und des Elsass angesiedelt zu haben.

Obwohl *Cs. longiareolata* mit der Übertragung von Viren, Vogelmalariaerregern und dem Erreger der Tularämie, *Francisella tularensis*, in Verbindung gebracht wurde, scheint diese Mückenart wahrscheinlich keine relevante Rolle in der Epidemiologie humaner oder zoonotischer Krankheiten zu spielen, da sie primär ornithophil ist. Sie könnte aber ggf. eine potenzielle Vektorrolle im Tierbereich übernehmen. Weitere Studien sind hierzu notwendig.

3.1.3 Pathogenscreening

Im Rahmen der Untersuchungen wurden insgesamt 60096 Stechmücken in 3180 Stechmücken-Pools auf Viren und Filarien getestet. In Tab. 11 sind die Anzahlen untersuchter Individuen/ Pools dargestellt.

Tab. 11: Übersicht der auf Pathogene getesteten Culicidae

Pathogen-Screening gesamt	
Batai/ Inkoo/ Tahyna/ Chikungunya/ Sindbis	
Anzahl Individuen	56175
Anzahl Pools	3426
Flaviviridae	
Anzahl Individuen	12823
Anzahl Pools	774
Filarien	
Anzahl Individuen	60096
Anzahl Pools	3810

In der folgenden Zusammenstellung (Tab. 12) sind die Erreger-Nachweise zusammengefasst.

Abb. 12: Übersicht der Pathogen-Nachweise

Erreger	Positive Pools
Batai-Virus	11 (13 einzeln)
Sindbis-Virus	1
Usutu-Virus	1
Nematoda (Stamm)	84
<i>Dirofilaria immitis</i>	2
<i>Dirofilaria repens</i>	1
<i>Setaria tundra</i>	6

In den folgenden Tabellen 13 bis 16 sind die positiv getesteten Pools den entsprechenden Stechmückenarten zugeordnet.

Tab. 13: Ergebnisse der Virusdiagnostik für Batai-Virus

Art	Anzahl getesteter Mücken (%)	Anzahl getesteter / positiver Pools
<i>Culex pipiens / torrentium</i>	31677	1628 / 2
<i>Anopheles messeae</i>	1448	240 / 5
<i>Anopheles daciae</i>	338	64 / 3
Gattung <i>Culiseta</i>	112	166 / 1
Total	56195	3426 / 11

Tab. 14: Ergebnisse der Virusdiagnostik für Sindbis-Virus

Art	Anzahl getesteter Mücken (%)	Anzahl getesteter / positiver Pools
<i>Culex pipiens/torrentium</i>	31677	1628 / 1
Total	56195	3426 / 1

Tab. 15: Ergebnisse der Virusdiagnostik für Usutu-Virus

Art	Anzahl getesteter Mücken (%)	Anzahl getesteter / positiver Pools
<i>Culex pipiens/torrentium</i>	9016	423 / 1
Total	12823	774 / 1

Tab. 16: Ergebnisse der Pathogendiagnostik für Nematodenbefall

Art	Anzahl getesteter Mücken (%)	Anzahl getesteter / positiver Pools
<i>Culex pipiens / torrentium</i>	32825	1677 / 18
<i>Anopheles messeae</i>	1559	340 / 2
<i>Anopheles daciae</i>	354	91 / 3
<i>Anopheles plumbeus</i>	1870	118 / 2
<i>Aedes vexans</i>	6084	401 / 49
<i>Aedes cinereus/geminus</i>	1509	90 / 1
<i>Anopheles maculipennis</i> s.l. (nicht bis zur Spezies bestimmt)	217	56 / 3
<i>Coquillettidia richiardii</i>	609	80 / 7
<i>Culex hortensis</i>	28	8 / 1
<i>Culex territans</i>	3	1 / 1
<i>Ochlerotatus annulipes/ cantans</i> (nicht bis zur Spezies bestimmt)	229	34 / 4
<i>Ochlerotatus cataphylla</i>	32	4 / 1
<i>Ochlerotatus intrudens</i>	25	1 / 1
Total	60096	3180 / 93

Die Erregernachweise beziehen sich i.W. auf Individuen des *Culex pipiens*-Komplexes, des *Aedes cinereus/ geminus* Komplexes, des *Anopheles maculipennis*-Komplexes und der Arten *Aedes vexans* und *Coquillettidia richardii*, die aus den Fallen- und Freilandfängen sowie der Winterquartier-Sammlungen stammen (vgl. Kronefeld et al. 2014a).

Einige weitere Pools, die mit der Pan-Flaviviridae-PCR positiv getestet wurden, wurden mit spezifischen PCR-Tests auf verschiedene human- und veterinärpathogene Viren untersucht, die aber wiederholt negativ blieben. Eine Sequenzierung der Amplifikate der Pan-Flaviviridae-PCR ergab ebenfalls keine Übereinstimmung mit bekannten Viren. Es ist daher davon auszugehen, dass es sich

um Insektenviren handelt. Anzuchtversuche in Zellkultur blieben bisher, vermutlich aufgrund ungeeigneter Zelllinien, erfolglos.

Eine Zusammenstellung der Virusnachweise und getesteten Pools ist im Anhang VI dargelegt.

3.1.4 Datenbank

Von 2011 bis 2014 bearbeiteten das ZALF, das FLI und das Bernhard-Nocht-Institut unterschiedliche, öffentlich geförderte Stechmückenprojekte. In Zusammenarbeit dieser drei Institute wurde eine einheitliche Erfassung der Ergebnisse angestrebt. Um die bereitgestellten Fördergelder möglichst effizient einzusetzen, wurde eine gemeinsame Datenbank entwickelt. Die zu erhebenden Daten wurde in diese Datenbank eingespeist, um so gegebenenfalls auch themenübergreifende Analysen mit möglichst vielen Datenpunkten durchführen zu können. Die Zusammenarbeit hinsichtlich des gemeinsamen Datenbankaufbaus und der Nutzung der Daten zwischen dem ZALF, dem BNI und dem FLI wurde über den Abschluss eines eigenen Kooperationsvertrages abgesichert und geregelt.

Die funktionsfähige Datenbank CULBASE wird seit Januar 2014 aus Eigenmitteln am FLI geführt und steht der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur kontinuierlichen Erfassung von Stechmückendaten und als Auswertewerkzeug zur Verfügung. Die erfassten Daten aus dem durchgeführten Projekt wurden kontinuierlich und umfassend eingepflegt. Perspektivisch sollen die Daten für Risikoanalysen und Gefährdungsabschätzungen zur Verfügung stehen.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Vor allem die potenziellen Vektorkompetenzen einheimischer und etablierter invasiver Stechmückenarten für vermeintlich tropische Krankheitserreger (z.B. Balenghien et al. 2008, Schaffner et al. 2011) rechtfertigen nach wie vor die Durchführung aktueller Projekte zur angewandten Stechmücken-Forschung in Deutschland. Auch in Deutschland wurden in der jüngeren Vergangenheit, z.T. im Rahmen des hier dargestellten Projektes, invasive Stechmückenarten (Pluskota et al. 2008, Werner et al. 2012, Becker et al. 2011, Schneider et al. 2011, Becker & Hoffmann 2011, Huber et al. 2012, Kampen et al. 2012, 2013, Becker et al. 2013, Werner & Kampen 2013) und humanpathogene Krankheitserreger in Stechmücken im Freiland nachgewiesen (Jöst et al. 2010, 2011a/b, Kampen et al., in Vorbereitung).

