

UMWELT & GESUNDHEIT

03/2020

Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung Krankheitserreger übertragender Tiere (exotische Stechmücken)

Abschlussbericht

UMWELT & GESUNDHEIT 03/2020

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3714 48 408
FB000097

Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung Krankheitserreger übertragender Tiere (exotische Stechmücken)

Ermittlung der Risiken an den bereits identifizierten und
weiteren Importwegen nach Deutschland
Abschlussbericht

von

Prof. Dr. Egbert Tannich und Dr. Renke Lühken
Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg

Artur Jöst
Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der
Schnakenplage (KABS) e.V., Waldsee

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

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

Abschlussdatum:

März 2017

Redaktion:

Fachgebiet IV 1.4 Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung
Dr. Carola Kuhn

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1868-4340

Dessau-Roßlau, Juli 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzfassung: Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung Krankheitserreger übertragender Tiere (exotische Stechmücken)

Neue exotische Stechmückenarten wie die Asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* oder der Japanische Buschmoskito *Aedes japonicus* können als Vektoren für unterschiedliche Viren erheblich zur Ausbreitung neuer, bisher in Deutschland nicht heimischer Infektionskrankheiten beitragen. Die Einschleppung von *Ae. albopictus* nach Deutschland erfolgt hauptsächlich über den nach Norden gerichteten Kraftfahrverkehr aus Südeuropa. Zur Entwicklung gezielter Präventionsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier wurden in diesem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben die bekannten Autobahnen sowie weitere mögliche Einfallwege für *Ae. albopictus* wie Reifenlager und Eisenbahnverkehr untersucht. In dem Zeitraum zwischen 2014 und 2016 wurden jeweils von April bis Oktober insgesamt 71 Rastplätze an süddeutschen Autobahnen sowie zwei Reifenlager von internationalen Altreifenhändlern regelmäßig auf Stechmücken untersucht. Darüber hinaus wurden Stechmückenfallen in Zügen mitgeführt, die Lastkraftwagen auf der Schiene von Novara in Italien nach Freiburg im Breisgau transportieren. Der Eintrag von *Ae. albopictus* lag im Beobachtungszeitraum deutlich über dem Eintrag in den vorangegangenen Jahren. Auch eine deutlich vermehrte lokale Reproduktion der Stechmücke konnte nachgewiesen werden. Die Zunahme des Eintrags von *Ae. albopictus* nach Deutschland stand in direktem Zusammenhang mit der Abundanz der Quellpopulationen in den südeuropäischen Herkunftsländern (insbesondere Italien) und war weniger ein Ausdruck veränderter klimatischer Bedingungen. Neben den Raststätten an den Bundesautobahnen wurde der Schienenverkehr aus Italien als zusätzliche, signifikante Einfallspforte für *Ae. albopictus* nach Deutschland identifiziert, während der Reifenhandel offenbar keine Rolle spielt.

Die molekulargenetische Untersuchung einzelner Exemplare vier etablierter Populationen in Baden-Württemberg ergaben, dass (1) es sich um vier unabhängige Eintragungen handelte und (2) *Ae. albopictus* in der Lage war, an den einzelnen Standorten zu überwintern.

Frühzeitige und gezielte Bekämpfungsmaßnahmen unter Einbeziehung der Bevölkerung führten zu einer deutlichen bzw. kompletten Elimination verschiedener *Ae. albopictus*-Populationen. Eine exemplarische Bekämpfung wurde in einer Kleingartenanlage durchgeführt, wo sich eine besonders große Population von *Ae. albopictus* etabliert hatte. Durch die Mitarbeit der Kleingärtner, gezieltes Reinigen von Gartentonnen und Entfernen weiterer möglicher Brutplätze sowie den Einsatz von *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B. t. i.*) konnte die Stechmückenpopulation in kurzer Zeit deutlich reduziert werden. Kleinere Populationen an weiteren Standorten konnten durch entsprechende Maßnahmen sogar völlig eliminiert werden.

Abstract: Title

New exotic mosquito species such as the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* or the Asian bush mosquito *Aedes japonicus* are suitable vectors for the transmission of various viruses and may therefore contribute significantly to the spread of new infectious diseases in Germany. *Ae. albopictus* is introduced into Germany mainly via freight and passenger traffic from southern European countries. For the development of targeted preventive measures to protect human and animal health, it was important to further analyse the introduction and possible spread of the Asian tiger mosquito as well as the risk of establishment with respect to climatic conditions. Therefore, in addition to motorways, other possible ways of introduction for *Ae. albopictus*, such as used tire trade and railway traffic were investigated in this research and development project. In cooperation with other research partners, a total of 71 rest stops along southern German highways as well as two companies of international used tire trade were regularly sampled for mosquitoes from April to October between 2014 and 2016. In addition, mosquito traps were carried on trains that transport lorries by rail from Novara in Italy to Freiburg im Breisgau.

During the observation period, introduction of *Ae. albopictus* was significantly higher compared with previous years. Also local reproduction of the mosquito was significantly enhanced. The increased introduction of *Ae. albopictus* to Germany was directly related to the abundance of source populations at their origin in the southern European countries, especially in Italy, and was not directly related to changes in climatic conditions. In addition to the service stations on motorways, rail transport from Italy was also identified as a significant way of introduction for *Ae. albopictus* to Germany, while used tire trade did not play a significant role.

Molecular genetic analyzes of specimens from four established populations in Baden-Wuerttemberg revealed, that (1) these populations resulted from four independent introductions and (2) *Ae. albopictus* was able to overwinter at the various sites.

Effective control measures at an early stage involving the local population lead to a significant reduction or complete elimination of *Ae. albopictus*. A control study was conducted in an allotment garden, where a particularly large population of *Ae. albopictus* was established. In close cooperation with allotment gardeners and targeted cleaning of garden pots, removal of further possible breeding sites as well as the use of *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B. t. i.*) the mosquito population could be significantly reduced within a relatively short period of time. In addition, smaller populations at other sites could even be eliminated by appropriate measures.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary	12
1 Einleitung.....	14
1.1 Exotische Stechmücken	14
1.2 Notwendigkeit des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens	14
1.3 Ziele und Aufgaben	15
2 Importwege exotischer Stechmücken nach Deutschland	17
2.1 Eintrag exotischer Stechmücken entlang süddeutscher Autobahnen.....	22
2.2 Eintrag von <i>Aedes albopictus</i> über die Rollende Landstraße (RoLa)	31
3 Monitoring und Bekämpfung der größten bisher in Deutschland nachgewiesenen <i>Aedes albopictus</i> -Population in Freiburg im Breisgau, Baden-Württemberg.....	33
4 Grundlegende Strategie zur Bekämpfung von Tigermücken	37
5 Vergleichende genetische Untersuchungen großer <i>Ae. albopictus</i> -Populationen im Raum Baden-Württemberg	39
6 Bedeutung des Auftretens von <i>Ae. japonicus</i> und <i>Ae. albopictus</i> in Deutschland für das Infektionsgeschehen	42
7 Quellenverzeichnis	43
7.1 Projektbezogene Publikationen	43
7.2 Literaturzitate	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verteilung der 73 Fallenstandorte für Stechmücken entlang süddeutscher Autobahnen (2014-2016).	21
Abbildung 2:	Standorte mit Nachweis von <i>Ae. japonicus</i> entlang süddeutscher Autobahnen (2014-2016)	22
Abbildung 3:	Standorte mit Nachweis von <i>Ae. albopictus</i> entlang süddeutscher Autobahnen (2014-2016)	23
Abbildung 4:	Anteil der beprobten Autobahnraststätten mit Nachweis von <i>Ae. albopictus</i>	24
Abbildung 5:	Anteil <i>Ae. albopictus</i> positiver Autobahnraststätten mit Nachweis entsprechender Eigelege.	25
Abbildung 6:	Zeitlicher Vergleich der Funde von <i>Ae. albopictus</i> an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2013.	27
Abbildung 7:	Zeitlicher Vergleich der Funde von <i>Ae. albopictus</i> an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2014.	27
Abbildung 8:	Zeitlicher Vergleich der Funde von <i>Ae. albopictus</i> an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2015.	28
Abbildung 9:	Zeitlicher Vergleich der Funde von <i>Ae. albopictus</i> an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2016.	28
Abbildung 10:	Mittlere Januartemperaturen in Freiburg und Heidelberg (1967-2016)	30
Abbildung 11:	Mittlere Sommertemperatur in Freiburg und Heidelberg (Juni-August, 1967-2016)	30
Abbildung 12:	Kleingartenanlage „Hettlinger“ im Nordosten Freiburgs mit angrenzendem Güterbahnhof und Verladung von LKW von und nach Novara in Norditalien (RoLa)	33
Abbildung 13:	Stadt Freiburg im Breisgau mit räumlicher Darstellung des Stadtteils „Rieselfeld“ und der Kleingartenanlage „Hettlinger“	36
Abbildung 14:	Karte von Baden-Württemberg mit den Standorten Heidelberg, Sinsheim und Freiburg (rote Punkte).	39
Abbildung 15:	Genetische Populationsstruktur von vier <i>Ae. albopictus</i> -Kolonien aus Baden-Württemberg.....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beteiligte Kooperationspartner	16
Tabelle 2:	Standorte der Stechmückenfallen an Raststätten und Reifenlagern entlang süddeutscher Bundesautobahnen (BAB).....	18
Tabelle 3:	Zeitliche Verteilung der Funde von <i>Ae. japonicus</i> und <i>Ae. albopictus</i>	26

