

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Auswirkungen des Klimawandels

Forschungskennzahl (UFOPLAN) *3711 48 404*

**Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere:
Importwege und Etablierung invasiver Mücken in Deutschland**

von

Egbert Tannich

Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin,
Bernhard-Nocht-Straße 74,
20359 Hamburg

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES

März 2014

Berichtskennblatt

Berichtsnummer	
Titel des Berichts	Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere: Importwege und Etablierung invasiver Mücken in Deutschland
Autor(en)	Tannich, Egbert
Durchführende Institution	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Bernhard-Nocht-Straße 74, 20359 Hamburg
Fördernde Institution	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Abschlussjahr	2014
Forschungskennzahl (FKZ)	3711 48 404
Seitenzahl des Berichts	27
Zusätzliche Angaben	
Schlagwörter	Invasive Stechmücken, Importwege, Klimawandel, <i>Aedes albopictus</i> , <i>Ochlerotatus japonicus</i>

Report Cover Sheet

Report No.	
Report Title	Impact of climate change on the distribution of disease-transmitting animals: route of entry and establishment of invasive mosquitoes in Germany
Author(s)	Tannich, Egbert
Performing Organisation	Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine, Bernhard-Nocht-Str. 74, 20359 Hamburg Germany
Funding Agency	Federal Environment Agency Postbox 14 06 06813 Dessau-Roßlau Germany
Report Date (Year)	2014
Project No. (FKZ)	3711 48 404
No. of Pages	27
Supplementary Notes	
Keywords	invasive mosquitoes, points of entry, climate change, <i>Aedes albopictus</i> , <i>Ochlerotatus japonicus</i>

Kurzbeschreibung

Neue invasive Stechmückenarten können als Vektoren für unterschiedliche Viren zur Ausbreitung bisher in Deutschland nicht heimischer Infektionskrankheiten beitragen. Um mögliche Importwege neuer Stechmückenarten frühzeitig zu erfassen, wurden in 2012 und 2013 an insgesamt 29 bzw. 53 Standorten regelmäßig Stechmückenfänge durchgeführt. Diese Standorte waren gekennzeichnet durch hohes Frachtaufkommen und umfangreichen Umschlag internationaler Güter, darunter See-, Flug- und Binnenhäfen sowie Güterbahnhöfe. Darüber hinaus wurden zahlreiche Raststätten entlang bundesdeutscher Autobahnen untersucht, die einen starken Güter- oder Personenverkehr zu Ländern aufweisen, in denen bereits invasive Stechmücken nachgewiesen worden waren. Die Ergebnisse zeigten, dass ausschließlich Autobahnen mit Reiseverkehr aus Italien und Südfrankreich eine signifikante Einfallspforte für invasive Stechmücken nach Deutschland darstellen. Entlang der Autobahnen A5 (Baden-Württemberg) und A93 (Bayern) wurden wiederholt sowohl ausgewachsene Exemplare (Imagines) als auch Eigelege und Larven der Asiatischen Tigermücke *Aedes albopictus* nachgewiesen. Bisher fanden sich allerdings keine Hinweise für eine Überwinterung von *Ae. albopictus* oder andere Anzeichen für eine Etablierung. Im Gegensatz dazu ergaben weiträumige Untersuchungen zur Verbreitung des Japanischen Buschmoskito *Ochlerotatus japonicus*, dass diese seit 2007 in Deutschland bekannte Stechmückenart in Baden-Württemberg als etabliert angesehen werden muss. Im Beobachtungszeitraum zwischen 2011 und 2013 hatte sich das Ausbreitungsgebiet von *Oc. japonicus* bereits verdoppelt und umfasste zuletzt eine Fläche von ca. 11.900 Quadratkilometer. Die Ausbreitung erfolgte insbesondere entlang bewaldeter Gebiete und war weniger von klimatischen Bedingungen abhängig.

Abstract

New invasive mosquito species represent suitable vectors for the transmission of various viruses and may therefore contribute significantly to the spread of new infectious diseases in Germany. For a timely detection of possible points of entry of invasive mosquitoes into Germany, a total of 29 or 53 sites were selected for regular mosquito sampling in 2012 and 2013, respectively. These sites comprised sea and inland harbours as well as airports and freight yards and were characterized by high volumes and extensive handling of international cargo. In addition, numerous motorway service stations were analysed featuring high volumes of freight and passenger traffic from countries in which invasive mosquitoes have already been identified. The results indicated that only motorways with traffic from Italy and southern France play a significant role for the introduction of invasive mosquitoes into Germany. At service stations located at the motorways A5 (Baden-Württemberg) and A93 (Bavaria), adult specimen (imagines) as well as egg batches and larvae of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* were repeatedly detected. However, at present there were no indications for hibernation or other signs for establishment of *Ae. albopictus* in Germany. In contrast, the Asian bush mosquito *Ochlerotatus japonicus*, which is present in Germany since 2007, has to be considered established in Baden-Württemberg as revealed by large scale monitoring for this species. Within the observation period between 2011 and 2013 there was a significant spread of *Oc. japonicus* with a doubling of the spreading area to 11.900 square kilometers. Spreading was primarily occurring along heavily wooded areas and was less dependent from climatic conditions.

Importwege und Etablierung invasiver Mücken in Deutschland

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Abkürzungen

1	Zusammenfassung	1
2	Summary	3
3	Ergebnisbericht	4
3.1	Einleitung	4
3.2	Notwendigkeit des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens.....	5
3.3	Ziele und Aufgaben.....	5
3.4	Importwege invasiver Stechmücken nach Deutschland.....	7
3.4.1	Ergebnisse 2012.....	9
3.4.2	Ergebnisse 2013.....	11
3.5	Ausbreitung von <i>Ochlerotatus japonicus</i> in Deutschland	16
3.5.1	Ergebnisse.....	16
3.6	Fallenvergleich.....	19
3.6.1	Ergebnisse.....	19
4	Quellenverzeichnis.....	24
4.1	Projektbezogene Publikationen	24
4.2	Literaturzitate.....	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Stechmückenfangorte in Deutschland im Jahr 2012 (aufgeschlüsselt).....	8
Abbildung 2: Stechmückenfangorte an Raststätten entlang süddeutscher Autobahnen.....	10
Abbildung 3: Nachweise von <i>Aedes albopictus</i> (oben) und der prozentuale Anteil der deutschen Bevölkerung mit Sommerferien (unten).....	13
Abbildung 4: Nachweis von Larven bzw. Eigelegen (vertikale rote Linien) im Jahr 2013 im Bezug zur mittleren Tagestemperatur an den Raststätten Breisgau A5 (links) und Kiefersfelden A93 (rechts).	15
Abbildung 5: Auftreten von <i>Ochlerotatus japonicus</i> in Baden-Württemberg. Vergleich zwischen 2011 und 2012/2013.	17
Abbildung 6: Nachweis von <i>Ochlerotatus japonicus</i> in Baden-Württemberg in den Jahren 2012/2013 in Beziehung zum Baumbestand.....	18
Abbildung 7: Zahl der pro Fangintervall gefangenen Stechmücken unter Verwendung der verschiedenen Fallentypen.....	21
Abbildung 8: Zahl der pro Fangintervall gefangenen Stechmücken unter Verwendung der verschiedenen Fallentypen und bezogen auf die verschiedenen Biotope.	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beteiligte Kooperationspartner	6
Tabelle 2: <i>Aedes albopictus</i> -Funde 2012 in Bayern und Baden-Württemberg.....	9
Tabelle 3: <i>Aedes albopictus</i> -Funde 2013 in Bayern und Baden-Württemberg.....	12
Tabelle 4: Absolute und relative Zahl gefangener Stechmücken unter Verwendung der verschiedenen Fallentypen aufgeschlüsselt nach Stechmückenarten	23

Abkürzungen

Ae.	<i>Aedes</i>
BG	BG-Sentinel trap
CDC	Centres for Disease Control miniature light trap
CO ₂	Kohlendioxyd
DNS	Desoxyribonukleinsäure
ECDC	European Centre for Prevention and Disease Control
EVS	Heavy Duty Encephalitis Vector Survey trap
m	männlich
MM	Mosquito Magnet Patriot Mosquito trap
Oc.	<i>Ochlerotatus</i>
RKI	Robert Koch-Institut
w	weiblich

1 Zusammenfassung

Neue invasive Stechmückenarten wie die Asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* oder der Japanische Buschmoskito *Ochlerotatus japonicus* können als Vektoren für unterschiedliche Viren erheblich zur Ausbreitung neuer bisher in Deutschland nicht heimischer Infektionskrankheiten beitragen. Seit 2007 wurden wiederholt einzelne Exemplare der Asiatischen Tigermücke und des Japanischen Buschmoskito in Südwestdeutschland nachgewiesen. Bis 2011 hatte sich *Oc. japonicus* bereits in zwei Gebieten in Baden-Württemberg etabliert. Zur Entwicklung gezielter Präventionsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier war es wichtig, die mögliche Verbreitung und die Importwege invasiver Mückenarten und ihr Etablierungsrisiko auch unter klimatischen Gesichtspunkten zu erfassen. Daher wurden in diesem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mögliche Einfallspforten für invasive Stechmücken untersucht. In Zusammenarbeit mit mehreren Forschungspartnern wurden in 2012 und 2013 insgesamt 29 bzw. 53 Standorte analysiert, die gekennzeichnet waren durch hohes Frachtaufkommen bzw. umfangreichen Umschlag internationaler Güter, darunter See-, Flug- und Binnenhäfen sowie Güterbahnhöfe. Darüber hinaus wurden zahlreiche Raststätten entlang bundesdeutscher Autobahnen untersucht, die einen starken Güter- oder Personenverkehr zu Ländern aufweisen, in denen bereits invasive Stechmücken nachgewiesen worden waren. Die regelmäßige Beprobung der verschiedenen Standorte mit Hilfe entsprechender Stechmückenfallen ergab, dass Warenumschlagplätze an See-, Flug- und Binnenhäfen sowie an Güterbahnhöfen kein nennenswertes Risiko für die Einschleppung invasiver Stechmücken nach Deutschland darstellen. Obwohl an den verschiedenen Standorten mehrere Tausend Stechmücken gefangen wurden, handelte es sich fast ausschließlich um etablierte, heimische Arten. Lediglich an Raststätten entlang der Autobahnen A5 in Baden-Württemberg und der A93 in Bayern wurde wiederholt *Aedes albopictus* nachgewiesen. Dabei fand sich im Verlauf der beiden Jahre eine deutliche Zunahme der Belastung. Während in 2012 lediglich 14 adulte *Ae. albopictus* gefangen wurden, waren es 2013 fast doppelt so viele. Außerdem gab es 2013 verstärkte Hinweise auf lokale Reproduktionen, da an verschiedenen Raststätten neben adulten Mücken auch Eier und Larven gefunden wurden. Die Mücken stammten vermutlich aus Italien und/oder Frankreich und wurden im Zuge des umfangreichen Personen- und Güterverkehrs über die Alpen via Schweiz und Frankreich (A5) bzw. Österreich (A93) nach Deutschland eingeschleppt. In Italien und Südfrankreich gilt *Ae. albopictus* als etabliert und kommt dort zum Teil in hoher Populationsdichte vor. Für Deutschland fanden sich bisher keine Hinweise auf eine Etablierung oder Überwinterung und auch eine Ausbreitung über die unmittelbare Nähe der Raststätten hinaus wurde nicht nachgewiesen. Aktuelle Klimaprojektionen prognostizieren suboptimale Voraussetzungen für die Ansiedlung von *Ae. albopictus* in Deutschland. Dennoch ist eine Etablierung zumindest in Südwestdeutschland nicht ausgeschlossen. Insbesondere im Hinblick auf die enorme Anpassungsfähigkeit von *Ae. albopictus* sollte eine frühe Erfassung und Beseitigung von Eigelegen und Brutplätzen daher unbedingt angestrebt werden, um anders als in Italien eine Ansiedlung und Ausbreitung in Deutschland zu verhindern.