Während die molekularbiologische Identifizierung von Stechmücken-Zwillingsarten nach etablierten Protokollen keine Probleme bereitete, war die von lädierten Exemplaren in vielen Fällen nicht möglich. Es zeigte sich, dass die mitochondriale COI-Barcoding DNA-Region, die zur Artdifferenzierung von nah verwandten Tierarten vorgeschlagen wird (Hébert et al. 2003), in vielen Fällen nicht brauchbar war, da zu wenige diskriminierende Polymorphismen enthalten waren, obwohl die Arten z.T. morphologisch differenziert werden können, wenn die Individuen intakt sind. Oft fehlten auch Vergleichssequenzen von definierten Exemplaren in den Datenbanken (z.B. GenBank). Referenzsammlungen sowohl von ganzen Mücken als auch von DNA-Sequenzen sind daher essenziell.

Hinsichtlich der Ergebnisse im Pathogenscreening spricht der spärliche Nachweis pathogener Viren in den Mücken für eine derzeit vernachlässigbare Prävalenz. Nichtsdestoweniger könnten Einschleppungen von Viren oder anderen Pathogenen Krankheitsausbrüche verursachen, sollten sie auf vektorkompetente Mückenpopulationen treffen. Die Untersuchung der Vektorkompetenzen einheimischer und invasiver Arten und -populationen ist daher dringend angezeigt. Aus veterinärmedizinischer Sicht sollte für das BMEL der Fokus auf der Einbindung einheimischer Stechmückenarten mit dem West-Nil-Virus (WNV) und dem Rifttal-

Fieber-Virus (RFV) liegen, um die Vektorkompetenzen und möglichen Reservoirfunktionen der Mücken für die Viren/ Krankheitserreger zu ermitteln. Grundvoraussetzung für solche Versuche sind auch hier wieder fundierte Kenntnisse über die einheimische Stechmückenfauna, da zunächst potenzielle Vektorspezies bzw. -populationen identifiziert werden müssten. Kenntnisse zur Vektorkompetenz einheimischer Culicidenarten sind wertlos, wenn nicht bekannt ist, wie die ungefähre Verbreitung dieser Arten und ihr saisonales Auftreten aussehen. Für Risikoanalysen und Notfallpläne sind Kenntnisse zur Vektorkompetenz daher nur in Verbindung mit Daten zum Vorkommen und zur Verbreitung sowie mit ökologischen Details aussagekräftig (Reiter 2010b). Zu letzteren gehören neben primär umweltabhängigen und damit variablen und regional unterschiedlichen Faktoren, wie Populationsdichten und Phänologie, auch genetisch fixierte Charakteristika, wie Brutplatzwahl und Blutwirtpräferenz.

Die Daten zum Vorkommen, zur Verbreitung und zur Phänologie der Stechmücken-Arten Deutschlands sind in Verbindung mit Informationen zu ihrer Vektorkompetenz geeignet, Risikoanalysen zur Übertragung von Arboviren zu erstellen und damit z.B. auch Aussagen über saisonale oder geografische Wahrscheinlichkeiten des Auftretens von arboviralen Infektionen zuzulassen.

Die Vektorkompetenzen der europäischen Stechmückenarten für WNV und RVFV sind nur unzulänglich bekannt. Turell et al. (2001, 2005, 2008) konnten im Labor die Übertragung der beiden Viren durch verschiedene nordamerikanische und afrikanische Culicidenarten demonstrieren, die z.T. auch in Europa vorkommen. Es ist jedoch allgemein bekannt, dass sich verschiedene geografische Populationen derselben Spezies hinsichtlich biologischer Merkmale, inkl. Vektorkompetenz, selbst unter gleichen Bedingungen deutlich voneinander unterscheiden können (z.B. Jones & Foster 1978, Curtis & Graves 1983). So ist es jedenfalls erforderlich, auch europäische Mückenstämme zu testen. In ersten Studien an einzelnen ausgewählten Spezies ließen sich *Cx. modestus* und *Cx. pipiens* effizient mit dem WNV infizieren, während *Ae. caspius*, *Ae. detritus*, *Ae. vexans* und *Cx. pipiens* empfänglich für das RVFV waren (Balenghien et al. 2008, Moutailler et al. 2008). Wie in der vorliegenden Studie gezeigt wurde, kommen alle diese Arten aktuell auch in Deutschland vor. Ob

die infizierten Mücken in der Lage sind, die Viren zu übertragen, wurde im Versuch nicht untersucht.

Zudem kann die Vektorkompetenz einer Art auch durch regional unterschiedliche äußere Einflüsse, insbesondere die Temperatur, modifiziert werden. So scheint die Übertragung von Viren durch Stechmücken sowohl von der Aufzuchttemperatur der Präimaginalstadien, als auch von der Temperatur während der intrinsischen Inkubationsperiode abhängig zu sein (Cornel et al. 1993, Turell 1993). Berücksichtigt werden muss auch, dass dieselbe Stechmückenspezies für verschiedene Stämme von Pathogenen/Viren unterschiedlich vektorkompetent sein können (z.B. Moutailler et al. 2008).

Eine Besonderheit des WNV und des RVFV ist, dass gewisse Vektorarten gleichzeitig Virusreservoir darstellen, in denen das Virus vertikal von einer Moskitogeneration über die Eier auf die nächste Generation übertragen wird, so dass es einige Zeit ohne Wirbeltierreservoir und ohne dass klinisch manifeste Fälle auffallen würden, endemisch bleiben kann (Linthicum et al. 1985, Baqar et al. 1993, Miller et al. 2000). So wäre in solchen Mückenarten eine Überwinterungsmöglichkeit für das Virus gegeben, wie für das WNV in *Cx. pipiens* in den USA bereits gezeigt wurde (Nasci et al. 2001, Dohm et al. 2002).

Neben dem Vorkommen und der geografischen Verbreitung von Stechmücken ist für eine Risikoanalyse und für eventuelle Bekämpfungsmaßnahmen auch das saisonale Auftreten von besonderer Bedeutung. Nicht alle potenziellen Vektoren treten zur selben Jahreszeit auf, und selbst saisonal unterschiedliche Populationen/Generationen derselben Spezies können voneinander abweichende Charakteristika (z.B. unterschiedliche Verhaltensweisen, wie z.B. Wirtspräferenz) haben, die sich auf ihre Vektorrolle niederschlägt. Spielman (2001) konnte z.B. in den USA zeigen, dass im Jahresverlauf frühe autogene und späte anautogene¹ Populationen von *Cx. pipiens* auftreten, die sich im zeitlichen Auftreten überschneiden. Während die Weibchen der autogenen Generation nicht stechen, sind die der anautogenen Generation ornithophil. Hybride der beiden Populationen, die im Spätsommer auftreten, saugen wahlweise an Vögeln oder an Säugern einschließlich des Menschen. So ist es zu erklären, dass das WNV, dessen

¹ autogen: ohne vorangehende Blutmahlzeit zur Eiproduktion befähigt
anautogen: Blutmahlzeit zur Eiproduktion zwingend erforderlich

Hauptüberträger *Cx. pipiens* ist, sich bis Mitte August im Vogelreservoir ausbreitet und erst danach die Hauptrisikozzeit des West-Nil-Fiebers beim Menschen beginnt. In Europa scheinen dagegen genetisch distinkte und reproduktiv isolierte Formen von *Cx. pipiens* für die Zirkulation des WNV unter Vögeln und die Übertragung auf den Menschen verantwortlich zu sein (Fonseca et al. 2004). Die eine Form ist rein ornithophil, die andere indiskriminativ zwischen Vögeln und Säugern und dient als Brückenvektor.