Abkürzungsverzeichnis

Ae.	<i>Aedes</i>
BAB	Bundesautobahn
B.t.i.	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>
BG	BG-Sentinel trap
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CO₂	Kohlendioxid
DNA	Desoxyribonukleinsäure
ECDC	European Centre for Prevention and Disease Control
FLI	Friedrich-Loeffler-Institut
GFS	Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V.
KABS	Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e. V.
m	männlich
RKI	Robert Koch-Institut
RoLa	Rollende Landstraße
UBA	Umweltbundesamt
w	weiblich
ZALF	Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V.

Zusammenfassung

Neue exotische Stechmückenarten wie die Asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* oder der Japanische Buschmoskito *Aedes 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 2013 hatte sich *Ae. japonicus* bereits flächendeckend in Baden-Württemberg sowie in großen Teilen von Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen etabliert, während *Ae. albopictus* bis zu diesem Zeitpunkt nur sporadisch in Deutschland nachgewiesen wurde. Als Haupteinfallspforte für *Ae. albopictus* waren in einem früheren Forschungs- und Entwicklungsvorhaben bundesdeutsche Autobahnen identifiziert worden, die einen starken Güter- und Personenverkehr zu südeuropäischen Ländern aufwiesen.

Zur Entwicklung gezielter Präventionsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier war es wichtig, den weiteren Eintrag sowie die mögliche Verbreitung und das Etablierungsrisiko der Asiatischen Tigermücke auch unter klimatischen Gesichtspunkten zu erfassen. Daher wurden in diesem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben die bekannten Autobahnen sowie weitere mögliche Einfallwege für *Ae. albopictus*, wie Reifenlager und Eisenbahnverkehr untersucht. In Zusammenarbeit mit mehreren Forschungspartnern wurden in dem Zeitraum von 2014 bis 2016 jeweils von April bis Oktober insgesamt 71 Rastplätze an süddeutschen Autobahnen sowie zwei Reifenlager von internationalen Altreifenhändlern regelmäßig auf Stechmücken untersucht. Darüber hinaus wurden Stechmückenfallen in Zügen mitgeführt, die Lastkraftwagen auf der Schiene von Novara in Italien nach Freiburg im Breisgau transportieren. Der Eintrag von *Ae. albopictus* lag im Beobachtungszeitraum deutlich über dem Eintrag in den vorangegangenen Jahren, insbesondere entlang der Fallenstandorte an der Bundesautobahn A5 in Baden-Württemberg. Während in dem Zeitraum 2012/2013 nur an etwa 25 % der Fallenstandorte *Ae. albopictus* nachgewiesen wurde, waren in den Jahren 2014-2016 bereits etwa 32 %, 43 % bzw. 38 % der Standorte positiv. Bemerkenswert war auch die Zunahme der Standorte mit Nachweis von Eiern oder Larven als Zeichen der lokalen Reproduktion der Asiatischen Tigermücke. Im Vergleich zum Nachweis von Eiern bzw. Larven an etwa 22 % der Standorte in den Jahren 2012/2013, konnte in dem Beobachtungszeitraum 2014-2016 an etwa 68 %, 81 % bzw. 77 % der Standorte eine Reproduktion von *Ae. albopictus* gezeigt werden. Die Zunahme des Eintrags von *Ae. albopictus* nach Deutschland stand in direktem Zusammenhang mit der Abundanz der Quellpopulationen in den südeuropäischen Herkunftsländern (insbesondere Italien) und war weniger ein Ausdruck veränderter klimatischer Bedingungen. Neben den Raststätten an den Bundesautobahnen wurde der Schienenverkehr aus Italien als zusätzliche signifikante Einfallspforte für *Ae. albopictus* nach Deutschland identifiziert, während der Reifenhandel offenbar keine Rolle spielt.

Die zunehmende Einschleppung der Asiatischen Tigermücke hatte im Beobachtungszeitraum zu vier etablierten Populationen in Baden-Württemberg geführt, davon eine in Heidelberg, eine in Sinsheim und zwei in Freiburg. Exemplare dieser Populationen wurden trotz früher Bekämpfungsmaßnahmen auch im Folgejahr an den vier Standorten gefunden.

Molekulargenetische Analysen der Stechmücken ergaben, dass es sich um vier unabhängige Eintragungen handelte und nicht um eine flächendeckende Ausbreitung ein und derselben Population. Die Untersuchungen zeigten allerdings auch sehr eindeutig, dass die Mücken in der

Lage waren, an den einzelnen Standorten zu überwintern. Dies deckte sich mit weiteren Untersuchungen, die ergaben, dass Eier der in Deutschland nachgewiesenen Exemplare der Asiatischen Tigermücke die Eigenschaft der Kälteresistenz erworben haben. Die Embryonen in diesen Eiern waren in der Lage, den Winter selbst in Höhen von 800 m im Hochschwarzwald zu überdauern, so dass anschließend in Laborversuchen unter ansteigenden Temperaturen in einem hohen Prozentsatz Larven schlüpfen konnten. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu früheren Vorhersagen und zeigen, dass eine Etablierung der Asiatischen Tigermücke auch großflächig in Deutschland möglich ist. Es scheint daher geboten, möglichst schnell für Deutschland Strategien und Maßnahmen zu entwickeln, neue Populationen von *Ae. albopictus* frühzeitig aufzuspüren und zu bekämpfen. Wirkungsvolle Bekämpfungen sind möglich, wie insbesondere durch Arbeiten in Freiburg gezeigt werden konnte. Hier hatte sich in einer Kleingartenanlage in unmittelbarer Nähe des Güterbahnhofes mit Entladungen von Lastkraftwagen aus Novara eine besonders große Population von *Ae. albopictus* etabliert. Durch Mitarbeit der Kleingärtner, gezieltes Reinigen von Gartentonnen und Entfernen weiterer möglicher Brustplätze sowie dem Einsatz von *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B. t. i.*) konnte die Stechmückenpopulation in kurzer Zeit signifikant reduziert werden. Die kleineren Populationen an dem anderen Freiburger Standort sowie in Sinsheim konnten durch entsprechende Maßnahmen sogar völlig eliminiert werden.

Summary

New exotic mosquito species such as the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* or the Asian bush mosquito *Aedes 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 *Ae. japonicus* have repeatedly been detected in southwest Germany. Until 2013, *Ae. japonicus* was already established throughout Baden-Wuerttemberg as well as in large parts of North Rhine-Westphalia and Lower Saxony, while *Ae. albopictus* was only sporadically detected in Germany. In a previous research and development project, German Federal highways, with strong freight and passenger traffic from southern European countries were identified as the main way of introduction for *Ae. albopictus* to Germany. For the development of targeted preventive measures to protect human and animal health, it was important to further analyse the introduction and possible spread of the Asian tiger mosquito as well as the risk of establishment with respect to climatic conditions. Therefore, in addition to motorways, other possible ways of introduction for *Ae. albopictus*, such as used tire trade and railway traffic were investigated in this research and development project.