Neben Untersuchungen zu möglichen Einfallspforten für invasive Stechmückenarten wurde auch die Ausbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg genauer untersucht. Dabei zeigte sich zwischen 2011 und 2013 eine deutliche Zunahme der Verbreitung mit einer

Verdopplung des Verbreitungsgebietes auf ca. 11.900 Quadratkilometern. Die Ausbreitung erfolgte insbesondere entlang bewaldeter Gebiete und war weniger von klimatischen Bedingungen abhängig. Mittlerweile wurden auch stabile Populationen aus anderen Bundesländern wie Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen gemeldet. Aufgrund der schnellen Ausbreitung über mehrere entfernte Bundesländer innerhalb von wenigen Jahren und ihrer starken Vermehrung bei geringen klimatischen Ansprüchen, muss davon ausgegangen werden, dass sich *Oc. japonicus* in den nächsten Jahren bundesweit etablieren wird, insbesondere in Gebieten mit entsprechendem Baumbestand.

2 Summary

New invasive mosquito species such as the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* or the Asian bush mosquito *Ochlerotatus japonicus* are suitable vectors for the transmission of various viruses and may therefore contribute significantly to the spread of new infectious diseases in Germany. Since 2007, individual specimens of *Ae. albopictus* and *Oc. japonicus* have repeatedly been detected in southwest Germany. Until 2011, *Oc. japonicus* had already spread within two larger areas in Baden-Württemberg. In order to develop specific prevention measures to protect the health of humans and animals, it is of importance to identify possible points of entry and to estimate the risk for the establishment of invasive mosquitoes, taking into account climatic aspects. Accordingly, a research and developing project has been initiated to investigate possible points of entry for invasive mosquitoes. During 2012 and 2013, in collaboration with several research partners, a total of 29 locations characterized by high volumes and extensive handling of international cargo, such as sea or inland harbours, airports and freight yards were analysed. In addition, numerous motorway service stations were included featuring high volumes of freight and passenger traffic from countries in which invasive mosquitoes have already been identified. Continuous sampling at the different locations revealed that sea and inland harbours as well as airports and freight yards are not a significant risk for the introduction of invasive mosquitoes into Germany. Despite the fact that several thousand mosquitoes have been trapped at these sampling sites, nearly all of them were established indigenous species. Only at service stations located at the motorways A5 in Baden-Württemberg and A93 in Bavaria, *Ae. albopictus* was repeatedly detected. From 2012 to 2013, the number of trapped individuals substantially increased. Moreover, in 2013, not only adult mosquitoes of *Ae. albopictus* were detected, but also eggs and larvae. The mosquitoes are supposed to come from Italy or France and were introduced into Germany by the high freight and passenger traffic across the alps via Switzerland or France (A5) and Austria (A93). In Italy and southern France, *Ae. albopictus* is well established and in some areas it is present in high population densities. In Germany, there have neither been found indications for establishment or hibernation nor for spreading of *Ae. albopictus* to areas beyond the motorway service stations. Recent climate projections suggest suboptimal conditions for the establishment of *Ae. albopictus* in Germany. However, establishment cannot be excluded at least for southwest Germany. Therefore, early detection and removal of breeding sites and clutches should be mandatory to prevent establishment and spread of *Ae. albopictus* in Germany.

In addition to studies on possible points of entry for invasive mosquitoes, the spread of *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg was analysed more closely. The results indicate a significant spread between 2011 and 2013 with a doubling of the spreading area to 11.900 square kilometers. Spreading is primarily occurring along heavily wooded areas and is less dependent from climatic conditions. In the meantime, stable populations of *Oc. japonicus* have been detected in other federal states such as North Rhine-Westphalia and Lower Saxony. The rapid spread into several federal states and its low climatic requirements suggest that within the next few years, *Oc. japonicus* will colonize throughout Germany, in particular all woodland regions.

3 Ergebnisbericht

3.1 Einleitung

Stechmücken spielen eine bedeutende Rolle als Überträger unterschiedlicher Infektionserreger, wie Bakterien, Parasiten und insbesondere Viren. Klimatische und ökologische Veränderungen, aber vor allem der internationale Warenverkehr und die Reisetätigkeit des Menschen, beeinflussen die Ausbreitung von Stechmücken und der von ihnen übertragbaren Krankheitserreger.

So haben sich in den letzten Jahrzehnten verschiedene Mückenarten von ihren angestammten Gebieten in Asien oder Afrika sehr schnell über fast alle Kontinente ausgebreitet. Einige dieser „invasiven“ Arten, wie etwa die Asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* oder der Japanische Buschmoskito *Ochlerotatus japonicus*, haben sich auch in Teilen Europas angesiedelt (1). Sie gelten als wichtige Überträger Virus-bedingter Erkrankungen, wie etwa das West-Nil-, das Dengue- oder das Chikungunya-Fieber. In den vergangenen Jahren wurden bereits zahlreiche autochthone (vor Ort erworbene) West-Nil- und Dengue-Virus-Infektionen aus verschiedenen Ländern Südeuropas berichtet (2-8), und im Jahre 2007 kam es in Italien, ausgehend von einem aus Indien zurückgekehrten infizierten Touristen zu einem Chikungunya-Ausbruch, bei dem das Virus durch die Asiatische Tigermücke auf eine große Zahl von Menschen übertragen wurde (9). Sowohl das Chikungunya-Virus als auch die Asiatische Tigermücke waren ursprünglich nicht in Italien beheimatet. Einer Einschleppung und Ausbreitung von *Ae. albopictus* konnte dort jedoch nicht rechtzeitig entgegen gewirkt werden, so dass sich die Mücke mittlerweile in weiten Teilen des Landes etabliert hat (1).

Verschiedene Importwege für invasive Mücken sind wissenschaftlich belegt. Als klassisch gilt der Transport trockenresistenter Eier mit Frachtgut aus entfernten Gebieten mit etablierten Populationen (10). Von herausragender Bedeutung sind hierbei Container, Gebrauchtreifen und Pflanzen (z.B. „Lucky Bamboo“). Potenzielle Einschleppungswege sind dabei vor allem See- und Flughäfen, aber auch sekundäre Verbreitungswege, wie etwa der über den Transport importierter exotischer Pflanzen aus den Niederlanden nach Deutschland.

Ein weiterer möglicher Ausbreitungsweg für invasive Stechmückenarten ist der regelmäßige Personen- und Güterverkehr aus europäischen Ländern mit bereits etablierten Populationen. Dabei werden Imagines (adulte Mücken) innerhalb der Fahrzeuge transportiert, die dann am Reiseziel oder bei Zwischenstopps (z.B. an Autobahnraststätten) freigesetzt werden.

An Deutschland angrenzende Länder mit etablierten invasiven Stechmückenarten sind die Schweiz, Frankreich, Belgien und Österreich (2). Darüber hinaus werden auch aus den Niederlanden regelmäßig invasive Stechmückenfunde gemeldet. Potenzielle Einschleppungen aus diesen Ländern nach Deutschland sind durch grenzüberschreitenden Autobahn-, Zug- und Binnenschiffsverkehr zu erwarten. Diese Einführungswege sind auch aus Staaten vorstellbar, die nicht direkt an Deutschland angrenzen, aber wie z.B. Italien oder Spanien große Populationen invasiver Mückenarten beheimaten und gleichzeitig einen umfangreichen Personen- und Frachtverkehr mit Deutschland pflegen.

3.2 Notwendigkeit des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens

Zur Entwicklung gezielter Präventionsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier ist es wichtig, die mögliche Verbreitung und die Importwege invasiver Mückenarten zu erfassen. Abgesehen von lokalen Untersuchungen entlang des Oberrheins in Baden-Württemberg wurde bis zum Jahre 2011 in Deutschland kein systematisches und flächendeckendes Stechmücken-Monitoring betrieben. Daher war das Ausmaß der Einschleppung und Verbreitung invasiver Stechmücken in Deutschland nicht hinreichend bekannt. Als gesichert galt aber bereits die Etablierung von *Oc. japonicus* in Teilen Baden-Württembergs (11,12) und die sporadische Einschleppung von *Ae. albopictus* entlang einer Autobahn im Süden Deutschlands (13,14). Außerhalb Baden-Württembergs wurden bis 2011 keine invasiven Stechmücken nachgewiesen, allerdings wurden nur in Hamburg und Niedersachsen in relativ kleinem Maßstab und sehr punktuell Untersuchungen zum Import invasiver Mücken durchgeführt. Die weltweite Ausbreitung von *Ae. albopictus* in den letzten Jahrzehnten basiert unter anderem auf der hohen Anpassungsfähigkeit dieser Stechmückenart. So bildet sie beispielsweise trockenresistente Eier und nutzt für die Eiablage ein breites Spektrum an künstlichen (z. B. Gebrauchtreifen) und natürlichen (z. B. Baumhöhlen) wassergefüllten Gefäßen. Ein besonderes Merkmal einiger Stämme ist die Fähigkeit, kältetolerante Eier zu produzieren und so niedrigen Temperaturen in gemäßigten Breiten zu begegnen. Veränderungen der klimatischen Bedingungen können die Ausbreitung von Arthropoden begünstigen und das Verbreitungsmuster ändern. Auch für Deutschland werden Änderungen des Klimas mit Erhöhung der durchschnittlichen Jahrestemperatur prognostiziert (15). Aus diesem Grund war es notwendig, die Wege und das Ausmaß der Einschleppung von invasiven Stechmücken in Deutschland zu untersuchen.

3.3 Ziele und Aufgaben

Durch eng abgestimmte Kooperation einer größeren Gruppe beteiligter Partner (Tabelle 1) sollten über einen Zeitraum von zwei Jahren in 2012 und 2013 möglichst viele der oben genannten putativen Importwege für invasive Stechmücken in Deutschland untersucht werden. Dabei sollten die wichtigsten in Frage kommenden Luft-, See- und Landwege berücksichtigt werden. Darüber hinaus waren der Umfang der Verbreitung von *Oc. japonicus* sowie mögliche Veränderungen genauer zu erfassen. Wesentliche Grundlage der Untersuchungen ist die Verwendung von Lebendfallen für adulte Stechmücken.

Es stehen verschiedene Lebendfallen zum Fang von Stechmücken zur Verfügung, deren Fangeffizienz bei Untersuchungen in Deutschland bislang nicht bekannt war. Daher wurde zusätzlich eine Studie zur Ermittlung der Fangeffizienz unterschiedlicher Fallen an verschiedenen Standorten durchgeführt.