Zum etablierten Citizen-Science-Projekt Mückenatlas ist zu betonen, dass durch die besondere Herangehensweise beide Seiten aus dem Projekt Nutzen ziehen. Einerseits bringen sich Bürger aktiv in die Forschung ein, können zusätzliche Bildung erfahren und erhalten im Gegenzug Detailinformationen über die Artenvielfalt, Ökologie und Biologie der blutsaugenden Insekten. Die Forschung gewinnt ihrerseits wesentliche Datensätze, die beispielsweise zur Erstellung von Verbreitungskarten der einzelnen Arten genutzt werden können oder für notwendige weiterführende Forschungsschwerpunkte nutzbar sind. Auf dieser Grundlage sind aktuelle Verbreitungen/ ggf. Etablierungen leichter zu erkennen und z.B. Monitoringgebiete detaillierter zu definieren. Zum Erfolg wird der Mückenatlas durch das hohe Engagement auf allen Seiten und die Bereitschaft zu einer Kommunikation, die sich auf drei weitere Erfolgspfeiler stützt: Dialog auf Augenhöhe, Relevanz und Transparenz der Informationen.

4 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes wurden von 2011 bis 2014 spezielle Stechmücken-Fallen (i.W. BG-Sentinel Fallen) an 28, 43, 33 bzw. 31 über Deutschland verteilten Standorten aufgestellt und waren jährlich zwischen April und Oktober einmal wöchentlich für 24 Stunden aktiv. Insgesamt wurden über den Fallenfang mittel BG-Sentinel 66425 Mücken gefangen. Durch gezielte Sammlungen in bestimmten Biotopen (Sonderstandorte), Winterquartieren und während des Überflutungsszenarios 2013 entlang der Flachlandflüsse wurde das für die Untersuchung und Auswertung zur Verfügung stehende Material vermehrt. Die gefangenen Mücken wurden morphologische bzw. molekularbiologisch identifiziert und einem Pathogenscreening zugeführt.

Während des Monitorings wurden 43 von 50 jemals für Deutschland beschriebenen Stechmücken-Arten nachgewiesen, darunter zahlreiche potenzielle Vektoren. Für die jeweiligen Arten werden die Fangzahlen aus den Fallenfängen als Maß für die Verbreitung und die Häufigkeit für jeden Fallenstandort dargestellt. Neben weit verbreiteten und häufig vorkommenden Arten wie die Gemeine Hausmücke (*Culex pipiens*), die Rheinschnake (*Aedes vexans*) oder die Ringelschnake (*Culiseta annulata*) wurden einige sehr seltene, schon lange für Deutschland nicht mehr dokumentierte sowie drei invasive Arten und eine kürzlich neu beschriebene Art im *Anopheles maculipennis* Komplex erfasst.

Das 2012 etablierte Citizen Science Projekt „Mückenatlas“ lieferte über die Einsendung interessierter Bürger 29359 Mückenexemplare (Stand: Februar 2016) und damit weitere wertvolle Angaben zur Verbreitung der einzelnen Arten. Über diese Zusendungen ergaben sich Hinweise zum Vorkommen zweier zuvor unbekannter Populationen der Asiatischen Buschmücke *Aedes japonicus japonicus* in Deutschland ((Nordrhein-Westfalen/ Rheinland-Pfalz sowie Niedersachsen/ Nordrhein-Westfalen).

Über 60.000 der gesammelten Mücken wurden im Pathogenscreening auf humanpathogene und zoonotische Viren und Würmer der Überfamilie Filarioidea untersucht. Bei den in den Stechmücken nachgewiesenen Sindbis-, Batai- und Usutu-Viren handelt es sich um Erreger, die Fiebererkrankungen bei Säugetieren und Menschen auslösen können. Weiterhin wurden Insekten-Viren gefunden, und für

Brandenburg und Baden-Württemberg konnten die Zoonoseerreger *Dirofilaria repens* und *D. immitis* in Stechmücken nachgewiesen werden.

Die Studie zur Verbreitung und zur Phänologie der Stechmücken-Arten in Deutschland, inklusive potenzieller Vektor-Arten, macht sehr deutlich, dass mehrjährige Untersuchungen an zahlreichen Fundorten notwendig sind, um das gesamte Artenspektrum der Region zu erfassen und den Einfluss von Witterung, Klima, Landschaftsstrukturen und –nutzung zu beschreiben. Die limitierte Länge der Studie und die limitierten Fallenzahl lassen nur punktuelle Auswertungen und nur vage tendenzielle Ableitungen für das gesamte Bundesgebiet zu.

Der Nachweis invasiver Stechmücken-Arten, darunter die Asiatische Tigermücke und die Asiatische Buschmücke, die weltweit eine wichtige Rolle als effiziente Überträger zahlreicher Krankheitserreger spielen, sollte zielgerichtete Monitoring-Aktivitäten nach sich ziehen. Der begrenzte Nachweis von Viren in den Mückenpopulationen legt nahe, dass eine Zirkulation von Stechmücken-bürtigen Viren in Deutschland aktuell nur lokal und auf geringem Niveau stattfindet. Der Nachweis von Dirofilarien in den Mücken, zusammen mit früheren und aktuellen weiteren Nachweisen in Hunden und neuerdings auch beim Menschen, spricht dagegen für aktive regionale Transmissionszyklen, die eingehender untersucht werden sollten.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Die Ziele des Projektes waren aufgrund der aktuellen Erfordernisse und des vorliegenden Kenntnis- und Forschungsstandes lt. Projektantrag wie folgt definiert (vgl. Pkt. 1).

- (8) Erfassung des Artenspektrums, des Vorkommens, der Verbreitung und der Phänologie von Stechmücken als potenzielle Überträger von Arboviren in Deutschland
- (9) morphologische und molekularbiologische Identifizierung der Mücken auf Artniveau
- (10) stichprobenartige Untersuchung der gefangenen Stechmückenweibchen auf Pathogene mit dem Fokus auf Arboviren vorrangig Flaviviren (z.B. WNV)
- (11) Aufbau einer deutschlandweiten Datenbank für einheimische Stechmückenarten mit den Mücken-, Fundort- und ggf. Pathogen-relevante Daten
- (12) Erstellung von Verbreitungskarten einheimischer Stechmückenspezies
- (13) Erfassung invasiver Mückenarten, Erforschung der Etablierung und ggf. Verbreitung invasiver Arten
- (14) Etablierung von Methoden zur Anzucht im Freiland gefangener Stechmücken zwecks nachfolgender experimenteller Testung der Vektorkompetenz entsprechender Arten im Labor

Im Projekt wurden folgende Ergebnisse erhalten:

- (1) Erfassung des Vorkommens, der Verbreitung und der Phänologie von Stechmücken als potenzielle Überträger von Arboviren in Deutschland sowie
- (2) morphologische und molekularbiologische Aufarbeitung der gefangenen Mücken, d.h. Präparation und Identifizierung wurden während fortlaufend lt. Zeitplan realisiert. Wenn es zu Verschiebungen oder Ausfällen im Studiendesign, z.B. durch Wegfall eines Standortes kam, wurde ein äquivalenter Ersatz gefunden.