In cooperation with other research partners, a total of 71 rest stops along southern German highways as well as two companies of international used tire trade were regularly sampled for mosquitoes from April to October between 2014 and 2016. In addition, mosquito traps were carried on trains that transport lorries by rail from Novara in Italy to Freiburg im Breisgau. The results showed a significant increase of introduction of *Ae. albopictus* during the observation period as compared to the years 2012/2013, in particular along the trapping sites on the federal highway A5 in Baden-Wuerttemberg. While in 2012/2013 only about 25 % of the trapping sites were positive for *Ae. albopictus*, the numbers increased to about 32 %, 43 % or 38 % between 2014 and 2016. Also noteworthy was the increase in sites with presence of *Ae. albopictus* eggs or larvae as a sign of local reproduction of the Asian tiger mosquito. During the observation period 2014-2018, reproduction was shown at about 68 %, 81 % or 77 % of the sites, while in 2012/2013 eggs and larvae were detected at about 22 % of the locations. The increased introduction of *Ae. albopictus* to Germany was directly related to the abundance of source populations at their origin in the southern European countries, especially in Italy, and was not directly related to changes in climatic conditions. In addition to the service stations on motorways, rail transport from Italy was also identified as a significant way of introduction for *Ae. albopictus* to Germany, while used tire trade did not play a significant role.

During the observation period, the increasing and repeated introduction of the Asian tiger mosquito had led to four established populations in Baden-Wuerttemberg, one in Heidelberg, one in Sinsheim and two in Freiburg. Despite early control measures, at all four locations specimens of these populations were also detected in the following year. Molecular genetic analyzes of the mosquitoes revealed that these populations resulted from four independent introductions and were not the result of spreading from a single population to the different sites. However, the studies also showed very clearly that the mosquitoes were able to overwinter at the various sites. This was in agreement with further investigations, which showed that eggs from Asian tiger mosquito caught in Germany have acquired the property of cold resistance. Embryos from these eggs were able to survive during winter season in Germany even at altitudes of 800 m in the Black Forest. A high percentage of larvae was able to hatch from these eggs when exposed to increasing temperatures under laboratory conditions. The results are in

contrast to previous predictions and show that the establishment of the Asian tiger mosquito is possible in Germany even at larger scales. It is therefore necessary to timely develop strategies and measures for Germany to detect and combat new populations of *Ae. albopictus* at early stages of introduction. Effective control measures are possible, as shown in particular by studies performed in Freiburg. Here, in an allotment garden in the vicinity of the freight yard where trucks from Novara were unloaded, a particularly large population of *Ae. albopictus* was established. In close cooperation with allotment gardeners and targeted cleaning of garden pots, removal of further possible breeding sites as well as the use of *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B. t. i.*) the mosquito population could be significantly reduced within a relatively short period of time. In addition, the smaller populations at the other site in Freiburg as well as in Sinsheim could even be eliminated by appropriate measures.

1 Einleitung

1.1 Exotische Stechmücken

Stechmücken spielen eine wichtige Rolle als Überträger unterschiedlicher Infektionserreger, insbesondere von 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 (1).

So haben sich in den letzten Jahrzehnten verschiedene Stechmückenarten von ihren angestammten Gebieten in Asien oder Afrika sehr schnell über fast alle Kontinente ausgebreitet (2). Einige dieser „exotischen“ Arten, wie etwa die Asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* (*Ae. albopictus*) oder die Asiatische Buschmücke *Aedes japonicus japonicus* (*Ae. japonicus*) haben sich auch in Teilen Europas angesiedelt. Sie gelten als wichtige Überträger unterschiedlicher Viren, wie etwa das West-Nil-, das Dengue- oder das Chikungunya-Virus. In den vergangenen Jahren wurden bereits zahlreiche autochthone (vor Ort erworbene) West-Nil- und Dengue-Virus-Infektionen aus verschiedenen Ländern Südeuropas berichtet (3, 4). Seit 2007 kam es in Italien und Frankreich zu mehreren Chikungunya-Ausbrüchen (5–9), bei denen das Virus durch die Asiatische Tigermücke auf mindestens 605 Menschen übertragen wurde (6). Weder das Chikungunya-Virus noch die Asiatische Tigermücke waren ursprünglich in Europa beheimatet. Einer Einschleppung und Ausbreitung von *Ae. albopictus* konnte dort jedoch nicht rechtzeitig entgegengewirkt werden, so dass sich die Stechmückenart mittlerweile in weiten Teilen Südeuropas etabliert hat (2).

Verschiedene Importwege für exotische Mücken sind wissenschaftlich belegt. Als klassisch gilt der Transport trockenresistenter Eier mit Frachtgut aus entfernten Gebieten mit etablierten Populationen (1). Von herausragender Bedeutung sind hierbei Container, Gebrauchtreifen und Pflanzen (z. B. Glücksbambus). Potenzielle Einschleppungsorte sind daher vor allem See- und Flughäfen, aber auch Pflanzenmärkte.

Ein weiterer möglicher Ausbreitungsweg für exotische Stechmückenarten im intrakontinentalen Raum ist der regelmäßige Personen- und Güterverkehr aus Ländern mit bereits etablierten Populationen. Dabei werden Imagines (adulte Mücken) innerhalb der Fahrzeuge transportiert und dann am Reiseziel oder bei Zwischenstopps (z. B. an Autobahnraststätten oder Güterbahnhöfen) freigesetzt. An Deutschland angrenzende Länder mit etablierten exotischen Stechmückenarten sind die Schweiz, Frankreich, Belgien, Niederlande und Österreich (2). Potenzielle Einschleppungen aus diesen Ländern nach Deutschland sind durch grenzüberschreitenden Autobahn- und Zugverkehr zu erwarten. Diese Einführungswege sind auch aus Staaten vorstellbar, die nicht direkt an Deutschland angrenzen, aber wie z. B. Italien oder Spanien große Populationen exotischer Mückenarten beheimaten und gleichzeitig einen umfangreichen Personen- und Frachtverkehr mit Deutschland pflegen.

1.2 Notwendigkeit des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens

Klimatische Bedingungen beeinflussen das Auftreten und die Verbreitungsmuster von Arthropoden. So könnten beispielsweise steigende Temperaturen in Deutschland die Verbreitung neuer, bisher nicht heimischer Stechmückenarten begünstigen.

Für die Entwicklung gezielter Präventionsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier ist es daher wichtig, die mögliche Verbreitung und die Importwege exotischer Stechmückenarten zu erfassen. Im Jahr 2011 wurden zwei größere Projekte durch externe Förderungen des Robert-Koch-Instituts (RKI) und der Leibniz-Gemeinschaft ins Leben gerufen,

mit dem Ziel, die einheimische Stechmückenfauna und ihre Vektorkompetenz genauer zu analysieren. Diese Projekte beinhalteten jedoch keine gezielten Untersuchungen von exotischen Arten und ihren möglichen Importwegen nach Deutschland. Im Gegensatz dazu hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) in dem Zeitraum 2011-2014 (10) erstmals ein Projekt gefördert, in dem gezielt mögliche Einfallspforten für exotische Stechmücken und ihre mögliche Verbreitung untersucht wurden. Diese Untersuchungen haben ergeben, dass die Asiatische Buschmücke *Ae. japonicus* in weiten Teilen Baden-Württembergs verbreitet ist und somit als etabliert angesehen werden muss (11, 12). Darüber hinaus wurden in den letzten Jahren weitere Foci dieser ursprünglich aus Asien stammenden Stechmückenart in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen beschrieben (13, 14). Aufgrund der schnellen Ausbreitung über mehrere entfernte Bundesländer und ihrer starken Vermehrung bei geringen klimatischen Ansprüchen muss davon ausgegangen werden, dass sich *Ae. japonicus* bundesweit in allen Gebieten mit entsprechenden Entwicklungsmöglichkeiten etablieren wird. Eine Elimination von *Ae. japonicus* aus Deutschland muss daher als ausgeschlossen bewertet werden.