Tabelle 1: Beteiligte Kooperationspartner

Name	Institut/Adresse
Prof. Dr. Egbert Tannich (Koordination)	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Bernhard-Nocht-Str. 74, 20359 Hamburg
PD Dr. Norbert Becker	Kommunale Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) e.V., Ludwigstr. 99, 67165 Waldsee
Prof. Dr. Bernd Blasius	Arbeitsgruppe Mathematische Modellierung, ICBM, Carl von Ossietzky University Oldenburg, Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11, 26111 Oldenburg
Dipl.-Biol. Udo Bradersen	Umweltmanagement, Zentralbereich Umwelt, Flughafen Hamburg GmbH, Flughafenstr. 1-3, 22335 Hamburg
Dr. Martin Geier	Biogents AG, Weißenburgstraße 22, 93055 Regensburg
Prof. Dr. Ellen Kiel	Arbeitsgruppe Gewässerökologie, IBU, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 26111 Oldenburg
PD Dr. Andreas Krüger	Teileinheit Entomologie, Fachbereich Tropenmedizin des Bundeswehrkrankenhauses Hamburg, Bernhard-Nocht-Str. 74, 20359 Hamburg
Dr. Claus Orendt	Orendt Hydrobiologie – WaterBioAssessment, Brandvorwerkstr. 66, 04275 Leipzig
Dr. Anita Plenge-Bönig	Abteilung für Hygiene, Bereich Hygiene und Infektionsmedizin, Gebiet Städtehygiene und Vektorepidemiologie, Institut für Hygiene und Umwelt (HU), Behörde für Gesundheit u. Verbraucherschutz, Freie und Hansestadt Hamburg, Marckmannstr. 129 a, 20539 Hamburg
Prof. Dr. Günter A. Schaub	Arbeitsgruppe Zoologie/Parasitologie, Lehrstuhl für Evolutionsökologie und Biodiversität der Tiere, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

3.4 Importwege invasiver Stechmücken nach Deutschland

Zur Erfassung möglicher Einfallspforten invasiver Stechmücken wurden initial im Jahr 2012 insgesamt 29 Standorte ausgewählt. 18 dieser Standorte lagen entlang von Autobahnen, die Deutschland mit Ländern verbinden, in denen invasive Stechmücken bereits nachgewiesen wurden wie z.B. Frankreich (A6) oder die Niederlande (A40), sowie an Autobahnen, die Haupttrouten von und nach Italien darstellen (A5, A93). Weitere Standorte waren insgesamt acht See-, Flug- und Binnenhäfen sowie zwei Güterbahnhöfe. Diese Standorte wurden ausgewählt aufgrund ihres hohen Frachtaufkommens bzw. ihres umfangreichen Umschlages von internationalen Gütern. Zusätzlich wurde ein Blumengroßhandel in Hamburg in die Untersuchungen eingeschlossen (Abbildung 1) (16).

Zum Fang der Mücken wurde jeder Standort mit mindestens einer BG-Sentinel (Biogents AG) sowie mehreren Ovitrapps ausgestattet. Bei der BG-Sentinel handelt es sich um eine Falle zum Fang adulter Stechmücken. Die Tiere werden durch verschiedene Duftstoffe sowie CO₂ als Hauptattraktanz angelockt und nach Annäherung über einen Ventilator in ein Fangnetz gesogen. Diese Falle war zuvor sehr erfolgreich in anderen Studien zum Stechmückennachweis insbesondere von *Ae. albopictus* eingesetzt worden (17). Bei den Ovitrapps handelt es sich um mit Wasser gefüllte, dunkle Gefäße mit eingetauchtem Holzbrettchen, das den Stechmücken als Substrat für die Eiablage dient. In 2012 wurden an den 29 Standorten insgesamt 48 BG-Sentinels und 158 Ovitrapps eingesetzt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Standorte und Anzahl der Fallen (aufgeschlüsselt)

Fallenstandort	2012			2013		
	Anzahl	BG-Sentinel	Ovitrap	Anzahl	BG-Sentinel	Ovitrap
Autobahnraststätte	18	20	60	42	47	143
Binnenhafen	2	6	18	2	6	18
Blumengroßhandel	1	1	4	1	1	4
Flughafen	4	11	35	4	13	41
Güterbahnhof	2	6	18	2	6	18
Seehafen	2	4	23	2	4	23
Summe	29	48	158	53	77	247

Die Fallen wurden alle zwei Wochen kontrolliert und die gefangenen Stechmücken bzw. Eier morphologisch bestimmt. Bei Verdacht auf invasive Arten wurden zusätzlich die Eier geflütet und die Diagnose an den geschlüpften Larven oder Adulttieren überprüft. Alle invasiven Stechmücken sowie beschädigte Exemplare, bei denen die morphologische Bestimmung Schwierigkeiten bereitete, wurden zusätzlich mit Hilfe molekular-taxonomische Bestimmungsmethoden (Sequenzierung eines Abschnitts des Gens für die Cytochromoxidase Untereinheit 1 (CO1)) überprüft. Diese Methoden erlauben eine sichere Spezieszuordnung der einzelnen Tiere auf DNS-Ebene (18).

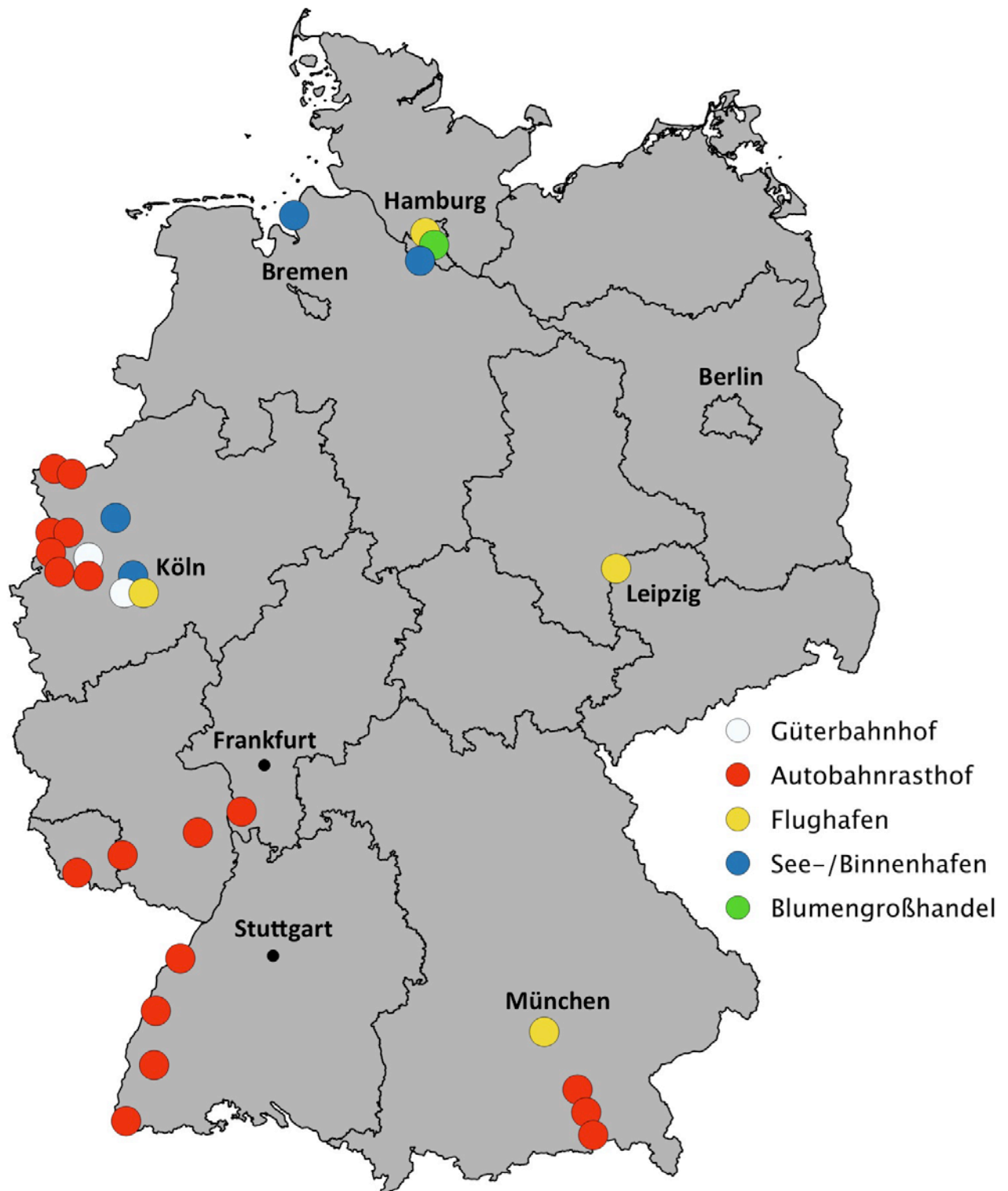


Abbildung 1: Verteilung der Stechmückenfangorte in Deutschland im Jahr 2012 (aufgeschlüsselt)

3.4.1 Ergebnisse 2012

In der Fangsaison 2012 (Mai bis Oktober) wurden an den 29 ausgewählten Standorten insgesamt 2.799 Proben genommen (642 aus BG-Sentinelns, 2.157 aus Ovitrapns) und insgesamt 11.335 adulte Stechmücken (Culiciden) gefangen. Alle Ergebnisse wurden in die Deutsche Stechmücken-Datenbank "CULBASE" (www.culbase.fli.bund.de) eingestellt. Bei den Fängen handelte es sich fast ausschließlich um einheimische, nicht-invasive Arten. Ausnahmen traten lediglich an drei Standorten entlang der Autobahn A5 in Baden-Württemberg und der A93 in Bayern auf, an denen wiederholt *Ae. albopictus* nachgewiesen wurde (Abbildung 2). Nach den ersten Funden von *Ae. albopictus* wurden an den drei Standorten intensivierete Monitoring-Maßnahmen ergriffen. Es wurde sowohl die Zahl der Fallen in einem Radius von 200 Metern auf das dreifache erhöht als auch die Überwachungszeit der Fallen auf eine Woche verkürzt. Dabei konnten bis Oktober 2012 insgesamt 14 adulte *Ae. albopictus* (13 Weibchen, 1 Männchen) gefangen werden (Tabelle 3).

Tabelle 2: *Aedes albopictus*-Funde 2012 in Bayern und Baden-Württemberg

Bayern			Baden-Württemberg		
Datum	Fund	Autobahnraststätte	Datum	Fund	Autobahnraststätte
04.07.12	1 w	Kiefersfelden (A93)	23.08.12	2 w	Breisgau (A5)
19.09.12	1 w	Kiefersfelden (A93)	09.09.12	1 w	Breisgau (A5)
22.09.12	1 w	Kiefersfelden (A93)	17.09.12	1 w	Breisgau (A5)
11.09.12	2 w, 1 m	Raubling (A93)	12.10.12	4 w	Breisgau (A5)

Drei der gefangenen Weibchen waren gravide und hätten unmittelbar Eier ablegen können. Molekulare Analysen der einzelnen Exemplare ergaben, dass es sich bei den 14 Exemplaren zweifelsfrei um *Ae. albopictus* handelte und die Mücken zwischen den verschiedenen Standorten nicht miteinander verwandt waren. Offenbar handelte es sich an den drei Standorten um unabhängige Eintragungen. Lediglich die acht Exemplare am Standort A5/Breisgau zeigten einen hohen Grad an genetischer Verwandtschaft, so dass zu vermuten war, dass hier bereits eine lokale Vermehrung stattgefunden hatte, oder dass mehrere Tiere aus demselben Gelege eingeschleppt wurden (16).

Die Ergebnisse wurden umgehend den entsprechenden Landes- und Bundesbehörden, einschließlich dem Robert Koch-Institut (RKI) sowie dem European Centre for Disease Control (ECDC) in Stockholm gemeldet. Die in regelmäßigen Zeitabständen aktualisierten digitalen Karten zum Vorkommen invasiver Stechmücken in Europa (1) wurden dementsprechend ergänzt. Um einer möglichen lokalen Vermehrung vorzubeugen, wurden potentielle Brutstätten für *Ae. albopictus* wie wassergefüllte Behältnisse oder Baumhöhlen beseitigt bzw. mit Sand aufgefüllt.