(3) Stichprobenartige Testung der Fallenfänge sowie der Handaufsammlungen in Winterquartieren bzw. ausgewählten Biotopen auf Pathogene: über 60.000 Mücken wurden berücksichtigt.

(4) Die im Antrag geplanten Aufgaben zur Etablierung der Datenbank wurden 2013 abgeschlossen. Der Aufbau erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, und dem Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg. Eine abschließende formelle Übergabe der Datenbank zur langfristigen routinemäßigen Betreuung erfolgte an das Institut für Epidemiologie des FLI. Die Datenbank mit ihren Auswertetools steht damit zukünftigen Projekten zur Verfügung.

(5) Die Erstellung von Verbreitungskarten ist mit Hilfe der Datenbank unproblematisch möglich (vgl. Ergebniskarten zur Verbreitung aus BG-Fallenfängen und Mückenatlas in den Anhängen V und VI). Nach Eingabe weiterer Datensätze können diese Karten präzisiert werden.

(6) Im Rahmen des Projektes konnten drei invasive Stechmücken-Arten für Deutschland nachgewiesen werden. Von diesen gelten die Asiatische Buschmücke (*Ae. japonicus*) und *Culiseta longiareolata* bereits als etabliert in Deutschland, da während der vergangenen Jahre an diversen Standorten wiederholt Adulte und Entwicklungsstadien nachgewiesen werden konnten. Populationen der Asiatischen Buschmücke sind aus Baden-Württemberg, Nordrhein-Westphalen, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen bekannt. *Culiseta longiareolata* hingegen liegt in mehreren Nachweisen aus Baden-Württemberg vor. Die Asiatische Tigermücke *Ae. albopictus* hingegen wurde seit Projektbeginn im Sommer 2011 wiederholt in Form von vermutlich eingeschleppten Einzelindividuen mittels Fallensystemen gefangen. Die Anzahl der Nachweise erhöhte sich stetig. Die über den Mückenatlas bekannt gewordene Population in Freiburg steht unter dem Verdacht, bereits etabliert zu sein.

(7) Arbeiten zur Etablierung von Methoden zur Anzucht im Freiland gefangener Stechmücken zwecks experimenteller Testung der Vektorkompetenz im Labor waren ab 2013 geplant, wurden aber aufgrund von Schwierigkeiten der Bereitstellung von Zuchträumen im neuen Tierstallgebäude des FLI erst ab 2014

umgesetzt. Beachtet wurden hierbei Arten, die als Überträger von Krankheitserregern gelten und für zukünftige Vektorkompetenzstudien interessant sind: *Aedes japonicus*, *Aedes albopictus*, *Anopheles plumbeus* und *Aedes vexans*. Während die Aufzucht von adulten geschlechtsreifen Tieren von *An. plumbeus* und *Ae. vexans* trotz wiederholten Eintrags von Larven aus dem Freiland bisher nicht gelang, konnten von *Ae. japonicus* zahlreiche Adulttiere zum Schlupf und die Weibchen sogar zur Eiablage gebracht werden. Leider schlüpften keine Larven, da die es offenbar unter Laborbedingungen nicht zur Kopulation und Befruchtung der Eier gekommen war. Hingegen konnten verschiedene Populationen von *Ae. albopictus*, *Culex pipiens* und der Gelbfiebermücke *Ae. aegypti* etabliert werden.

Die erarbeiteten Ergebnisse sollten als Basis für weiterführende Fragestellungen dienen, wie z.B. der kontinuierlichen Erfassung einheimischer Arten, um die Verbreitungskarten der einzelnen Arten zu präzisieren und Schwankungen in den einzelnen Jahrgängen unter Berücksichtigung abiotischer und biotischer Faktoren in Beziehung zu setzen.

Die langjährige und kontinuierliche Beobachtung der Einwanderung invasiver Arten sollte im Fokus weiterführender Projekte stehen. Hierzu zählt auch die Beobachtung der Ausbreitung bekannter Populationen bzw. die Erfassung neuer Populationen. Die Etablierung von Laborstämmen aus Freilandmaterial unterschiedlicher Arten ist wesentliche Voraussetzung für die Durchführung von Infektionsversuchen mit den verschiedensten Pathogenen, um Rückschlüsse auf die Vektorkompetenzen einheimischer Arten ziehen zu können.

Als Resümee ist festzustellen, dass zahlreiche wichtige Daten und neue Erkenntnisse zur Stechmückenfauna Deutschlands und zur Verbreitung Stechmücken-assoziiierter Pathogene gewonnen werden konnten. Im Zuge von Globalisierung und Klimaerwärmung ist davon auszugehen, dass invasive und einheimische Stechmücken als Überträger von Infektionserregern vermutlich auch in Deutschland zukünftig einen immer größeren Einfluss auf die öffentliche Gesundheit nehmen werden.

Müncheberg, 03.03.2016

6 Literaturverzeichnis

- ARANDA C, SÁNCHEZ-SECO MP, CÁCERES F, ESCOSA R, GÁLVEZ JC, MASIÀ M, MARQUÉS E, RUÍZ S, ALBA A, BUSQUETS N, VÁZQUEZ A, CASTELLÀ J, TENORIO A (2009): Detection and monitoring of mosquito flaviviruses in Spain between 2001 and 2005. *Vector-Borne Zoon. Dis.* 9: 171-178.
- BECKER N (2014): Die Stechmückenfauna Deutschlands im Wandel der Zeit - Stechmücken als Indikatoren für Klima-veränderung. *In: LOZÁN JL, GRASSL H, KARBE L, JENDRITZKY G (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 3.2.7) - www.warnsignale.uni-hamburg.de*
- BECKER N, KAISER A (1995) Die Culicidenvorkommen in den Rheinauen des Oberrheingebiets mit besonderer Berücksichtigung von *Uranotaenia* (Culicidae, Diptera) – einer neuen Stechmückengattung für Deutschland. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.* 10:407-413
- BECKER N, GLASER P, MAGIN H (1996) Biologische Stechmückenbekämpfung am Oberrhein. 20 Jahre Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage. Eigenverlag, 128 SS.
- BECKER N, HOFFMANN D (2011): First record of *Culiseta longiareolata* (Marcquart) for Germany. *Eur. Mosq. Bull.* 29: 143-150.
- BECKER N, HUBER K, PLUSKOTA B, KAISER A (2011): *Ochlerotatus japonicus japonicus* – a newly established neozoan in Germany and a revised list of the German mosquito fauna. *Eur. Mosq. Bull.* 29: 88-102.
- BECKER N, GEIER M, BALCZUN C, BRADERSEN U, HUBER K, KIEL E, KRÜGER A, LÜHKEN R, ORENDT C, PLENGE-BÖNIG A, ROSE A, SCHAUB GA, TANNICH E (2013): Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. *Parasitol. Res.* 112: 1787-1790.