Weiterhin haben die Untersuchungen gezeigt, dass Flug-, See- und Binnenhäfen sowie Blumengroßmärkte und Bahnhöfe in Deutschland keine signifikanten Einfallspforten für neue, exotische Stechmücken darstellen. Dies gilt auch für Autobahnen mit Verbindung zu den Beneluxstaaten. Im Gegensatz dazu wurden die süddeutschen Autobahnen, insbesondere die A5 und die A93, als wichtige Quellen für den Eintrag von *Ae. albopictus* identifiziert (15). Offenbar wird diese Stechmücke regelmäßig mit dem Reise- und Güterverkehr aus Südeuropa (Italien, Frankreich) mitgebracht. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass die Einschleppung im Jahr 2013 gegenüber 2012 deutlich zugenommen hat und eine Etablierung von *Ae. albopictus* in Deutschland immer wahrscheinlicher wird. In 2013 wurden doppelt so viele *Ae. albopictus* gefangen wie 2012. Außerdem wurden in 2013 nicht nur adulte Tiere, sondern auch Larven und Eigelege von *Ae. albopictus* gefunden. Dies wies darauf hin, dass *Ae. albopictus* zumindest in den Sommermonaten in der Lage ist, sich auch in Deutschland zu vermehren. Die Frage aber, ob eine Überwinterung von *Ae. albopictus* in bestimmten Regionen erfolgt und ob der Druck der Einschleppung weiter zunimmt, war zu Beginn der Arbeiten für das vorliegende Vorhaben nicht geklärt.

Auch wenn bisher ein breites Spektrum möglicher Einfallspforten in die Analysen einbezogen wurde, wurden bisher nur sporadische Untersuchungen größerer Reifenlager mit Import aus Übersee durchgeführt, die jedoch keinen Nachweis exotischer Stechmücken ergaben. Studien aus anderen Ländern, insbesondere aus den Niederlanden haben gezeigt, dass durch den Autoreifenhandel ein erhebliches Risiko für den Eintrag exotischer Stechmückenarten besteht. Zudem sind Reifenlager beliebte Brutstätten für *Ae. albopictus*, so dass Reifenlager als Amplifikationsorte für bereits eingeschleppte Individuen dienen können, die eine weitere Ausbreitung erlauben.

1.3 Ziele und Aufgaben

Durch enge und abgestimmte Kooperation der beteiligten Partner sollten möglichst viele Autobahnraststätten in Süddeutschland beprobt und auf den Eintrag exotischer Stechmücken, insbesondere von *Ae. albopictus* untersucht werden. Ziel war es, die weitere Dynamik des Eintrags und eine mögliche Ausbreitung zu erfassen. Außerdem sollten Beprobungen an zwei großen Reifenlagern mit internationalem Altreifenimport durchgeführt werden, um auch das Potential dieser in Deutschland bisher kaum untersuchten Eintrittspforte zu evaluieren. Im Verlauf dieser Arbeiten wurden in den Jahren 2015 und 2016 mehrere größere Populationen von *Ae. albopictus* in Baden-Württemberg entdeckt, insbesondere in einer Kleingartenanlage in

Freiburg in der unmittelbaren Nähe eines Güterbahnhofes mit Verladestation von LKWs aus Italien (Novara). Diese auch als Rollende Landstraße (RoLa) bezeichnete Zugverbindung ermöglicht die transalpine Beförderung von LKWs auf der Schiene. Es sollte daher in weiteren Untersuchungen geklärt werden, ob (i) bereits eine Etablierung mit Überwinterung der Mücken in Baden-Württemberg stattgefunden hat, (ii) Eier von *Ae. albopictus* bereits eine ausreichende Kälteresistenz entwickelt haben, um den Winter in Baden-Württemberg zu überdauern und (iii) die RoLa von Novara nach Freiburg einen signifikanten Eintragsweg für *Ae. albopictus* nach Deutschland darstellt.

Tabelle 1: Beteiligte Kooperationspartner

Name	Institut/Adresse
Prof. Dr. Egbert Tannich	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Bernhard-Nocht-Str. 74, 20359 Hamburg
Dr. Renke Lühken	Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Bernhard-Nocht-Str. 74, 20359 Hamburg
Privatdozent Dr. Norbert Becker	Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) e.V., Ludwigstr. 99, 67165 Waldsee
Artur Jöst	Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) e.V., Ludwigstr. 99, 67165 Waldsee
Dr. Andreas Rose	Biogents AG, Weißenburgstraße 22, 93055 Regensburg
Ingeborg Schleip	Biogents AG, Weißenburgstraße 22, 93055 Regensburg

2 Importwege exotischer Stechmücken nach Deutschland

Zur Erfassung exotischer Stechmücken, insbesondere zur Bestimmung möglicher Einträge von *Ae. albopictus*, wurden auf der Grundlage der bereits in 2012 und 2013 erzielten Ergebnisse (10) insgesamt 71 Fallenstandorte an Autobahnraststätten ausgewählt (Tabelle 2, Abbildung 1). Die gewählten Standorte liegen an Autobahnen, die wichtige Verbindungsrouten zwischen Deutschland und Regionen in Süd- bzw. Südosteuropa darstellen, an denen in der Vergangenheit bereits *Ae. albopictus* nachgewiesen wurde. Darüber hinaus sollten die Autobahnraststätten eine hohe Nutzungsfrequenz aufweisen. Es wurden die folgenden Autobahnen ausgewählt:

► Baden-Württemberg

- A5: als Teil der E35, von Italien über die Schweiz kommend sowie als Teil der E60 von Italien und Südfrankreich kommend (39 Rastplätze - da die A5 in den vergangenen Jahren bereits als wesentlicher Eintragungsort identifiziert worden war, wurden jetzt zur möglichst vollständigen Erfassung alle Parkplätze rechtsseitig der A5 zwischen Basel und Heidelberg eingeschlossen)
- A6: als Teil der links-rheinischen Verbindung von Italien und Südfrankreich kommend (5 Rastplätze)
- A81: von Italien über die Schweiz kommend (5 Rastplätze)
- A98: als Teil der E54, von Italien über die Schweiz kommend (2 Rastplätze)

► Bayern

- A3: als Teil der E56 und E57/E59/E65, vom Balkan kommend (6 Rastplätze)
- A8: als Teil der E60, vom Schwarzen Meer kommend (2 Rastplätze)
- A93: als Teil der E45, von Nord-, Mittel und Süditalien kommend (3 Rastplätze, plus angrenzendes Wohngebiet)
- A7 und A96: als Teil der E43 und E35, aus dem Tessin und Nord- und Mittelitalien kommend (7 Rastplätze) sowie die A95, die als Querspange der E35 Innsbruck mit München verbindet (2 Rastplätze) und damit ebenfalls Autoverkehr aus Norditalien über den Brenner nach Deutschland führt.

Zusätzlich wurden für die Beprobung zwei Altreifenhändler in Rheinland-Pfalz entlang der A3 und der A65 ausgewählt (Tabelle 2, Abbildung 1). Diese weisen sich aus durch einen hohen Anteil an Importreifen und liegen in der Nähe von Autobahnen, die ein Risiko für den Eintrag von *Ae. albopictus* darstellen.

Tabelle 2: Standorte der Stechmückenfallen an Raststätten und Reifenlagern entlang süddeutscher Bundesautobahnen (BAB).

Die Nummerierung entspricht den Angaben in Abbildung 3.

Standort-Nr.	BAB	Standort	GPS-Koordinaten (WGS84-y, WGS84-x)
1	A3	Passau	48.76571, 13.04683
2	A3	Hengersberg	48.76571, 13.04686
3	A3	Rasthaus Bayerischer Wald Nord	48.93185, 12.70813
4	A3	Barbing: Autohof Rosenhof	48.99531, 12.23429
5	A3	Regensburg: Autohof Eurorast	48.99500, 12.15113
6	A3	Hauptzollamt Regensburg	48.99356, 12.14955
7	A5	Raststätte Weil am Rhein Ost	47.59925, 7.60325
8	A5	Parkplatz Krebsbach	47.61239, 7.59215
9	A5	Parkplatz Rheinaue	47.70648, 7.52507
10	A5	Parkplatz Galgenloch	47.74564, 7.55122
11	A5	Parkplatz Weidengrien	47.78981, 7.53838
12	A5	Autohof Neuenburg	47.81389, 7.55641
13	A5	Parkplatz Neuenburg Ost	47.82974, 7.56345
14	A5	Autohof Bremgarten	47.90994, 7.59166
15	A5	Parkplatz Neustock	47.92219, 7.59783
16	A5	Parkplatz Seltenbach	47.94859, 7.65365
17	A5	Raststätte Breisgau Ost	47.97027, 7.72251
18	A5	Parkplatz Schlatthof	47.98928, 7.74588
19	A5	Parkplatz Hölzle	48.09357, 7.79525
20	A5	Parkplatz Ferner	48.13270, 7.77845
21	A5	Parkplatz Ziegelei	48.17097, 7.75205
22	A5	Parkplatz Erlenspitz	48.19945, 7.74611
23	A5	Europaparkrasthof Herbolzheim	48.22710, 7.75130
24	A5	Autohof Mahlberg	48.27476, 7.78694
25	A5	Autohof Kappel-Grafenhausen	48.28137, 7.77712
26	A5	Raststätte Mahlberg Ost	48.30778, 7.79160
27	A5	Parkplatz Limbruch	48.33528, 7.78926
28	A5	Parkplatz Gerstenmatt	48.36677, 7.80292