Bis zum Zeitpunkt dieser Funde gab es lediglich zwei Berichte über das Auftreten von *Ae. albopictus* in Deutschland. Beide stammten aus Baden-Württemberg. So wurde in 2007 ein Gelege der Asiatischen Tigermücke an der Grenze zur Schweiz gefunden und in 2011 war ein einzelnes Exemplar eines adulten Weibchens an einem Güterbahnhof bei Freiburg gefangen worden (13,14). Daher war der Fund von 14 adulten *Ae. albopictus* im Zusammenhang mit den hier beschriebenen Untersuchungen überraschend und in dem Umfang nicht erwartet, insbesondere auch deshalb, da jeweils nur an einer Autobahn in Baden-Württemberg (A5) und

Bayern (A93) überhaupt Untersuchungen durchgeführt wurden. Letztendlich wurde an drei von sieben in diesen beiden Bundesländern untersuchten Autobahnraststätten *Ae. albopictus* nachgewiesen (Abbildung 2). Aufgrund dieser unerwarteten Häufung musste angenommen werden, dass die Einschleppung der asiatischen Tigermücke nach Deutschland kein seltenes Ereignis darstellt und primär über den Autobahnverkehr aus Südeuropa erfolgt.

Vermutlich stammen die Mücken aus Italien oder teilweise auch aus Frankreich und wurden im Zuge des umfangreichen Personen- oder Güterverkehrs über die Alpen via Schweiz (A5) bzw. Österreich (A93) nach Deutschland eingeschleppt. Dies deckt sich auch mit der Beobachtung, dass die Mückendichte für *Ae. albopictus* zwischen Juli und September in Italien am höchsten ist (19,20) und alle unsere Funde zwischen Juli und Oktober getätigt wurden. Zusätzlich war in 2012 bekannt geworden, dass in Österreich und Tschechien ebenfalls Einschleppungen von *Ae. albopictus* nachgewiesen wurden (1,21). Da *Ae. albopictus* nicht nur in Italien verbreitet ist, sondern auch in anderen süd- und südosteuropäischen Ländern, stellte sich die Frage, wie umfangreich die Einschleppungen nach Deutschland tatsächlich sind und wie hoch das Risiko einer dauerhaften Ansiedlung von *Ae. albopictus* bewertet werden muss. Zur Klärung dieser Fragen wurde die Stechmückenüberwachung in Süddeutschland in 2013 auf weitere Autobahnen ausgedehnt.

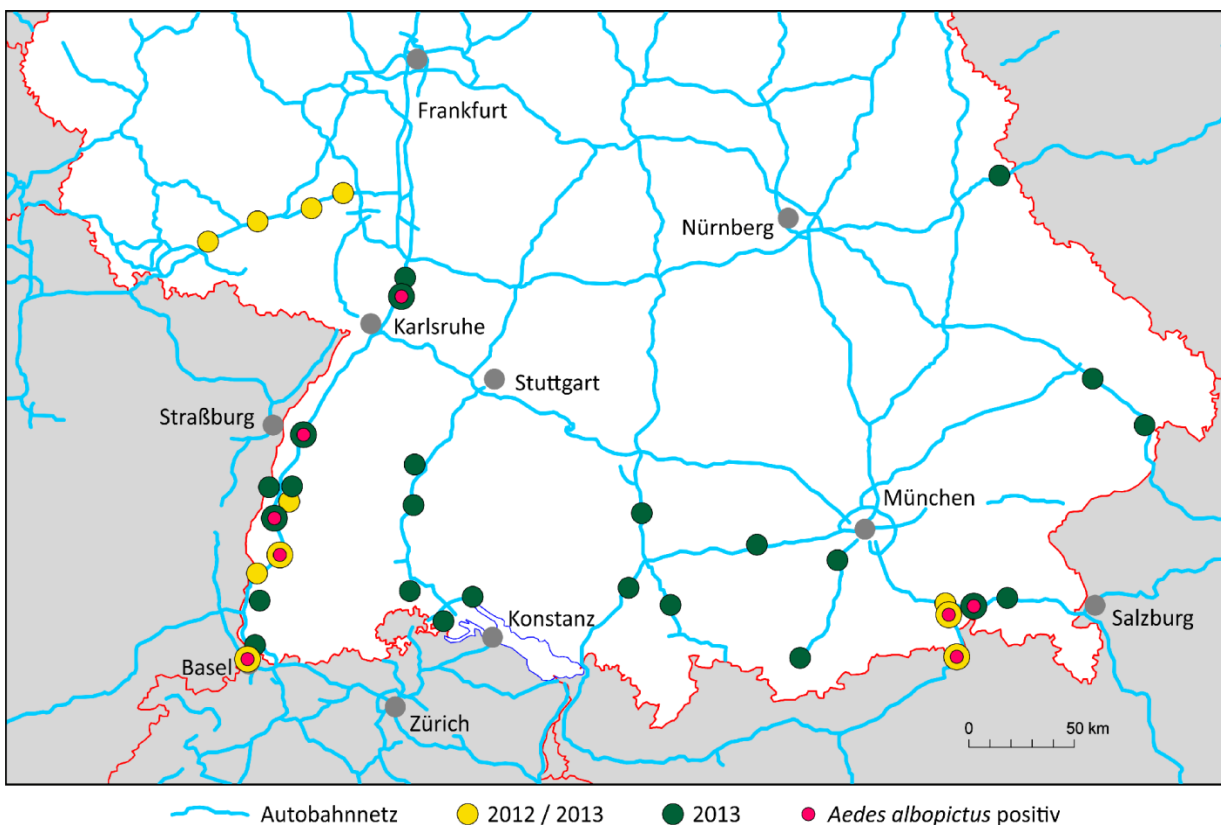


Abbildung 2: Stechmückenfangorte an Raststätten entlang süddeutscher Autobahnen

3.4.2 Ergebnisse 2013

Im Jahr 2013 wurden dieselben Standorte beprobt wie in 2012. Zusätzlich wurden in Baden-Württemberg und Bayern neben den beiden bereits im Vorjahr untersuchten Autobahnen A5 und A93 weitere neun Autobahnen (A3, A6, A7, A8, A81, A95, A96, A98 und A861) in die Untersuchung einbezogen und gleichzeitig die Zahl der Raststätten von sieben auf 31 erhöht (Abbildung 2). Durch diese wesentlich repräsentativere Erfassung sollte der Umfang der Einschleppung von *Ae. albopictus* in Süddeutschland genauer bestimmt werden. Außerdem sollte mit dem Einschluss von Autobahnen im Osten von Bayern das Risiko von Eintragungen aus Rumänien und anderen südosteuropäischen Ländern in die Bewertung einbezogen werden.

Durch die Erweiterung des Stechmückenmonitorings um weitere Rastplätze entlang der süddeutschen Autobahnen erhöhte sich die Zahl der Fallenstandorte in 2013 von 29 auf insgesamt 53. Damit stieg auch die Zahl der BG-Sentinel Fallen von 48 auf 77 und die der Ovitrap von 158 auf 247 (Tabelle 2). Insgesamt wurden in der Fangsaison 2013 (Mai bis Oktober) 3.539 Proben genommen (863 aus BG-Sentinel, 2.676 aus Ovitrap) und dabei 20.749 adulte Stechmücken nachgewiesen. Wiederum wurden alle Ergebnisse in die Deutsche Stechmücken-Datenbank "CULBASE" eingestellt. Trotz der erheblichen Zunahme der Fangquote wurden wie im Vorjahr fast ausschließlich einheimische, nicht-invasive Stechmückenarten nachgewiesen. Ausnahmen bildeten erneut die Fänge an den Standorten entlang der Autobahnen A5 und A93 sowie an der A8 kurz hinter der Abzweigung von der A93 (Abbildung 1), an denen zwischen Mitte Juni und Ende September insgesamt 25 adulte *Ae. albopictus* nachgewiesen wurden. Im Gegensatz zum Vorjahr fanden sich an einigen Standorten neben adulten Tieren auch Larven und Eigelege (Tabelle 4).

Tabelle 3: *Aedes albopictus*-Funde 2013 in Bayern und Baden-Württemberg

Bayern			Baden-Württemberg		
Datum	Fund	Autobahnraststätte	Datum	Fund	Autobahnraststätte
19.06.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	20.06.13	2 w	Bremgarten (A5)
18.07.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	18.07.13	1 w	Breisgau (A5)
31.07.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	14.08.13	2 w, 1 w	Breisgau (A5)
31.07.13	Eier	Kiefersfelden (A93)	28.08.13	2 w	Breisgau (A5)
14.08.13	Eier	Kiefersfelden (A93)	28.08.13	Eier	Breisgau (A5)
14.08.13	Larven	Kiefersfelden (A93)	14.08.13	3 w	Weil am Rhein (A5)
22.08.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	28.08.13	1 w	Weil am Rhein (A5)
28.08.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	29.09.13	1 w	Weil am Rhein (A5)
04.09.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	15.08.13	2 w	Bruchsaal (A5)
09.09.13	1 w	Kiefersfelden (A93)	15.08.13	Eier	Bruchsaal (A5)
09.09.13	Larven	Kiefersfelden (A93)	29.09.13	Eier	Bruchsaal (A5)
18.07.13	1 w	Raubling (A93)	15.08.13	Eier	Renchtal (A5)
14.08.13	1 w	Raubling (A93)	28.08.13	Eier	Herbholzheim (A5)
09.09.13	Larven	Raubling (A93)	29.09.13	Eier	Herbholzheim (A5)
22.08.13	1 w	Rohrdorf (A8)			
04.09.13	Eier	Rohrdorf (A8)			

Die Zunahme der Funde von *Ae. albopictus* in 2013 war nur in geringem Umfang auf die Erweiterung der Überwachung zurück zu führen. Die meisten Nachweise in 2013 wurden wieder an den Raststätten geführt, an denen auch schon in 2012 die Asiatische Tigermücke gefunden wurde. Insgesamt wurde *Ae. albopictus* an sieben der 15 untersuchten Autobahnraststätten entlang der A5 und A93 nachgewiesen. Mit der Ausnahme des einen Nachweises an der A8 in unmittelbarer Nähe zur A93 wurden keine weiteren *Ae. albopictus* an den zusätzlich untersuchten Autobahnen in Süddeutschland gefunden.

Die Nachweise vornehmlich in den Sommermonaten zwischen Juli und September könnten unterschiedliche Ursachen haben. Auf der einen Seite ist die Abundanz von *Ae. albopictus* in Südeuropa im Spätsommer am höchsten, zum Anderen findet gerade zu dieser Zeit der verstärkte sommerliche Urlaubsrückreiseverkehr aus diesen Gebieten statt (Abbildung 3). *Ae. albopictus* ist bekannt für seine hohe Anthropophilie so dass eine Verschleppung insbesondere mit dem Personenverkehr wahrscheinlich erscheint.