- BECKER N, PETRIĆ D, ZGOMBA M, BOASE C, MADON M, DAHL C, KAISER A (2010): Mosquitoes and their Control, 2nd Ed. Springer, Heidelberg, 577 SS.
- BALENGHIEN T, VAZEILLE M, GRANDADAM M, SCHAFFNER F, ZELLER H, REITER P, SABATIER P, FOUQUE F, BICOUT DJ (2008): Vector competence of some French *Culex* and *Aedes* mosquitoes for West Nile virus. Vector-Borne Zoon. Dis. 8: 589-595.
- BOCKARIE MJ, PEDERSEN EM, WHITE GB, MICHAEL E (2009) Role of vector control in the global program to eliminate lymphatic filariasis. Annu. Rev. Entomol. 54: 469-487
- CALZOLARI M, BONILAURI P, BELLINI R, CAIMI M, DEFILIPPO F, MAIOLI G, ALBIERI A, MEDICI A, VERONESI R, PILANI R, GELATI A, ANGELINI P, PARCO V, FABBI M, BARBIERI I, LELLI D, LAVAZZA A, CORDIOLI P, DOTTORI M (2010): Arboviral survey of mosquitoes in two northern Italian regions in 2007 and 2008. Vector-Borne Zoon. Dis. 9: 875-884.
- CAMINADE C, MEDLOCK JM, DUCHEYNE E, MCINTYRE KM, LEACH S, BAYLIS M, MORSE AP (2012): Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. J. R. Soc. Interface 9: 2708-2717.
- CORNEL AJ, JUPP PG, BLACKBURN NK (1993): Effect of environmental temperature on the vector competence of *Culex vittatus* for West Nile virus. J. Med. Entomol. 30: 449-456.
- CURTIS CF, GRAVES PM (1983): Genetic variation in the ability of insects to transmit filariae, trypanosomes, and malarial parasites. In: Harris KF (Hrsg.), Current Topics in Vector Research. Praeger, New York: 31-62.
- DAHL C, KAISER A, BECKER N (1999): Culicidae. In: SCHUHMAN H, BÄHRMANN R, STARK A (Hrsg.), Checkliste der Dipteren Deutschlands. Studia Dipterol., Suppl. 2: 51-52

- DOHM DJ, SARDELIS MR, TURELL MJ (2002): Experimental vertical transmission of West Nile virus by *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). J. Med. Entomol. 39: 640-644.
- ECDC (2012): Guidelines for the surveillance of invasive mosquito species in Europe. ECDC Technical Report. Stockholm, 95 SS.
- ECDC (2014): Guidelines for the surveillance of native mosquito species in Europe. ECDC Technical Report. Stockholm, 111 SS.
- ESHOO MW, WHITEHOUSE CA, ZOLL ST, MASSIRE C, PENNELLA TT, BLYN LB, SAMPATH R, HALL TA, ECKER JA, DESAI A, WASIELOSKI LP, LI F, TURELL MJ, SCHINK A, RUDNICK K, OTERO G, WEAVER SC, LUDWIG GV, HOFSTADLER SA, ECKER DJ (2007): Direct broad-range detection of alphaviruses in mosquito extracts. Virology 368: 286-295.
- FARAJOLLAHI A, KESAVARAJU B, PRICE DC, WILLIAMS GM, HEALY SP, GAUGLER R, NELDER MP (2009): Field efficacy of BG-sentinel and industry-standard traps for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and West Nile virus surveillance. J. Med. Entomol. 46: 919-925.
- FONSECA DM, KEYGHOBADI N, MALCOLM CA, MEHMET C, SCHAFFNER F, MOGI M, FLEISCHER RC, WILKERSON RC (2004): Emerging vectors in the *Culex pipiens* complex. Science 303: 1535-1538.
- FONTENILLE D, LAGNEAU C, LECOLLINET S, LEFAIT-ROBIN R, SETBON M, TIREL B, YEBAKIMA A (2009) La Lutte Antivectorielle en France / Disease Vector Control in France. IRD Éditions, Collection Expertise Collégial, Marseille, France, 533 SS.
- FOLMER O, BLACK M, HOEH W, LUTZ R, VRIJENHOEK R (1994): DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol. Mar. Biol. Biotechnol. 3: 294-299.

- HÉBERT PD, RATNASINGHAM S, DE WAARD JR (2003): Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proc. Biol. Sci.* 270 (Suppl 1): S96-S99.
- HEMINGWAY J, BEATY BJ, ROWLAND M, SCOTT TW, SHARP BL (2006) The Innovative Vector Control Consortium: improved control of mosquito-borne diseases. *Trends Parasitol.* 22: 308-312.
- HOFHUIS A, REIMERINK J, REUSKEN C, SCHOLTE EJ, BOER AD, TAKKEN W, KOOPMANS M (2009): The hidden passenger of lucky bamboo: do imported *Aedes albopictus* mosquitoes cause dengue virus transmission in the Netherlands? *Vector-Borne Zoon. Dis.* 9: 217-220.
- HUBÁLEK Z, RUDOLF I, BAKONYI T, KAZDOVÁ K, HALOUZKA J, SEBESTA O, SIKUTOVÁ S, JURICOVÁ Z, NOWOTNY N (2010): Mosquito (Diptera: Culicidae) surveillance for arboviruses in an area endemic for West Nile (lineage Rabensburg) and Tahyna viruses in Central Europe. *J. Med. Entomol.* 47: 466-472.
- HUBER K, PLUSKOTA B, JÖST A, HOFFMANN K, BECKER N (2012): Status of the invasive species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in southwest Germany in 2011. *J. Vector Ecol.* 37: 462-465.
- HUHTAMO E, LAMBERT AJ, CONSTANTINO S, SERVINO L, KRIZMANCIC L, BOLDORINI R, ALLEGRINI S, GRASSO I, KORHONEN EM, VAPALAHTI O, LANCIOTTI R, RAVANINI P. (2013): Isolation and full genomic characterization of Batai virus from mosquitoes, Italy 2009. *J. Gen. Virol.* 94: 1242-1248.
- JONES RH, FOSTER NM (1978): Heterogeneity of *Culicoides variipennis* field populations to oral infection with bluetongue virus. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 27: 178-183.
- JONES KE, PATEL NG, LEVY MA, STOREYGARD A, BALK D, GITTLEMAN LJ, DASZAK P (2008) Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451: 990-993

- JÖST H, BIALONSKI A, STORCH V, GÜNTHER S, BECKER N, SCHMIDT-CHANASIT J (2010) Isolation and phylogenetic analysis of Sindbis viruses from mosquitoes in Germany. *J. Clin. Microbiol.* 48: 1900-1903.
- JÖST H, BIALONSKI A, SCHMETZ C, GÜNTHER S, BECKER N, SCHMIDT-CHANASIT J (2011a) Isolation and phylogenetic analysis of Batai virus, Germany. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 84: 241-243.
- JÖST H, BIALONSKI A, MAUS D, SAMBRI V, EIDEN M, GROSCHUP MH, GÜNTHER S, BECKER N, SCHMIDT-CHANASIT J (2011b): Isolation of Usutu Virus in Germany. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 85: 551-553.
- KAMPEN H, KRONEFELD M, ZIELKE D, WERNER D (2013): Further specimens of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) trapped in southwest Germany. *Parasitol. Res.* 112, 905-907.
- KAMPEN H, ZIELKE D, WERNER D (2012): A new focus of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) distribution in western Germany: rapid spread or a further introduction event? *Parasit. Vectors* 5: 284.
- KAMPEN H, WERNER D (2014): Out of the bush: The Asian Bush Mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) becomes invasive. *Parasit. Vectors* 7: 59
- KAMPEN H, WERNER D (2015): Die wiederkehrende Notwendigkeit von Stechmückensurveillance und -forschung. *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitssch.* 58: 1101-1109.
- KILPATRICK AM, RANDOLPH SE (2012): Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *Lancet* 380: 1946-1955.
- KRONEFELD M, DITTMANN M, ZIELKE D, WERNER D, KAMPEN H (2012): Molecular confirmation of the occurrence in Germany of *Anopheles daciae* (Diptera, Culicidae). *Parasit. Vectors* 5: 250.