Standort-Nr.	BAB	Standort	GPS-Koordinaten (WGS84-y, WGS84-x)
29	A5	Parkplatz Schutter	48.40213, 7.85616
30	A5	Parkplatz Korb	48.42563, 7.88685
31	A5	Raststätte Renchtal Ost	48.56262, 7.95846
32	A5	Euro Rastpark Achern	48.64167, 8.03626
33	A5	Raststätte Bühl Ost	48.75340, 8.13096
34	A5	Raststätte Baden-Baden West	48.80823, 8.18038
35	A5	Parkplatz Schleifweg	48.88830, 8.28885
36	A5	Namenloser Parkplatz	49.03911, 8.48710
37	A5	Parkplatz Höfenschlag	49.07080, 8.50961
38	A5	Namenloser Parkplatz	49.10378, 8.54244
39	A5	Autohof Karlsdorf	49.14837, 8.55498
40	A5	Raststätte Bruchsal Ost	49.16203, 8.57078
41	A5	Namenloser Parkplatz	49.19845, 8.59196
42	A5	Parkplatz Lushardt	49.25652, 8.60237
43	A5	Namenloser Parkplatz	49.32336, 8.63015
44	A5	Raststätte Hardtwald Ost	49.34918, 8.63162
45	A5	Raststätte Bergstraße	49.69073, 8.60361
46	A6	Raststätte Homburg/Saar Süd	49.34636, 7.31061
47	A6	Autohof Ramstein	49.42454, 7.55857
48	A6	Raststätte Wattenheim/Pfalz	49.52746, 8.07032
49	A6	Autohof Kirchheim/Grünstadt	49,55400, 8.18538
50	A6	Waidhaus	49.63223, 12.49030
51	A7	Raststätte Allgäuertor Ost	47.84688, 10.28339
52	A7	Raststätte Illertal-Ost (A7)	48.12440, 10.11291
53	A8	Raststätte Chiemsee Nord	47.83422, 12.40291
54	A8	Raststätte Samerberg Nord	47.80333, 12.17817
55	A81	Parkplatz Klauseneck	47.82505, 8.83416
56	A81	Raststätte Im Hegau	47.86442, 8.78552
57	A81	Autohof Geisingen	47.91713, 8.66777
58	A81	Raststätte Neckarburg Ost	48.20627, 8.62617

Standort-Nr.	BAB	Standort	GPS-Koordinaten (WGS84-y, WGS84-x)
59	A81	Autohof Empfingen	48.38650, 8.72261
60	A93	Kiefersfelden: Inntal-Ost	47.61008, 12.20175
61	A93	Autohof Raubling	47.76666, 12.10427
62	A93	Irschenberg	47.82811, 11.90135
63	A95	Garmisch	47.56591, 11.14157
64	A95	Höhenrein Ost	47.92647, 11.40338
65	A96	Parkplatz Humbrechts (Wangen)	47.68192, 9.78624
66	A96	Aichstetten: Spedition Merk	47.88034, 10.03887
67	A96	Parkplatz Burgacker Süd	48.00397, 10.23680
68	A96	Türkheim: ARAL Autohof	48.04343, 10.62021
69	A96	Landsberg-Lech: Lechwiesen	48.05819, 10.84817
70	A98	Parkplatz Nellenburg	47.82974, 8.95735
71	A98	Autohof Binzen-Dreiländereck	47.62536, 7.60801
72	Reifen	Kurz Karkassenhandel	49.210309, 8.129120
73	Reifen	Intropa Reifen und Handels GmbH	50.33766, 8.05206

2.1 Eintrag exotischer Stechmücken entlang süddeutscher Autobahnen

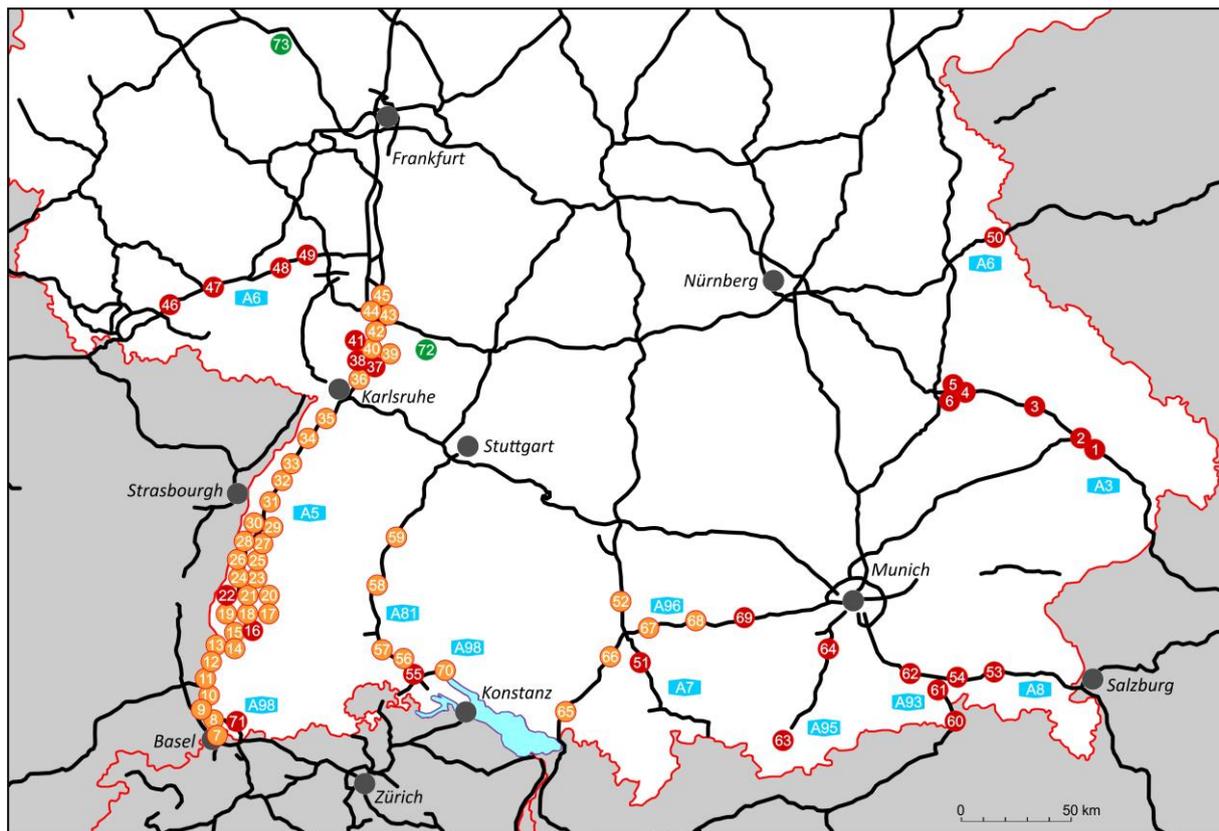
In den drei Beobachtungsjahren (2014-2016) wurden zwischen Mai und Oktober mit Ausnahme der A6 an allen untersuchten Autobahnen exotische Stechmücken (*Ae. albopictus* und/oder *Ae. japonicus*) nachgewiesen, wobei sowohl adulte Tiere (Imagines) als auch Eier und Larven gefunden wurden (Abbildung 2 und 3).