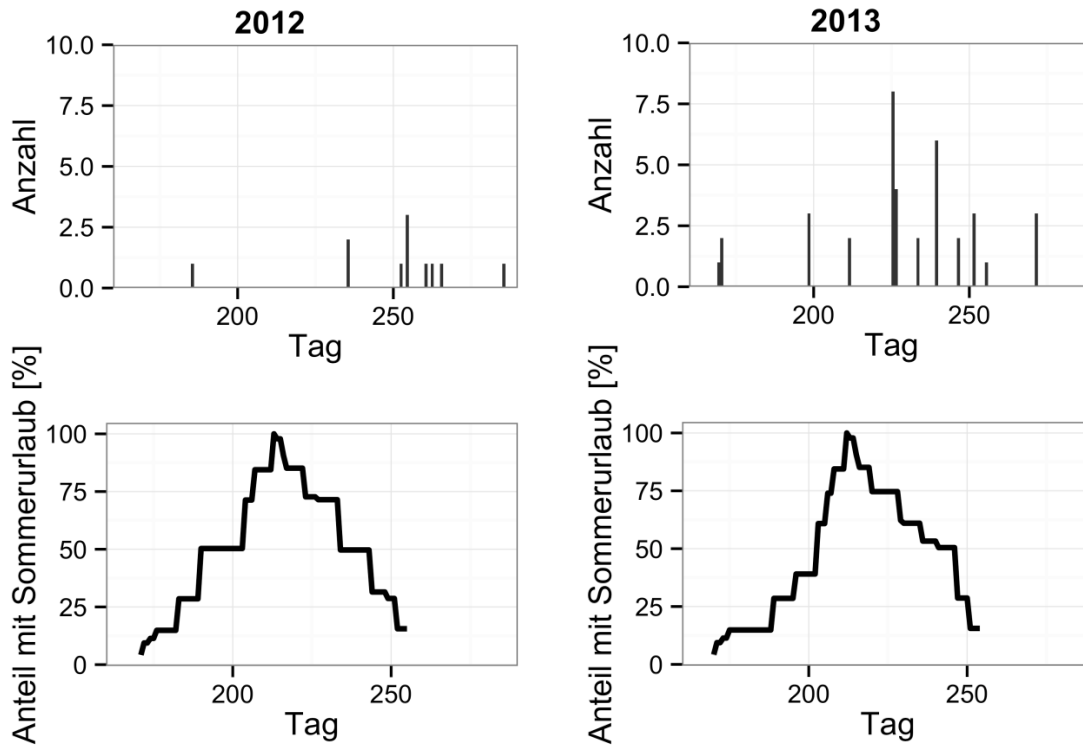


Abbildung 3: Nachweise von *Aedes albopictus* (oben) und der prozentuale Anteil der deutschen Bevölkerung mit Sommerferien (unten).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass zurzeit ausschließlich der Straßenverkehr von Italien und Südfrankreich ein signifikantes Risiko für die Einschleppung der Asiatischen Tigermücke nach Deutschland darstellt. Haupteintrittspforten sind dabei Autobahnraststätten entlang der A5 und der A93, die bekanntlich über die Schweiz (A5) bzw. Österreich (A93) das höchste Personen- und Frachtverkehrsaufkommen für den Transport von und nach Italien bzw. Südfrankreich aufweisen. Andere Fernstraßen oder Importwege spielen, wenn überhaupt, nur eine untergeordnete Rolle. Während des zweijährigen Beobachtungszeitraums wurden trotz umfangreicher Funde von über 30.000 einheimischen Stechmücken keine invasiven Arten an den untersuchten Güterbahnhöfen, See-, Binnen- und Flughäfen sowie im Blumengroßhandel nachgewiesen. Auch die Straßenverbindungen zu benachbarten Ländern mit geringem oder sporadischem Vorkommen von *Ae. albopictus*, wie Tschechien, Belgien oder den Niederlande, stellen offenbar kein wesentliches Einschleppungsrisiko dar.

Bei den nachgewiesenen *Ae. albopictus* handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um neu eingebrachte Exemplare in den jeweiligen Untersuchungsjahren, mit lokalen Reproduktionen in 2012 an der A5 (Breisgau) und in 2013 an der A93 (Kiefersfelden). Bisher gibt es keine Hinweise auf eine Etablierung oder Überwinterung und Ausbreitung über die unmittelbare Nähe der Raststätten hinaus. Auch bei den umfangreichen Untersuchungen der Kommunalen Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS e.V.) in Baden-Württemberg in den vergangenen 30 Jahren sowie bei den intensiven deutschlandweiten Stechmücken-Überwachungsaktivitäten, die seit 2012 von verschiedenen Gruppen durchgeführt werden, sind lediglich drei weitere Exemplare von *Ae. albopictus* im Spätsommer 2012 in Freiburg im

Breisgau, Baden-Württemberg entdeckt worden (14). Dennoch scheint es geboten, die Überwachung der süddeutschen Autobahnen fortzuführen, um Veränderungen des Eintrags und die Möglichkeit der Ansiedlung dieser invasiven Stechmücke in der Umgebung von Autobahnrastplätzen frühzeitig zu erfassen. Sorge bereitet dabei die Tatsache, dass in 2013 nicht nur mehr Adulte nachgewiesen wurden als 2012, sondern erstmals auch Larven und Eigelege.

Darüber hinaus wurden 2013 die ersten Exemplare bereits im Juni entdeckt, also fast einen Monat früher als im Vorjahr. Je früher und massiver *Ae. albopictus* in den warmen Sommermonaten in Süddeutschland auftaucht desto höher ist die Wahrscheinlichkeit der Reproduktion und der damit verbundenen Bildung mehrerer Nachfolgenerationen in einer Saison. Somit steigt das Risiko der Anpassung an die neue Umgebung.

Das vermehrte Auftreten von Larven und Eigelegen im Jahr 2013 beruhte offenbar nicht auf veränderten klimatischen Bedingungen an den Einschleppungsorten im Vergleich zum Vorjahr. Untersuchungen zu Niederschlag und Temperatur ergaben, dass diese Parameter in den beiden Untersuchungsjahren sehr ähnlich waren. Teilweise lagen die Temperaturen im Jahr 2013 sogar niedriger als in 2012 (Abbildung 4). Dies unterstreicht die Annahme, dass die in dieser Studie beobachteten Nachweise der Asiatischen Tigermücke weniger im Zusammenhang zum Klima oder der Landnutzung an den jeweiligen Einschleppungsorten stehen, sondern in erster Linie durch die Phänologie der Quellpopulation (Italien, Frankreich), das Verkehrsaufkommen zwischen Quellpopulation und Einschleppungsort oder der Zusammensetzung der eingeschleppten Individuen (z.B. Anzahl gravider Weibchen) beeinflusst werden.

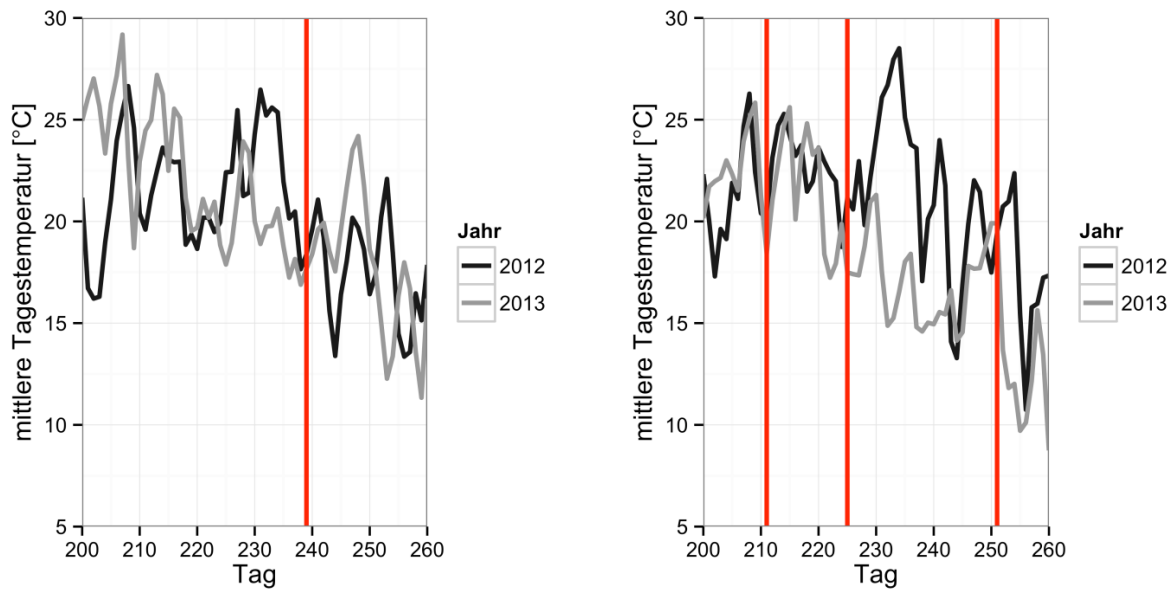


Abbildung 4: Nachweis von Larven bzw. Eigelegen (vertikale rote Linien) im Jahr 2013 im Bezug zur mittleren Tagestemperatur an den Raststätten Breisgau A5 (links) und Kiefersfelden A93 (rechts).

Entsprechend den aktuellen Klimaprojektionen bestehen gegenwärtig suboptimale Voraussetzungen für die Ansiedlung von *Ae. albopictus* in Deutschland. Dennoch ist eine Etablierung zumindest in Südwestdeutschland nicht ausgeschlossen, zumal die Embryonen in den winterharten Eiern dieser Mücke auch geringe Temperaturen überdauern können (22-24). Eine frühe Erfassung und Beseitigung von Eigelegen und Brutplätzen sollte daher angestrebt werden, um anders als in Italien eine Ansiedlung und Ausbreitung von *Ae. albopictus* in Deutschland zu verhindern.

3.5 Ausbreitung von *Ochlerotatus japonicus* in Deutschland

Auch der Japanische Buschmoskito *Ochlerotatus japonicus* (synonym *Aedes japonicus japonicus*) gilt als invasive Art. Diese Stechmücke stammt ebenfalls aus Asien und wurde wie *Ae. albopictus* durch den internationalen Warenhandel über weite Teile der Welt verbreitet. Anders als *Ae. albopictus*, besiedelt *Oc. japonicus* weniger warme Gebiete und findet sich daher vor allem in Ländern Asiens mit gemäßigttem Klima wie Japan und Korea. *Oc. japonicus* gilt als Vektor für verschiedene Viren, wie etwa das Japan Enzephalitis Virus. Experimentelle Untersuchungen in den USA legen den Verdacht nahe, dass diese Art auch als Vektor für das West-Nil Virus dienen kann. Dieses durch Stechmücken-übertragene Virus hat sich im Laufe eines Jahrzehnts flächendeckend über den gesamten nordamerikanischen Raum ausgebreitet und zwischen 1999 und 2010 zu 1,8 Millionen Erkrankungen beim Menschen geführt, mit mehr als 1300 Todesfällen (25). Auch in Südeuropa kommt das West-Nil Virus vor und hat bereits zu kleineren Epidemien geführt (2-4).

In Europa wurde Anfang dieses Jahrtausends erstmals über Einzelfunde von *Oc. japonicus* aus Frankreich und den Niederlanden berichtet. Mittlerweile findet sich *Oc. japonicus* auch in Belgien, der Schweiz, in Österreich und Slowenien (1). In Deutschland hat *Oc. japonicus* seit 2008 von der Nordschweiz ausgehend größere Teile Baden-Württembergs besiedelt (11,12). Aufgabe war es daher in 2012 und 2013, die weitere Ausbreitung von *Oc. japonicus* zu erfassen und mögliche Ursachen zu ermitteln.

3.5.1 Ergebnisse

Zur genaueren Erfassung der Verbreitung von *Oc. japonicus* waren in 2011 mit Hilfe einer Rasterkarte 297 gleich große, über ganz Baden-Württemberg verteilte Areale festgelegt worden. In jedem Areal wurden mindestens 30 Ovitrap auf Eier und Larven von *Oc. japonicus* untersucht. Standorte der Fallen waren insbesondere Friedhöfe, die sich in der Vergangenheit als besonders geeignet für das Monitoring von *Oc. japonicus* erwiesen haben. Alle gesammelten Larven von *Oc. japonicus* wurden bis zum Schlupf des adulten Insekts im Labor aufgezogen und die Speziesbestimmung überprüft (12).

Das Monitoring in 2011 ergab zwei getrennte von *Oc. japonicus* besiedelte Flächen in Baden-Württemberg, mit einer Ausdehnung von ca. 4.000 km² im Raum Stuttgart und von ca. 1.200 km² im Grenzgebiet zur Schweiz (Abbildung 5). Um die Ausbreitungsdynamik zu verfolgen, wurden die Untersuchungen in 2012 und 2013 fortgesetzt. Dabei zeigte sich, dass sich das Ausbreitungsgebiet von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg deutlich ausgeweitet hat (Abbildung 4). Das Verbreitungsgebiet bedeckt mittlerweile eine Fläche von ca. 11.900 km² und hat sich damit gegenüber 2011 (5.400 km²) mehr als verdoppelt.