- KRÜGER A, TANNICH E (2013): Rediscovery of *Anopheles algeriensis* Theob. (Diptera: Culicidae) in Germany after half a century. J. Eur. Mosq. Control Assoc. 31: 14-16.
- LINTHINCUM KJ, DAVIES FG, KAIRO A, BAILEY CL (1985): Rift Valley fever virus in Europe and Africa. Curr. Top. Microbiol. Immunol. 267: 309-322.
- MILLER BM, NASCI RS, GODSEY MS, SAVAGE HM, LUTWAMA JJ, LANCIOTTI RS, PETERS CJ (2000): First field evidence for natural vertical transmission of West Nile virus in *Culex univittatus* complex mosquitoes from Rift Valley Province, Kenya. Am. J. Trop. Med. Hyg. 62: 240-246.
- MOUTAILLER S, KRIDA G, SCHAFFNER F, VAZEILLE M, FAILLOUX AB (2008): Potential vectors of Rift Valley fever virus in the Mediterranean region. Vector-Borne Zoon. Dis. 8: 749-753.
- MEDLOCK JM, HANSFORD KM, SCHAFFNER F, VERSTEIRT V, HENDRICKX G, ZELLER H, VAN BORTEL W (2012): A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. Vector-Borne Zoon. Dis. 12: 435-447.
- MEERAUS WH, ARMISTEAD JS, ARIA JR (2008): Field comparison of novel and gold standard traps for collecting *Aedes albopictus* in northern Virginia. J. Am. Mosq. Contr. Assoc. 24: 344-348.
- NASCI RS, SAVAGE HM, WHITE DJ, MILLER JR, CROPP BC, GODSEY MS, KERST AJ, BENNETT P, GOTTFRIED K, LANCIOTTI RS (2001): West Nile virus in overwintering *Culex* mosquitoes, New York City, 2000. Emerg. Infect. Dis. 7: 742-744.
- NICOLESCU G, LINTON YM, VLADIMIRESCU A, HOWARD TM, HARBACH RE (2004): Mosquitoes of the *Anopheles maculipennis* group (Diptera: Culicidae) in Romania, with the discovery and formal recognition of a new species based on molecular and morphological evidence. Bull. Entomol. Res. 94: 525-535.

- PLUSKOTA B, STORCH V, BRAUNBECK T, BECK M, BECKER N (2008): First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. Eur. Mosq. Bull. 26: 1-5.
- PROFT J, MAIER WA, KAMPEN H (1999): Identification of six sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae) by a polymerase chain reaction assay. Parasitol. Res. 85: 837-843.
- REITER P (2010a): The standardised freight container: vector of vectors and vector-borne diseases. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 29: 57-64.
- REITER P (2010b): Climate change and mosquito-borne disease: knowing the horse before hitching the cart. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 27: 383-398
- REITER P, SPRENGER D (1987): The used tire trade: a mechanism for the worldwide dispersal of container breeding mosquitoes. J. Am. Mosq. Control Assoc. 3: 494-501.
- ROMI R, SABATINELLI G, SAVELLI LG, RARIS M, ZAGO M, MALATESTA R (1997): Identification of a North American mosquito species, *Ochlerotatus atropalpus* (Diptera: Culicidae), in Italy. J. Am. Mosq. Control Assoc. 13: 245-256.
- ROMI R, SEVERINI F, TOMA L (2006): Cold acclimation and overwintering of female *Aedes albopictus* in Roma. J. Am. Mosq. Control Assoc. 22: 149-151.
- RUDOLF M, CZAJKA C, BÖRSTLER J, MELAUN C, JÖST H, VON THIEN H, BADUSCHE M, BECKER N, SCHMIDT-CHANASIT J, KRÜGER, A., TANNICH, E, BECKER S (2013): First nationwide surveillance of *Culex pipiens complex* and *Culex torrentium* mosquitoes. PLoS One 8: e71832.
- SANE J, KURKELA S, PUTKURI N, HUHTAMO E, VAHERI A, VAPALAHTI O (2012): Complete coding sequence and molecular epidemiological analysis of Sindbis virus isolates from mosquitoes and humans, Finland. J. Gen. Virol. 93: 1984-1990.

- SCHAFFNER F, ANGEL G, GEOFFROY B, HERVY J.P, RHAJEM A, BRUNHES J (2001): The mosquitoes of Europe. An identification and training programme. IRD Éditions & EID Méditerranée, Montpellier, France; CD-ROM.
- SCHAFFNER F, CHOUIN S, GUILLOTEAU J (2003): First record of *Ochlerotatus (Finlaya) japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in metropolitan France. J. Am. Mosq. Control. Assoc. 19: 1-5.
- SCHAFFNER F, KAUFMANN C, HEGGLIN D, MATHIS A (2009): The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. Med. Vet. Entomol. 23: 448-451.
- SCHOLTE EJ, SCHAFFNER F (2007): Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. In: TAKKEN W, KNOLS BGJ (Hrsg.), Emerging Pests and Vector-borne Diseases in Europe. Wageningen Acad. Publ., The Netherlands, 241-260.
- SCHAFFNER F, VAZEILLE M, KAUFMANN C, FAILLOUX A-B, MATHIS A (2011): Vector competence of *Aedes japonicus* for chikungunya and dengue viruses. Eur. Mosq. Bull. 29: 141-142.
- SCHNEIDER K (2011): Breeding of *Ochlerotatus japonicus japonicus* 80 km north of its known range in southern Germany. Eur. Mosq. Bull. 29: 129-132.
- SPIELMAN A (2001): Structure and seasonality of nearctic *Culex pipiens* populations. Ann. N. Y. Acad. Sci. 951: 220-234.
- TAPPE D, PÉREZ-GIRÓN JV, ZAMMARCHI L, RISSLAND J, FERREIRA DF, JAENISCH T, GÓMEZ-MEDINA S, GÜNTHER S, BARTOLONI A, MUÑOZ-FONTELA C, SCHMIDT-CHANASIT J (2016): Cytokine kinetics of Zika virus-infected patients from acute to convalescent phase. Med Microbiol Immunol.: doi:10.1007/s00430-015-0445-7 (Epub ahead of print).
- THOMAS SM, OBERMAYR U, FISCHER D, KREYLING J, BEIERKUHNLIN C (2012) Low-temperature threshold for egg survival of a post-diapause and non-diapause

European aedine strain, *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). Parasit. Vectors 5:100

TURELL MJ (1993): Effect of environmental temperature on the vector competence of *Aedes tritaeniorhynchus* for Rift Valley fever and Venezuelan encephalitis viruses. Am. J. Trop. Med. Hyg. 49: 672-676.

TURELL MJ, DOHM DJ, SARDELIS MR, O'GUINN ML, ANDREALIS TG, BLOW JA (2005): An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. J. Med. Entomol. 45: 102-108.

TURELL MJ, LINTHICUM KL, PATRICAN LA, DAVIES FG, KAIRO A, BAILEY CL (2008): Vector competence of selected African mosquito (Diptera: Culicidae) species for Rift Valley fever. J. Med Entomol. 45: 102-108.

TURELL MJ, O'GUINN ML, DOHM DJ, JONES JW (2001): Vector competence of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. J. Med. Entomol. 38: 130-134.