Alle Ergebnisse wurden in die Deutsche Stechmücken-Datenbank "CULBASE" (www.culbase.fli.de) eingestellt. Darüber hinaus wurden die Funde dem European Centre for Disease Control (ECDC) in Stockholm zur Verfügung gestellt. Die in regelmäßigen Zeitabständen aktualisierten digitalen Karten zum Vorkommen exotischer Stechmücken in Europa (18) wurden dementsprechend ergänzt. Um einer möglichen lokalen Vermehrung vorzubeugen, wurden potentielle Brutstätten für *Ae. albopictus*, wie etwa wassergefüllte Behältnisse an den einzelnen Standorten beseitigt.

Als Zeichen der großflächigen Etablierung in Südwest-Deutschland wurde *Ae. japonicus* an über 80 % der Autobahnraststätten in Baden-Württemberg, aber nicht in Bayern nachgewiesen.

Abbildung 2: Standorte mit Nachweis von *Ae. japonicus* entlang süddeutscher Autobahnen (2014-2016)

Rot, Autobahnraststätten; Grün, Reifenlager; Gelb, Autobahnraststätten mit Nachweis von *Ae. japonicus*. Die Nummerierung entspricht den Angaben in Tabelle 2.

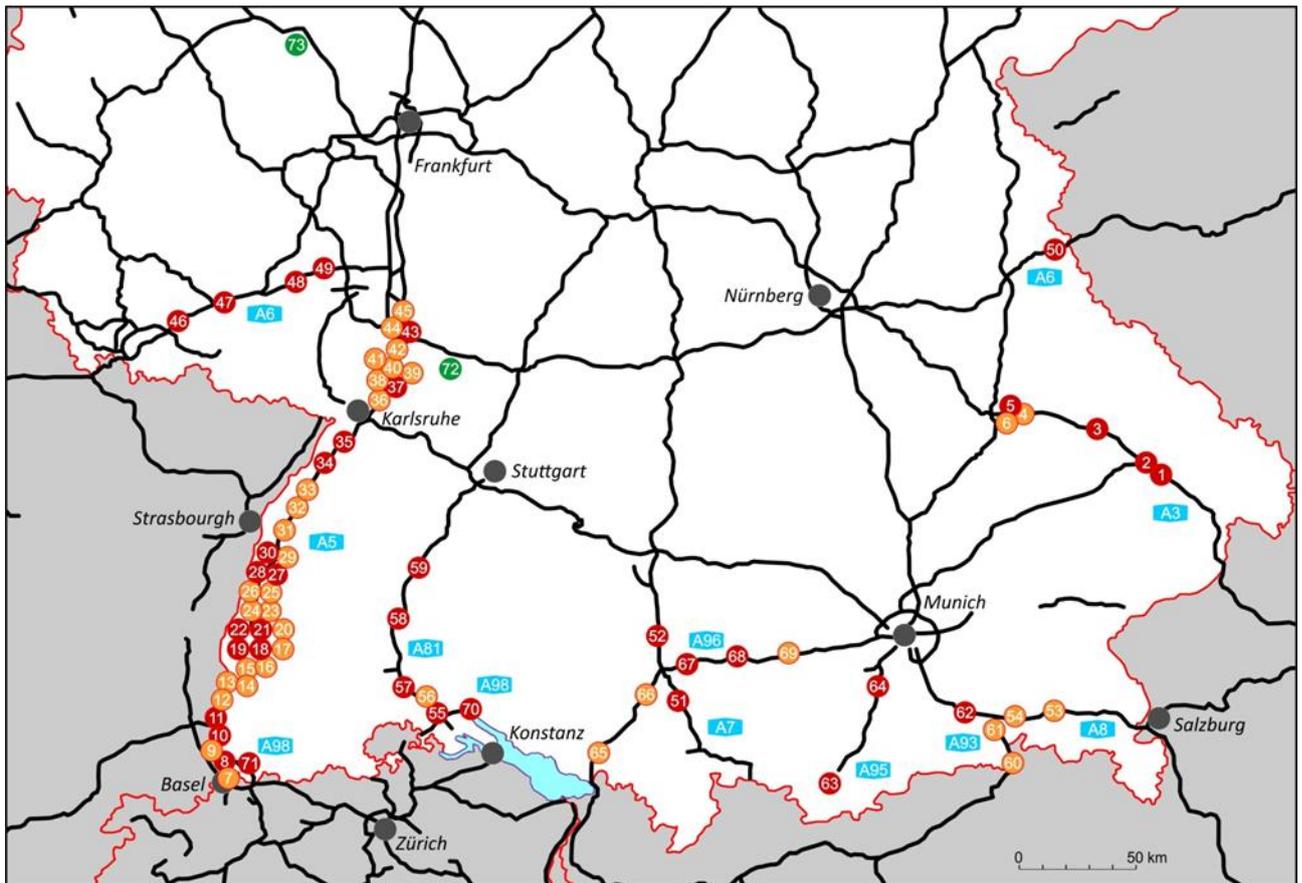


Quelle: eigene Darstellung, KABS e. V.

Im Gegensatz zu *Ae. japonicus* wurde *Ae. albopictus* an Autobahnraststätten sowohl in Bayern als auch in Baden-Württemberg nachgewiesen. Insgesamt konnte *Ae. albopictus* über den dreijährigen Beobachtungszeitraum an 35 der 71 (49,3 %) untersuchten Autobahnraststätten gefunden werden (Abbildung 3).

Abbildung 3: Standorte mit Nachweis von *Ae. albopictus* entlang süddeutscher Autobahnen (2014-2016)

Rot, Autobahnraststätten; Grün, Reifenlager; Gelb, Autobahnraststätten mit Nachweis von *Ae. albopictus*. Die Nummerierung entspricht den Angaben in Tabelle 2.

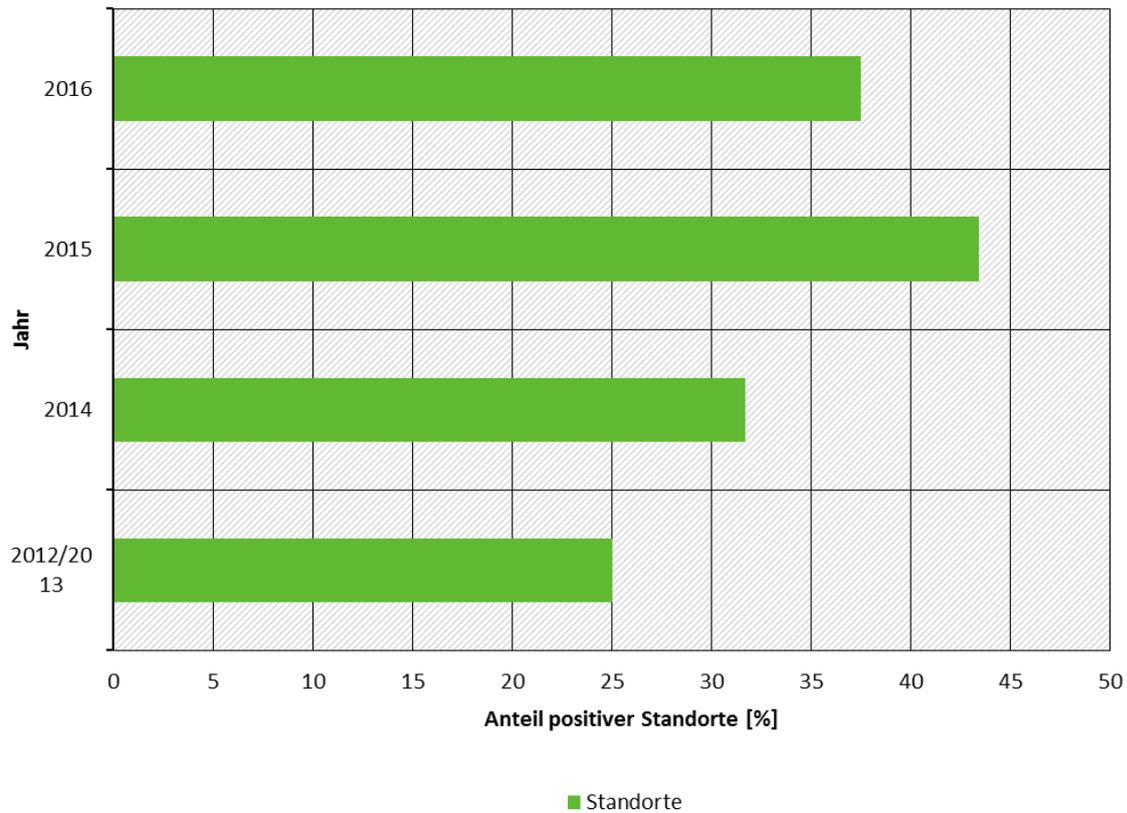


Quelle: eigene Darstellung, KABIS e. V.