Die beiden in 2011 noch deutlich getrennten Gebiete sind zusammengewachsen. Die Spezies hat sich insbesondere entlang des Schwarzwaldes ausgebreitet (Abbildung 6). Darüber hinaus sind neue Gebiete an mehreren Orten entlang der Donau und am Bodensee besiedelt worden. Die Tatsache, dass sich *Oc. japonicus* vor allem in Gebieten entlang des Schwarzwaldes aufhält, weniger aber die Rheinebene besiedelt, bestätigt frühere Befunde aus anderen Verbreitungsgebieten, dass sich die Art vorwiegend in schattigen, wald- und baumreichen Gebieten aufhält und ausbreitet.

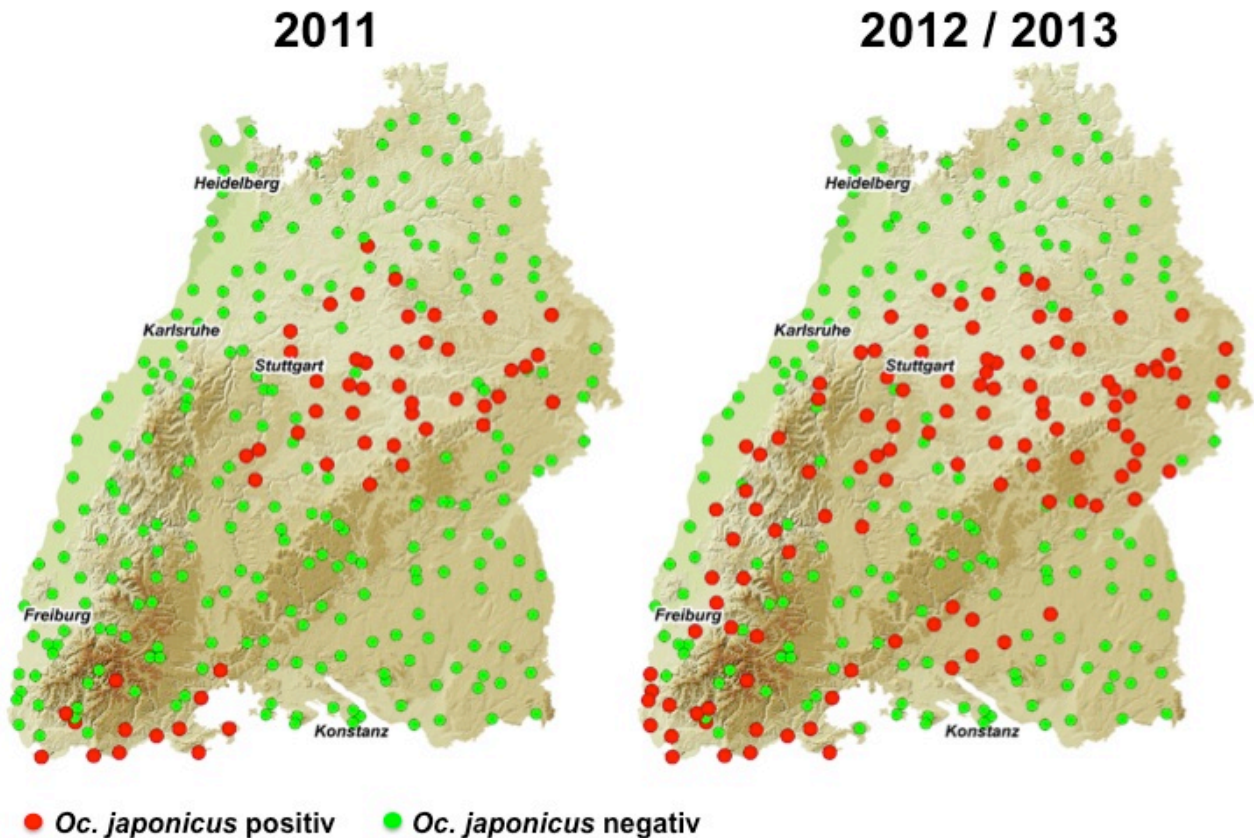


Abbildung 5: Auftreten von *Ochlerotatus japonicus* in Baden-Württemberg. Vergleich zwischen 2011 und 2012/2013.

In der Zwischenzeit ist aus anderen Stechmücken-Monitoringprogrammen bekannt geworden, dass *Oc. japonicus* auch in anderen Bundesländern wie Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen sowie Niedersachsen stabile Populationen aufgebaut hat (26,27). Genetische Analysen zeigen, dass diese Populationen zum Teil nicht direkt miteinander verwandt sind (28,29). Offenbar ist *Oc. japonicus* mehrfach aus Asien nach Europa und anschließend vermutlich mit dem Fernverkehr mehrfach aus den Nachbarländern nach Deutschland eingeschleppt und zwischen den Bundesländern ausgetauscht worden. Aufgrund der schnellen Ausbreitung über mehrere entfernte Bundesländer innerhalb von wenigen Jahren und ihrer starken Vermehrung bei geringen klimatischen Ansprüchen, muss davon ausgegangen werden, dass sich *Oc. japonicus* in den nächsten Jahren bundesweit sowie in den Nachbarländern etablieren wird, insbesondere in Gebieten mit entsprechendem Baumbestand.

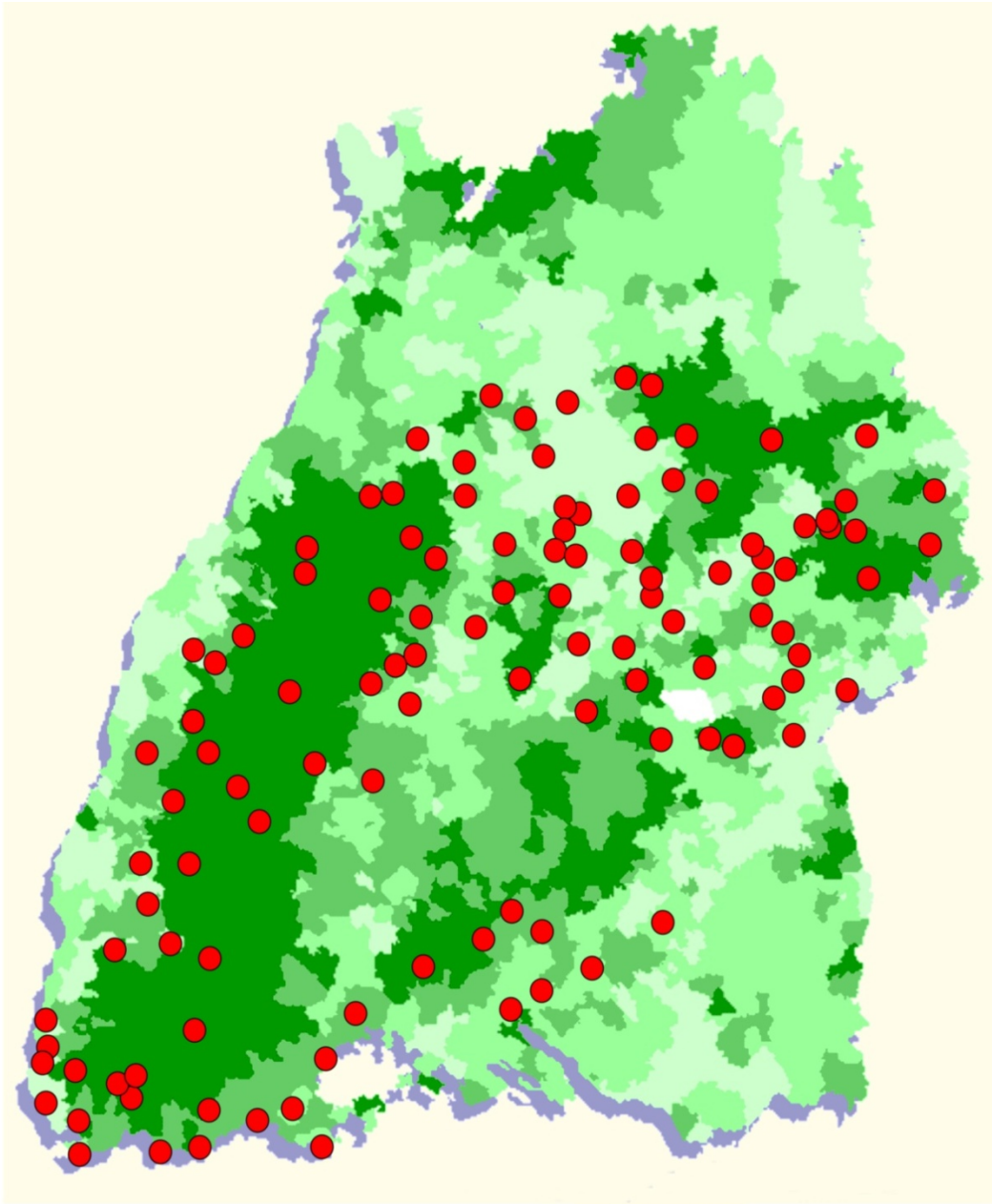


Abbildung 6: Nachweis von *Ochlerotatus japonicus* in Baden-Württemberg in den Jahren 2012/2013 in Beziehung zum Baumbestand.

Eine Eliminierung erscheint nicht mehr möglich. *Oc. japonicus* wird vermutlich in naher Zukunft als fester Bestandteil der deutschen bzw. der zentraleuropäischen Mückenfauna zugeordnet werden. Ob durch die großräumige Etablierung von *Oc. japonicus* andere Stechmücken verdrängt werden oder neue Gesundheitsgefahren für Tier und Mensch entstehen, müssen zukünftige Studien zeigen. Erste Laboruntersuchungen zur Vektorkompetenz von *Oc. japonicus* aus Baden-Württemberg signalisieren eine gewisse Entwarnung. Diese Mücken waren nicht in der Lage, das West-Nil Virus zu übertragen (30). Darüber hinaus wurden bisher keine Viren in den in Deutschland gefangenen *Oc. japonicus* Weibchen nachgewiesen.

3.6 Fallenvergleich

Verschiedene Fallen werden weltweit zum Fang adulter Stechmücken eingesetzt. Diese unterscheiden sich zum Teil in ihrer Bauweise, im Aussehen, der Wahl des Standplatzes und der verwendeten Duftstoffe. In den meisten Studien werden entweder die BG-Sentinel trap (BG), die Heavy Duty Encephalitis Vector Survey trap (EVS), die Centres for Disease Control miniature light trap (CDC) oder die Mosquito Magnet Patriot Mosquito trap (MM) verwendet. Diese Fallen nutzen neben individuellen Geruchsstoffen CO₂ als Hauptattraktanz, wobei die MM das CO₂ durch Konversion von Propangas generiert, während die anderen drei Fallen direkt CO₂ aus entsprechenden Gasflaschen erhalten. MM und BG werden auf dem Boden aufgestellt, während EVS und CDC in einer Höhe von etwa einem Meter aufgehängt werden. Obwohl die verschiedenen Fallen bereits bei unzähligen Stechmücken-Monitoring-Projekten weltweit eingesetzt wurden, waren bisher keine umfänglichen vergleichenden Studien über die Fangeffizienz durchgeführt worden. Insbesondere gab es kaum Untersuchungen zur Fangeffizienz für Mücken aus Zentraleuropa. Daher sollte erstmals die Fangleistung der vier genannten Fallentypen für adulte Stechmücken in Deutschland verglichen werden. Um lokale und zeitliche Variationen zu minimieren, wurde die Fängigkeit der unterschiedlichen Fallen an insgesamt zehn Standorten in Nord- und Süddeutschland während unterschiedlicher Monate in zwei aufeinanderfolgenden Jahren miteinander verglichen. Methodisch wurde eine Latin-Square-Anordnung gewählt. Dabei werden die Fallen an den Ecken eines virtuellen Quadrats aufgestellt und alle 24 Stunden um eine Position im Uhrzeigersinn verschoben, so dass nach 96 Stunden jede Falle jede Position im Quadrat einmal eingenommen hat. Ein Mindestabstand von 50 m zwischen den Fallen war vorgeschrieben, damit sich die Fallen in ihrer Attraktanz für Stechmücken nicht gegenseitig beeinflussten. Die gewählten Fallenstandorte repräsentierten unterschiedliche Habitate. So lagen die Standorte in Norddeutschland auf einem Bauernhof mit Viehwirtschaft sowie in Gärten städtischer Ansiedlungen. Die Standorte in Süddeutschland lagen in Überschwemmungsgebieten am Rhein, in Feuchtwäldern, auf Friedhöfen sowie in Stadtrandgebieten (31).