VAN DER BERG H, VELAYUDHAN R, EJOV M (2013): Regional framework for surveillance and control of invasive mosquito vectors and re-emerging vectorborne diseases 2014–2020. WHO Europe, Kopenhagen, 18 SS.

VEZZANI R (2007): Artificial container-breeding mosquitoes and cemeteries: a perfect match. Trop. Med. Int. Health 12, 299-313.

WHO-EMCA (2013): Guidelines for the Control of Mosquitoes of Public Health Importance in Europe 2013. WHO Europe, Kopenhagen, 41 SS.
http://www.emca-online.eu/documents/visitors/EMCA_guidelines_Speyer_2011.pdf. Zugegriffen: 03. März 2016

- WERNER D, KRONEFELD M, SCHAFFNER F, KAMPEN H (2012): Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany, July to August 2011. EuroSurveill. 17: pii=20067.
- WERNER D, KAMPEN H (2013): The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) towards northern Germany. Parasitol. Res. 112: 3665-3668.
- WERNER D, KAMPEN, H. (2015): *Aedes albopictus* breeding in Southern Germany. Parasitol. Res. 114: 831-834.
- WYMAN MN, FLACIO E, RADZUWEIT S, PATOCCHI N, LÜTHY P (2008) Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) – a threat for Switzerland? EuroSurveill. 13: pii=8058
- ZIEGLER U, SEIDOWSKI D, ANGENVOORT J, EIDEN M, MÜLLER K, NOWOTNY N, GROSCUP MH (2012): Monitoring of West Nile virus infections in Germany. Zoon. Publ. Health 59: 95-101.
- ZIELKE D, IBÁÑEZ-JUSTICIA A, KALAN K, MERDIĆ E, KAMPEN H, WERNER D (2015): Recently discovered *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) populations in The Netherlands and northern Germany resulted from a new introduction event and from a split from an existing population. Parasit. Vectors 8: 40.

7 Publikationsverzeichnis der gewonnenen Ergebnisse des Projektes (Publikationen in Anlage VIII)

ENGLER O, SAVINI G, PAPA A, FIGUEROLA J, GROSCHUP M, KAMPEN H, MEDLOCK J. VAUX, WILSON A, WERNER D, JOST H, GOFFREDO M, CAPELLI G, FEDERICI V, TONOLLA, PATOCCHI N, FLACIO E, PORTMANN J, ROSSI-PERUZZI A, MOURELATOS S, RUIZ S, VAZQUEZ A, CALZOLARI M, BONILAURI P, DOTTORI M, SCHAFFNER F, MATHIS A, JOHNSON N (2013): European Surveillance for West Nile Virus in Mosquito Populations. — *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10(10), 4869-4895.

HECKER S, WERNER D, KAMPEN H, LUCKAS M (2014): The Mosquito Atlas – from a nuisance to added value. Citizen science in entomology. — *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 19: 131-136.

KAMPEN H, ZIELKE D, WERNER D (2012): A new focus of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) distribution in western Germany: rapid spread or a further introduction event? — *Parasites & Vectors* 5:284.

KAMPEN H, KRONEFELD M, ZIELKE D, WERNER D (2013): Further specimens of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) trapped in southwest Germany. — *Parasitology Research* 112:905–907.

KAMPEN H, KRONEFELD M, ZIELKE D, WERNER D (2013): Three rarely encountered and one new *Culiseta* species (Diptera, Culicidae) in Germany. — *Journal of the European Mosquito Control Association* 31: 36 – 39.

KAMPEN H, KRONEFELD M, ZIELKE D, WERNER D (2014): Some new, rare and less frequent mosquito species (Diptera, Culicidae) recently collected in Germany. — *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 19: 123-130.

KAMPEN H, WERNER D (2014): Out of the bush: The Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) becomes invasive. — *Parasites & Vectors* 7:59

- KAMPEN H, WERNER D (2014): Der "Mückenatlas" - ein Instrument zum passiven Stechmücken-Monitoring unter Beteiligung der Öffentlichkeit. — Forschungsreport 24-27.
- KAMPEN H, MEDLOCK J, VAUX A, KOENRAADT CJM, ARNOLD JH, VAN VLIET AJH, BARTUMEUS F, OLTRA A, SOUSA CA, CHOUIN S, WERNER D (2015): Approaches to passive mosquito surveillance in the EU. — Parasites & Vectors 8:9.
- KAMPEN H, WERNER D (2015): Die wiederkehrende Notwendigkeit von Stechmückensurveillance und -forschung. — Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 58, 1101-1109.
- KRONEFELD M, DITTMANN M, ZIELKE D, WERNER D, KAMPEN H (2012): Molecular confirmation of the occurrence in Germany of *Anopheles daciae* (Diptera, Culicidae). — Parasites & Vectors 5: 250.
- KRONEFELD M, KAMPEN H, SASSNAU R, WERNER D (2014): Molecular detection of *Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens* and *Setaria tundra* in mosquitoes from Germany. — Parasites & Vectors 7:30.
- KRONEFELD M, WERNER D, KAMPEN H. (2014): PCR Identification and distribution of *Anopheles daciae* (Diptera, Culicidae) in Germany. — Parasitology Research 113: 2079-2086.
- KRONEFELD M, SCHAFFNER F, KAMPEN H, WERNER, D. (2014): Gynandromorphism and intersexualism in Culicidae (Diptera: Culicomorpha: Culicoidea): description of five individual cases and a literature review. — Studia dipterologica 20 (2): 239-253.
- SASSNAU R, CZAJKA C, KRONEFELD M, WERNER D, GENCHI C, TANNICH E, KAMPEN H (2014): *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis* DNA findings in mosquitoes in Germany: temperature data allow autochthonous extrinsic development. — Parasitology Research 113: 3057-3061.

- WERNER D, KRONEFELD M, SCHAFFNER F, KAMPEN H (2012): Two invasive mosquitoes species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus*, trapped in south-west Germany July to August 2011. — *Eurosurveillance* 17: pii=20067.
- WERNER D, KAMPEN H (2013): The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) towards northern Germany. — *Parasitology Research* 112: 3665-3668.
- WERNER D, HECKER S, LUCKAS M, KAMPEN H (2014): How can the citizen science project „Mückenatlas“ support science: mosquito monitoring (Diptera: Culicidae) in Germany, 119-124. — In: Müller, G.; Pospischil, R. & Robinson, W.H. (Hrsg.): *Proceedings of the 8th International Congress on Urban Pests*, 469.
- WERNER D, KAMPEN H (2014): From the online project „Mückenatlas“ to research: mosquito monitoring (Diptera, Culicidae) in Germany. — *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* 19: 143-147.
- WERNER D, KAMPEN H (2015): *Aedes albopictus* breeding in southern Germany, 2014. — *Parasitology Research* 114: 831-834.
- Zielke D, Werner D, Kampen H, Schaffner F, Fonseca DM (2014): Unexpected patterns of admixture in German populations of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) underscore the importance of human intervention in the dispersal of this invasive mosquito species. — *PLoS ONE* 9: e99093.
- Zielke DE, Ibañez-Justicia A, Kalan K, Merdič E, Kampen H, Werner D (2015): Recently discovered *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) populations in The Netherlands and northern Germany resulted from a new introduction event and from a split from an existing population. — *Parasites & Vectors* 8, 40.