Die Zahl der Standorte mit Nachweisen für *Ae. albopictus* sowie der Zeitraum der Nachweise schwankte von Jahr zu Jahr. Wie schon in den Vorjahren waren die A5 und die A93 regelmäßig betroffen und die Stechmücken wurden an einzelnen Raststätten wiederholt im Jahr nachgewiesen. An allen anderen Autobahnen wurde die Art nur sporadisch und nicht in jedem Jahr gefunden. Insgesamt kam es aber im Beobachtungszeitraum zu einer deutlichen Zunahme der *Ae. albopictus*-Funde. Im Vergleich zu den Jahren 2012/2013, als insgesamt nur an 25,0 % der Fallenstandorte *Ae. albopictus* nachgewiesen wurde, stieg der Anteil positiver Fallenstandorte im Jahr 2014 auf 31,7 % bzw. 43,3 % (2015). Im Jahr 2016 fiel er leicht ab auf 37,5 % (Abbildung 4).

Abbildung 4: Anteil der beprobten Autobahnraststätten mit Nachweis von *Ae. albopictus*.

Die Daten 2012 und 2013 wurden im Vorgängerprojekt erhoben (10).

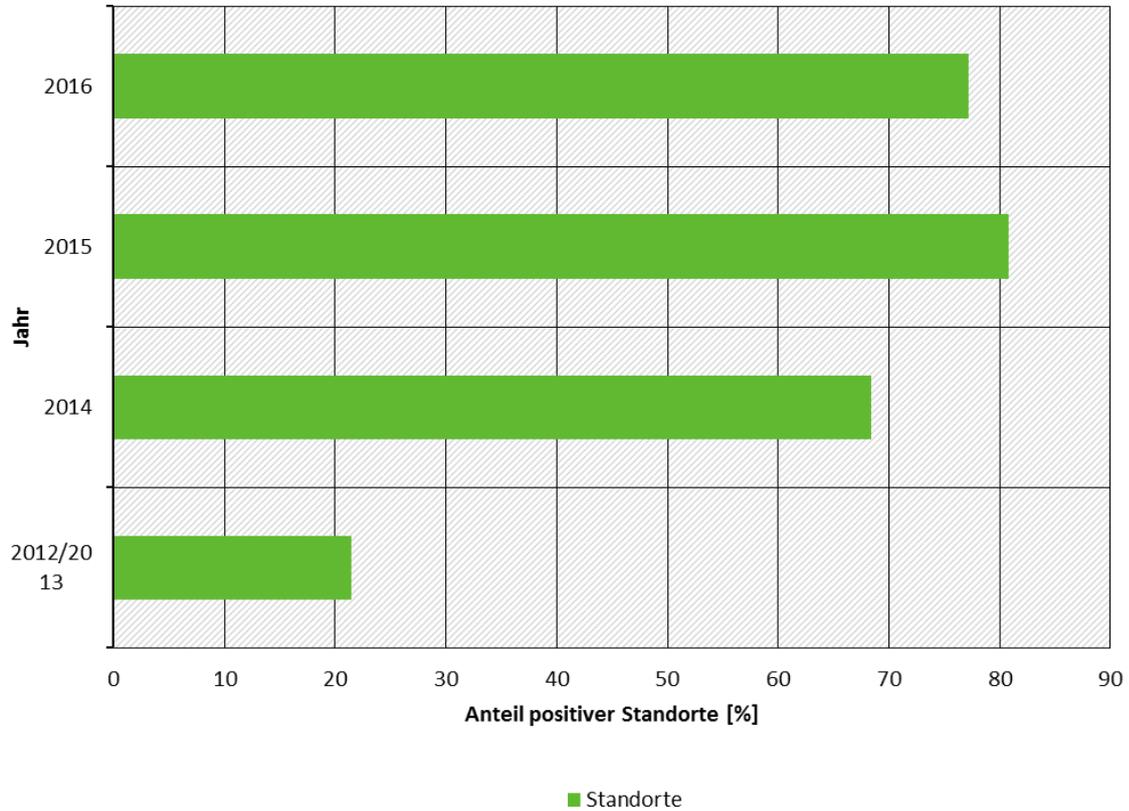


Quelle: eigene Darstellung, BNITM/KABS e. V.

Besonders bemerkenswert ist der Befund, dass der Anteil *Ae. albopictus*-positiver Standorte, an denen auch Eigelege gefunden wurden, über die Jahre von 21 % in 2012/2013 auf etwa 80 % in 2015/2016 zugenommen hat (Abbildung 5).

Abbildung 5: Anteil *Ae. albopictus* positiver Autobahnraststätten mit Nachweis entsprechender Eigelege.

Die Daten 2012 und 2013 wurden im Vorgängerprojekt erhoben (10).



Quelle: eigene Darstellung, BNITM/KABS e. V.

Zusätzlich zeigten sich jährliche Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Stechmückenfunde über die Fangperiode von Mai bis Oktober. Während *Ae. japonicus* in der dreijährigen Beobachtungszeit regelmäßig über fast die gesamte Beobachtungsperiode von Mai bis Oktober in den Fallen zu finden war, wurde *Ae. albopictus* erst später im Jahr nachgewiesen. Die Hauptnachweisintervalle für *Ae. albopictus* lagen in 2014 zwischen Mitte August und Anfang Oktober, in 2015 zwischen Mitte Juli und Anfang Oktober und in 2016 zwischen Ende August und Mitte Oktober (Tabelle 3).

Tabelle 3: Zeitliche Verteilung der Funde von *Ae. japonicus* und *Ae. albopictus*

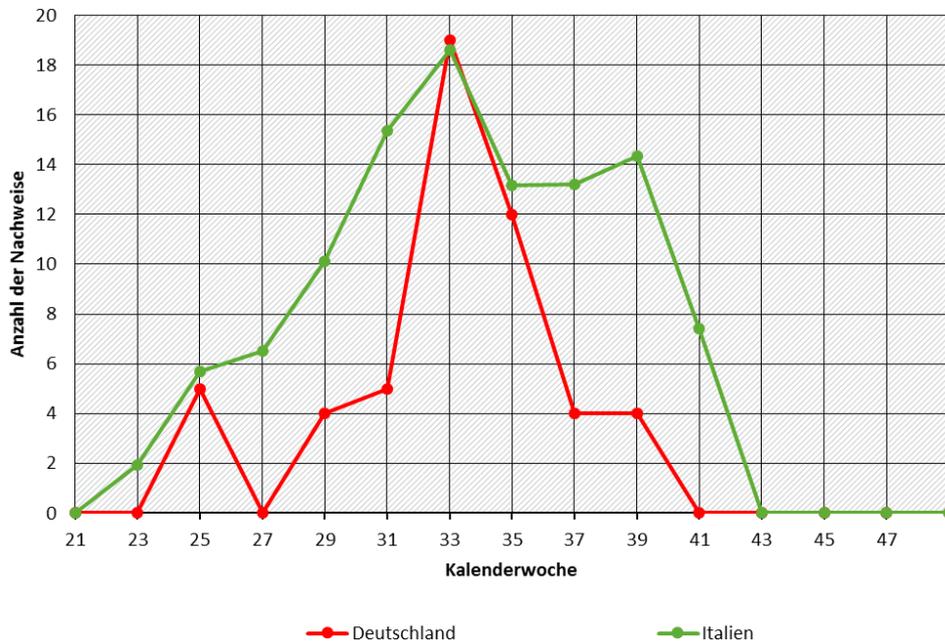
Dargestellt nach Kalenderwochen innerhalb der Fangperiode von Mai bis Oktober (Kalenderwochen 17 - 45) über den Beobachtungszeitraum 2014 – 2016, für *Ae. albopictus* stratifiziert nach einzelnen Jahren

Exotische Spezies Beobachtungszeitraum	<i>Aedes japonicus</i> 2014-2016	<i>Aedes albopictus</i> 2014	<i>Aedes albopictus</i> 2015	<i>Aedes albopictus</i> 2016
Nachweisintervall (Kalenderwochen)	20 - 40	24 - 40	21 - 40	24 - 44
Hauptnachweisintervall (Kalenderwochen)	22 - 41	34 - 40	29 - 41	35 - 42

Dabei war das relativ frühe Auftreten von *Ae. albopictus* an süddeutschen Autobahnraststätten im Jahr 2015 auffällig, mit einer erheblichen Zahl an Funden bereits fünf Wochen früher als in den anderen Jahren. Eine Erklärung lieferte der Vergleich mit der Abundanz von *Ae. albopictus* aus der Emilia-Romagna Region in Norditalien in den einzelnen Jahren von 2013 bis 2016 (Ovitrap-Daten bereitgestellt durch Romeo Bellini, Marco Carrieri (19)) (Abbildung 6-9).