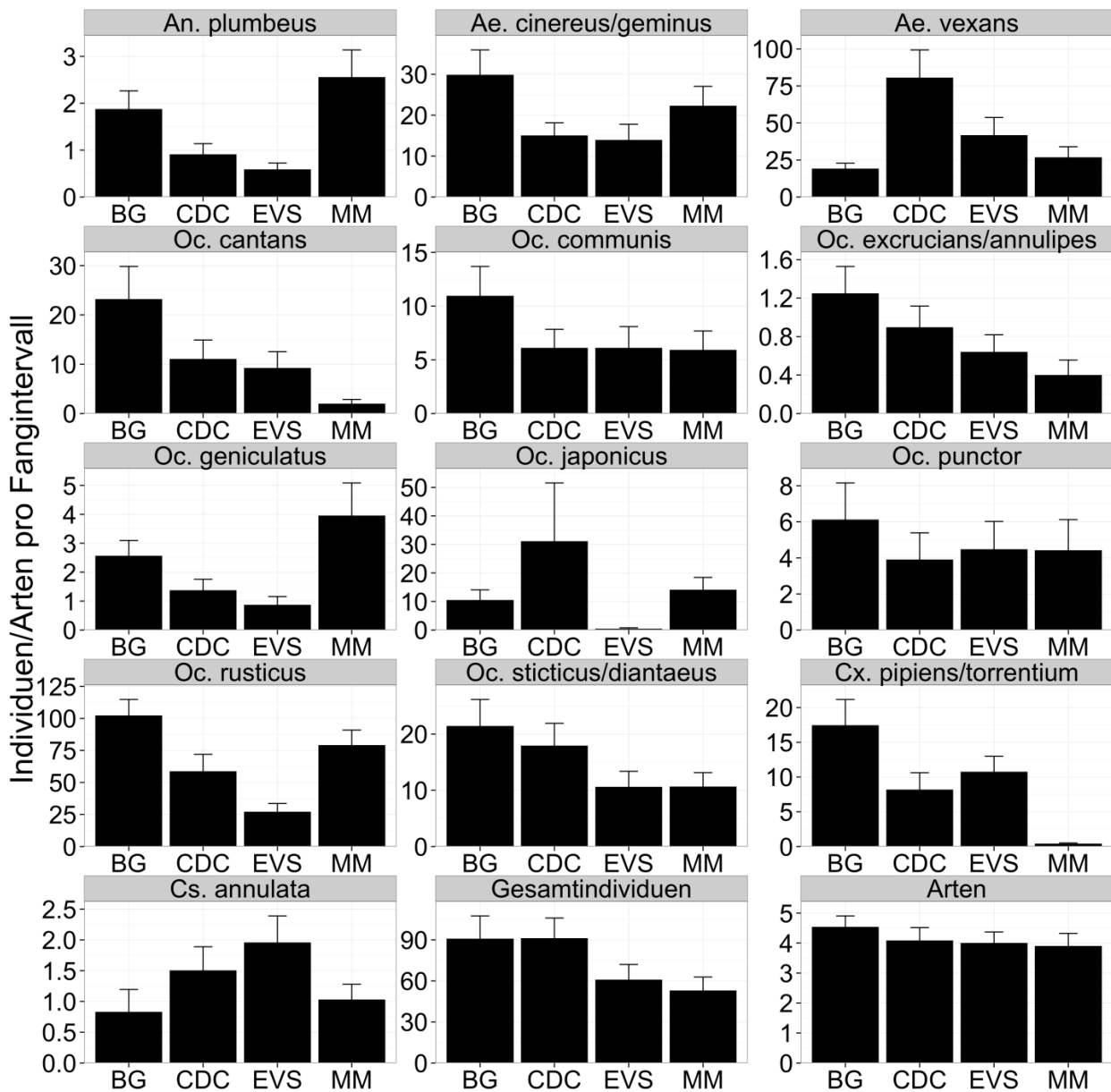
3.6.1 Ergebnisse

Während der Studie wurden 323 Fangperioden über 24 Stunden durchgeführt und damit jeder Fallentyp etwa 83 Mal mit den anderen verglichen. Dabei konnten insgesamt 24.094 adulte Stechmücken (Culiciden) gefangen werden. Somit ist diese Studie der umfangreichste Vergleich, der bisher mit diesen vier häufig benutzten Fallentypen durchgeführt wurde.

Sortiert man die gefangenen Mücken nach Spezieszugehörigkeit, finden sich knapp die Hälfte der in Deutschland bekannten Stechmückenarten (Tabelle 5). Abundante Arten, wie etwa *Culex pipiens* und *Aedes vexans*, die normalerweise in großer Zahl in Deutschland vorkommen, wurden wie erwartet häufig gefangen, während weniger abundante Arten seltener gefangen wurden. Stechmückenarten, die nur sporadisch gefunden werden oder die ganz bestimmte, hier nicht untersuchte Habitate bevorzugen, wurden in der Regel mit keiner der verwendeten Fallen nachgewiesen.

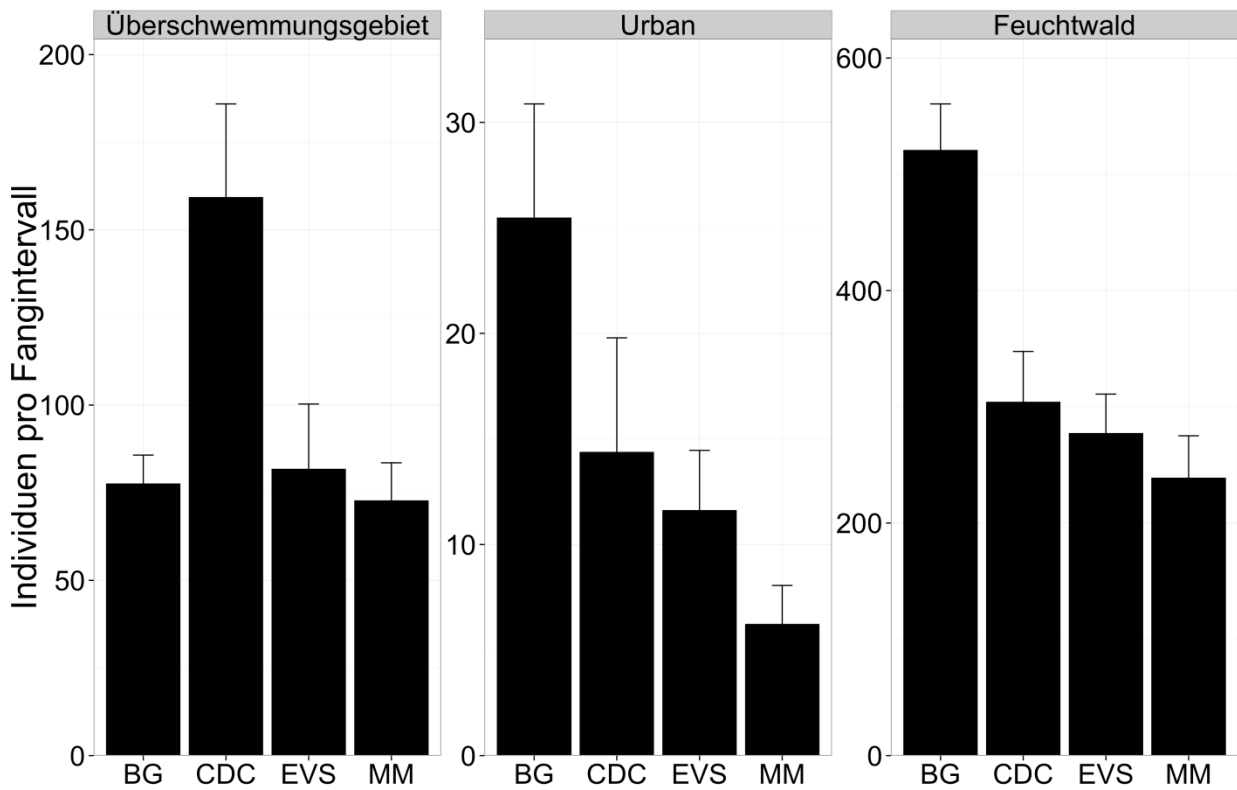
Insgesamt zeigten die verschiedenen Fallen große Unterschiede in der Fängigkeit für die

einzelnen Stechmücken. Im Allgemeinen fing die BG-Sentinel im Vergleich die größte Menge an Stechmücken und die meisten Stechmückenspezies (Abbildung 7). In Einzelfällen, wie bei *Anopheles plumbeus* oder *Culiseta annulata*, waren MM bzw. EVS den anderen Fallen überlegen, während *Aedes vexans* und *Ochlerotatus japonicus* am effektivsten von der CDC gefangen wurden. Vergleicht man die Fängigkeit für Stechmücken aus unterschiedlichen Biotopen, war die CDC in Überschwemmungsgebieten am effektivsten, während die BG sowohl in urbanen als auch in Feuchtwaldgebieten die größte Zahl an Mücken fing (Abbildung 8).



Mittelwert +/- Standardfehler der gefangenen Individuen pro Art. Für die Analysen wurden nur Stechmückenarten berücksichtigt, die insgesamt mit mehr als 100 Individuen gefangen wurden. Darüber hinaus wurden nur Fangintervalle pro Standort in diese Darstellung einbezogen, wenn mindestens ein Individuum der Art in einer der Fallen nachgewiesen wurde.

Abbildung 7: Zahl der pro Fangintervall gefangenen Stechmücken unter Verwendung der verschiedenen Fallentypen.



Mittelwert +/- Standardfehler der gefangenen Individuen

Abbildung 8: Zahl der pro Fangintervall gefangenen Stechmücken unter Verwendung der verschiedenen Fallentypen und bezogen auf die verschiedenen Biotope.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass jede der untersuchten Fallen gewisse Vor- und Nachteile hat. Zum breitangelegten Stechmückenmonitoring in Deutschland scheint aber die BG-Sentinel der beste Kompromiss zu sein, da diese Falle in allen untersuchten Biotopen eine hohe Fängigkeit zeigt und im Allgemeinen die größte Zahl an Stechmücken und das breiteste Artenspektrum fängt. Dennoch sollte je nach Fragestellung die genaue Auswahl der Falle überprüft werden.