Anlage I: Darstellung, Wertung und Anwendung der Ergebnisse für Zwecke des BMEL

Die Studie zur Verbreitung und zur Phänologie der Stechmücken-Arten in Deutschland, inklusive potenzieller Vektor-Arten macht sehr deutlich, dass mehrjährige Untersuchungen an zahlreichen Fundorten notwendig sind, um das gesamte Artenspektrum der Region zu erfassen und den Einfluss von Witterung, Klima, Landschaftsstrukturen und –nutzung zu beschreiben. Die limitierten Länge der Studie und die limitierten Fallenzahl lassen nur punktuelle Auswertungen und nur vage tendenzielle Ableitungen für das gesamte Bundesgebiet zu.

Der Nachweis invasiver Stechmücken-Arten, darunter auch die Asiatische Tigermücke und die Asiatische Buschmücke, die weltweit eine wichtige Rolle als effiziente Überträger zahlreicher pathogener Krankheitserreger spielen, sollte zielgerichtete Monitoring-Aktivitäten nach sich ziehen, um die Etablierung, die Ver- und Ausbreitung genau zu verfolgen.

Der begrenzte Nachweis von Viren in den Mückenpopulationen legt nahe, dass eine Zirkulation von Stechmücken-bürtigen Viren in Deutschland aktuell nur lokal und auf niedrigem Niveau stattfindet. Der Nachweis von Dirofilarien in den Mücken, zusammen mit früheren und aktuellen weiteren Nachweisen in Hunden und neuerdings auch beim Menschen, spricht dagegen für aktive regionale Transmissionszyklen, die eingehender untersucht werden sollten.

Auch bei Stechmücken-assoziierten Krankheiten lohnt sich proaktive Forschung und Datenerfassung. Abgesehen von den Krankheitsfällen, die verhindert werden können, liegen die Kosten einer gezielten Bekämpfung von Stechmücken, die als gefährliche Überträger gelten, ungleich niedriger als die für das ‚Case Management‘ und die Folgekosten im Falle eines Krankheitsausbruchs. Eine Kostenanalyse aus den USA legt dar, dass die Verhinderung von nur 15 Fällen von Westnil-Virus-bedingter neuroinvasiver Erkrankung die wiederholte Stechmücken-Bekämpfung mit Insektiziden auf einem Gebiet von annähernd 500 km² kosteneffizient gestalten würde (Kampen & Werner 2015).

Zur Ergreifung gezielter prophylaktischer Maßnahmen sind aber detaillierte Kenntnisse zur geografischen Verbreitung, zur Saisondynamik und zur Vektorkompetenz der in Deutschland vorkommenden Stechmücken-Arten

erforderlich. Obwohl nach Jahrzehnten der Untätigkeit seit 2011 mehrere Pilotprojekte zum Stechmücken-Monitoring in Deutschland gefördert wurden, ist die Datenlage immer noch höchst lückenhaft. Änderungen und Unterschiede im Vorkommen der Mücken können aufgrund von klimatischen, aber auch ökologischen Faktoren räumlich und zeitlich beträchtlich sein und insbesondere bei invasiven Arten sehr plötzlich auftreten.

Anlage II: Kurzfassung

Von 2011 bis 2014 wurden mit Stechmücken-Fallen (BG-Sentinel) an 37, 40, 30 bzw. 31 über Deutschland verteilten Standorten im Fangzeitraum zwischen April und Oktober einmal wöchentlich für 24 Stunden Stechmücken gefangen. Das gefangene Material wurde morphologisch bzw. genetisch identifiziert sowie einem Pathogenscreening unterzogen.

Während des Monitorings wurden 43 von den 50 in Deutschland jemals beschriebenen Stechmücken-Arten nachgewiesen, darunter zahlreiche potenzielle Vektoren. Die Fangzahlen aus den Fallenfängen als Maß für die Verbreitung und die Häufigkeit der Arten an jedem Fallenstandort dargestellt.

Neben weit verbreiteten und häufig vorkommenden Arten wie die Gemeine Hausmücke (*Culex pipiens*), die Rheinschnake (*Aedes vexans*) oder die Ringelschnake (*Culiseta annulata*) wurden einige sehr seltene, schon lange für Deutschland nicht mehr dokumentierte sowie drei invasive Arten und eine kürzlich neu beschriebene Art des *Anopheles maculipennis*-Komplexes erfasst.

Das 2012 etablierte Citizen Science Projekt „Mückenatlas“ lieferte ergänzende Angaben zur Verbreitung der einzelnen Arten und Hinweise zur Entdeckung zweier zuvor unbekannter Populationen der Asiatischen Buschmücke *Aedes japonicus japonicus* in Deutschland.

Handaufsammlungen und der Einsatz weiterer Fallensysteme in ausgewählten Regionen, Biotopen und Landschaftsstrukturen ergänzten die Daten. Insgesamt wurden über 180.000 Stechmücken in der Auswertung berücksichtigt, von denen über 60.000 dem Pathogenscreening auf humanpathogene und zoonotische Viren und Würmer der Überfamilie Filarioidea unterzogen wurden. Neben dem Nachweis von Batai-, Sindbis-, Usutu- und Insekten-spezifischen-Viren konnten die Zoonoseerreger *Dirofilaria repens* und *D. immitis* in Stechmücken nachgewiesen werden.

Die Verstetigung des Stechmücken-Monitorings in Deutschland wäre wünschenswert, um kontinuierlich Daten zur Verbreitung von Stechmücken zu erhalten und somit eine fundierte Grundlage für fortlaufende Risikoanalysen und zielgerichtete Bekämpfungsstrategien sowie für weiterführende Forschungsansätze (z.B. Vektorkompetenzversuche).

Anlage III: Abstract

Mosquito traps (BG Sentinels) were operated from April to October for 24 hours per week annually from 2011 to 2015 at 37, 40, 30 and 31 sites distributed all over Germany. The collected material was identified morphologically and genetically and was subjected to a pathogen screening.

The monitoring produced 43 out of 50 mosquito species ever described for Germany, among them numerous potential vector species. The numbers of trapped individuals are presented as a measure of the distribution and frequency of the species at every collection site.

In addition to widely distributed and frequent species, such as the common house mosquito *Culex pipiens*, *Aedes vexans* or *Culiseta annulata*, very rare species not documented for decades as well as three invasive species and a recently described species of the *An. maculipennis* complex were recorded.

The citizen science projekt „Mückenatlas“, which was established in 2012, generated additional data on the species distribution and triggered the detection of two previously unknown populations of the Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* in Germany.

Manual collections and the use of further trapping systems in selected regions, biotopes and landscape structures complemented the data. In total, more than 180.000 mosquitoes were processed, with more than 60.000 screened for human and animal pathogenic viruses and worms of the supra-family Filarioidea. In addition to Batai, Sindbis, Usutu and insect pathogenic viruses, the zoonotic filariae *Dirofilaria repens* and *D. immitis* were demonstrated.

The establishment of a long-term, unlimited surveillance scheme in Germany is desirable, in order to permanently obtain data on the distribution of mosquitoes and, thus, a well-founded basis for continuous risk analyses and targeted control strategies, as well as for subsequent research approaches (e.g., vector competence studies).

Anlage IV: Fallenstandortlisten mit Sammeldaten

**Anlage V: Verbreitungskarten von Stechmückenarten
aufgrund von Fallenfängen**

**Anlage VI: Verbreitungskarten von Stechmückenarten
basierend auf Einsendungen im Projekt Mückenatlas**

Anlage VII: Übersicht Pathogenscreening

Anlage VIII: Publikationen der gewonnenen Ergebnisse

Anlage IX: Aus dem Projekt hervorgegangene Dissertation