Tabelle 4: Absolute und relative Zahl gefangener Stechmücken unter Verwendung der verschiedenen Fallentypen aufgeschlüsselt nach Stechmückenarten

Arten	BG	%	CDC	%	EVS	%	MM	%	Insgesamt	Verbreitung in Deutschland
<i>Anopheles maculipennis</i> s.l.*	0	0,0	18	33,3	18	33,3	18	33,3	54	+
<i>Anopheles claviger</i>	2	3,1	33	50,8	9	13,8	21	32,3	65	++
<i>Anopheles plumbeus</i>	105	33,1	51	16,1	33	10,4	128	40,4	317	++
<i>Aedes cinereus/geminus</i>	1.552	38,0	783	19,2	725	17,7	1.027	25,1	4.087	++/nachgewiesen
<i>Aedes rossicus</i>	6	66,7	3	33,3	0	0,0	0	0,0	9	++
<i>Aedes vexans</i>	841	11,6	3.544	49,0	1.837	25,4	1.016	14,0	7.238	++++
<i>Ochlerotatus cantans</i>	1.206	51,9	565	24,3	470	20,2	84	3,6	2.325	++
<i>Ochlerotatus caspius</i>	1	8,3	10	83,3	1	8,3	0	0,0	12	(+)
<i>Ochlerotatus communis</i>	208	39,8	116	22,2	116	22,2	83	15,9	523	+
<i>Ochlerotatus excrucians/annulipes</i>	50	41,0	35	28,7	25	20,5	12	9,8	122	(+)/++
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	144	29,8	77	15,9	49	10,1	214	44,2	484	(+)
<i>Ochlerotatus japonicus</i>	84	18,7	249	55,3	4	0,9	113	25,1	450	+
<i>Ochlerotatus punctor</i>	141	35,6	90	22,7	103	26,0	62	15,7	396	+
<i>Ochlerotatus rusticus</i>	818	38,3	470	22,0	217	10,1	633	29,6	2.138	++
<i>Ochlerotatus sticticus/diantaeus</i>	857	36,0	718	30,1	424	17,8	384	16,1	2.383	+++/(+)
<i>Ochlerotatus spec.</i>	30	68,2	6	13,6	3	6,8	5	11,4	44	
<i>Culex hortensis</i>	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	-
<i>Culex pipiens/torrentium</i>	1.398	47,5	655	22,3	861	29,3	29	1,0	2.943	++++
<i>Culex territans</i>	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0	1	++
<i>Culiseta annulata</i>	59	16,0	107	29,0	139	37,7	64	17,3	369	++
<i>Culiseta morsitans</i>	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	+
<i>Culiseta spec.</i>	2	66,7	0	0,0	0	0,0	1	33,3	3	
<i>Coquillettidia richiardii</i>	17	21,8	14	17,9	20	25,6	27	34,6	78	+
Unbestimmte Culicidae	18	35,3	27	52,9	5	9,8	1	2,0	51	
Insgesamt	7.540	31,3	7.573	31,4	5.059	21,0	3.922	16,3	24.094	

BG= BG-Sentinel trap; EVS= Heavy Duty Encephalitis Vector Survey trap; CDC= Centres for Disease Control miniature light trap; MM= Mosquito Magnet Patriot Mosquito trap. *Artkomplex umfasst *Anopheles atroparvus*, *Anopheles daciae*, *Anopheles maculipennis*, *Anopheles messeae*. ++++ = massenhaft; +++ = reichlich; ++ = häufig; + = regelmäßig; (+) = selten; - = nicht klassifiziert; (Verbreitung in Deutschland nach Becker & Hoffmann, *Eur Mosq Bull* 2011, 29:143-150).

4 Quellenverzeichnis

4.1 Projektbezogene Publikationen

Das hier dargestellte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben hat zu einer Reihe neuer Erkenntnisse über die Einfuhr, Verbreitung und Kontrolle invasiver Stechmücken in Deutschland geführt. Ein Großteil der Ergebnisse wurde bereits auf nationalen und internationalen Konferenzen einem breiteren Fachpublikum vorgestellt. Darüber hinaus wurden wesentliche Ergebnisse dieses Vorhabens in publikationsreifer Form zusammengefasst und in internationalen Journalen publiziert. Die folgenden Publikationen sind in diesem Zusammenhang entstanden:

- 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.* Apr; 112 (4): 1787-90. doi: 10.1007/s00436-012-3230-1.
- Krüger A, Börstler J, Badusche M, Lühken R, Garms R, Tannich E (2014) Mosquitoes (Diptera, Culicidae) of metropolitan Hamburg, Germany. *Parasitol Res.* Aug; 113 (8):2 907-14. doi: 10.1007/s00436-014-3952-3.
- Lühken R, Pfitzner WP, Börstler J, Garms R, Huber K, Schork N, Steinke S, Kiel E, Becker N, Tannich E, Krüger A (2014) Field evaluation of four widely used mosquito traps in Central Europe. *Parasit Vectors.* Jun 12; 7 (1): 268. doi: 10.1186/1756-3305-7-268.
- Huber K, Schuldt K, Rudolf M, Marklewitz M, Fonseca DM, Kaufmann C, Tsuda Y, Junglen S, Krüger A, Becker N, Tannich E, Becker SC (2014) Distribution and genetic structure of *Aedes japonicus japonicus* populations (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitol Res.* Sep; 113 (9): 3201-10. doi: 10.1007/s00436-014-4000-z.
- Krüger A, Obermayr U, Czajka C, Bueno-Mari R, Jöst A, Rose A (2014) COI sequencing for invasive mosquito surveillance in Germany reveals genetically divergent specimens near *Aedes geniculatus* (Diptera: Culicidae). *JEMCA.* 32: 22-26.
- Huber K, Jansen S, Leggewie M, Badusche M, Schmidt-Chanasit J, Becker N, Tannich E, Becker SC (2014) *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) from Germany have vector competence for Japan Encephalitis virus but are refractory to infection with West Nile virus. *Parasitol Res.* Sep; 113 (9): 3195-9. doi: 10.1007/s00436-014-3983-9.

4.2 Literaturzitate

1. VBORNET (2014) Exotic Mosquitoes-Distribution Maps.
www.ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging_and_vector_borne_diseases/Pages/VBORNET_maps.aspx
2. Danis K, Papa A, Theocharopoulos G, et al. (2011) Outbreak of West Nile virus infection in Greece 2010. *Emerg Infect Dis* 17 (10): 1868-1872.
3. Barzon L, Pacenti M, Cusinato R, et al. (2011) Human cases of West Nile Virus infection in north-eastern Italy, 15 June to 15 November 2010. *Euro Surveill* 16 (33). doi:pri: 19949.
4. Sirbu A, Ceianu CS, Panculescu-Gatej RI, et al. (2011) Outbreak of West Nile virus infection in humans, Romania, July to October 2010. *Euro Surveill* 16 (2). doi:pri: 19762.
5. Tomasello D, Schlagenhauf P (2013) Chikungunya and dengue autochthonous cases in Europe, 2007-2012. *Travel Med Infect* pii: S1477-8939(13)00128-2.
6. Schmidt-Chanasit J, Haditsch M, Schoneberg I, Gunther S, Stark K, Frank C (2010) Dengue virus infection in a traveller returning from Croatia to Germany. *Euro Surveill* 15(40). doi:pri: 19677.
7. Gjenero-Margan I, Aleraj B, Krajcar D, Lesnikar V, Klobučar A, Pem-Novosel I, Kurečić-Filipović S, Komparak S, Martić R, Duričić S, Betica-Radić L, Okmadžić J, Vilibić-Čavlek T, Babić-Erceg A, Turković B, Avsić-Županc T, Radić I, Ljubić M, Sarac K, Benić N, Mlinarić-Galinović G (2011) Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. *Euro Surveill* 16:pri019805.
8. Gould EA, Gallian P, De Lamballerie X, Charrel RN (2010) First cases of autochthonous dengue fever and chikungunya fever in France: from bad dream to reality! *Clin Microbiol Infect* 16:1702–1704.
9. Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, et al. (2007) An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Euro Surveill* 12 (9): E070906.1.
10. Reiter P (1998) *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988–1995: the shape of things to come. *J Am Mosq Control Assoc* 14:83–94.
11. Becker N, Huber K, Pluskota B, Kaiser A (2011) *Ochlerotatus japonicus japonicus*—a newly established neozoon in Germany and a revised list of the German mosquito fauna. *Eur Mosq Bull* 29:88–102.
12. Huber K, Pluskota B, Jöst A, et al. (2012) Status of the invasive species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in southwest Germany in 2011. *J Vector Ecol* 37 (2): 462-465.
13. Pluskota B, Storch V, Braunbeck T, et al. (2008) First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. *Eur Mosq Bul* 17: 4.

14. Kampen H, Kronefeld M, Zielke D, et al. (2013) Further specimens of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) trapped in southwest Germany. *Parasitol Res* 112 (2): 905-907.
15. www.dwd.de/klimaatlas
16. 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. Apr*; 112 (4):1787-90. doi: 10.1007/s00436-012-3230-1.
17. European Centre for Disease Prevention and Control (2014) Mosquito guidelines www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/mosquito-guidelines/Pages/mosquito-guidelines.aspx
18. 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.
19. Carrieri M, Albieri A, Angelini P, Baldacchini F, Venturelli C, Zeo SM, Bellini R (2011) Surveillance of the chikungunya vector *Aedes albopictus* (Skuse) in Emilia-Romagna (northern Italy): organizational and technical aspects of a large scale monitoring system. *J Vector Ecol. Jun* 36 (1):108-116. doi: 10.1111/j.1948-7134.2011.00147.x.
20. Carrieri M, Angelini P, Venturelli C, Maccagnani B, Bellini R (2012) *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) population size survey in the 2007 chikungunya outbreak area in Italy. II: Estimating epidemic thresholds. *J Med Entomol. Maqr*; 49 (2): 388-399.
21. Šebesta O, Rudolf I, Betášová L, Peško J, Hubálek Z (2012) An invasive mosquito species *Aedes albopictus* found in the Czech Republic. *Euro Surveill. Oct* 25; 17 (43):20301.
22. Thomas SM, Beierkuhnlein C (2013) Predicting ectotherm disease vector spread - Benefits from multidisciplinary approaches and directions forward. *Naturwissenschaften* 100: 395-405.
23. Fischer D, Thomas SM, Niemitz F, Reineking B, Beierkuhnlein C (2011) Projection of climatic suitability for *Aedes albopictus* Skuse (Culicidae) in Europe under climate change conditions. *Glob Planet Change* 78: 54-64.
24. Thomas SM, Obermayr U, Fischer D, Kreyling J, Beierkuhnlein 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). doi:10.1186/1756-3305-5-100.
25. Kilpatrick AM (2011) Globalization, land use, and the invasion of West Nile virus. *Science* 334: 323–327.
26. Werner D, Kampen H (2013) The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) towards northern Germany. *Parasitol Res* DOI 10.1007/s00436-013-3564-3.
27. Kampen H, Werner D (2014) Out of the bush: the Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) becomes invasive. *Parasit Vectors. Feb* 4; 7:59. doi: 10.1186/1756-3305-7-59.

28. Zielke DE, Werner D, Schaffner F, Kampen H, Fonseca DM (2014) Unexpected patterns of admixture in German populations of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) underscore the importance of human intervention. PLoS One. Jul 3; 9 (7): e99093. doi: 10.1371/journal.pone.0099093. eCollection 2014.
29. Huber K, Schuldt K, Rudolf M, Marklewitz M, Fonseca DM, Kaufmann C, Tsuda Y, Junglen S, Krüger A, Becker N, Tannich E, Becker SC (2014) Distribution and genetic structure of *Aedes japonicus japonicus* populations (Diptera: Culicidae) in Germany. Parasitol Res. Sep; 113 (9): 3201-10. doi: 10.1007/s00436-014-4000-z.
30. Huber K, Jansen S, Leggewie M, Badusche M, Schmidt-Chanasit J, Becker N, Tannich E, Becker SC (2014) *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) from Germany have vector competence for Japan Encephalitis virus but are refractory to infection with West Nile virus. Parasitol Res. Sep; 113 (9): 3195-9. doi: 10.1007/s00436-014-3983-9.
31. Lühken R, Pfitzner WP, Börstler J, Garms R, Huber K, Schork N, Steinke S, Kiel E, Becker N, Tannich E, Krüger A (2014) Field evaluation of four widely used mosquito traps in Central Europe. Parasit Vectors. Jun 12; 7 (1): 268. doi: 10.1186/1756-3305-7-268.