Abbildung 6: Zeitlicher Vergleich der Funde von *Ae. albopictus* an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2013.

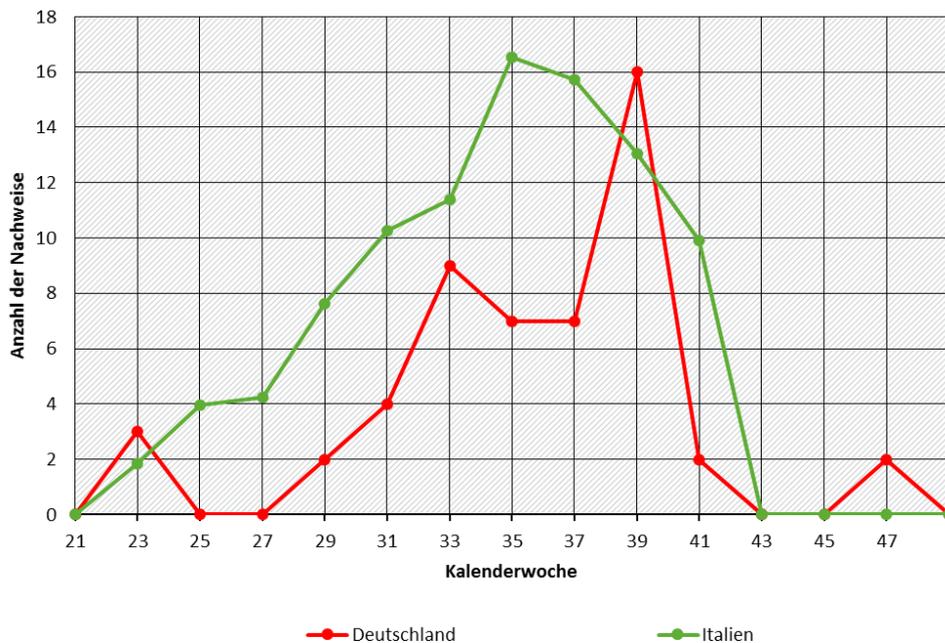
Beachte: Zur graphischen Darstellung wurden die Zahlen für Italien durch den Faktor x25 dividiert (Zahlen für Deutschland beruhen auf den Nachweis von Imagines, Zahlen für Italien auf dem Nachweis von Eiern).



Quelle: eigene Darstellung, BNITM/KABS e. V.

Abbildung 7: Zeitlicher Vergleich der Funde von *Ae. albopictus* an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2014.

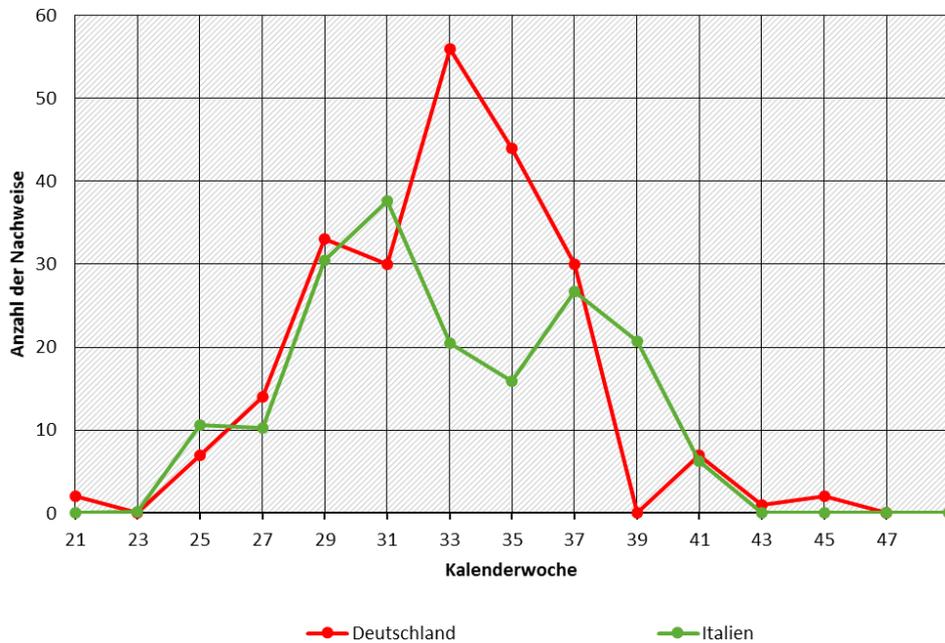
Beachte: Zur graphischen Darstellung wurden die Zahlen für Italien durch den Faktor x25 dividiert (Zahlen für Deutschland beruhen auf den Nachweis von Imagines, Zahlen für Italien auf dem Nachweis von Eiern).



Quelle: eigene Darstellung, BNITM/KABS e. V.

Abbildung 8: Zeitlicher Vergleich der Funde von *Ae. albopictus* an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2015.

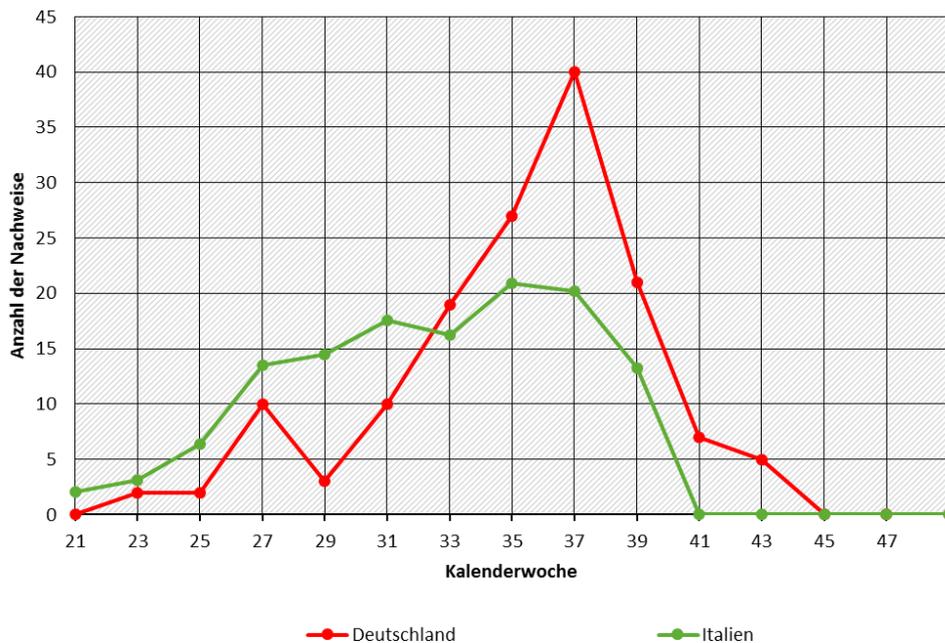
Beachte: Zur graphischen Darstellung wurden die Zahlen für Italien durch den Faktor x25 dividiert (Zahlen für Deutschland beruhen auf den Nachweis von Imagines, Zahlen für Italien auf dem Nachweis von Eiern).



Quelle: eigene Darstellung, BNITM/KABS e. V.

Abbildung 9: Zeitlicher Vergleich der Funde von *Ae. albopictus* an süddeutschen Autobahnraststätten und der Häufigkeit des Nachweises in Norditalien 2016.

Beachte: Zur graphischen Darstellung wurden die Zahlen für Italien durch den Faktor x25 dividiert (Zahlen für Deutschland beruhen auf den Nachweis von Imagines, Zahlen für Italien auf dem Nachweis von Eiern).



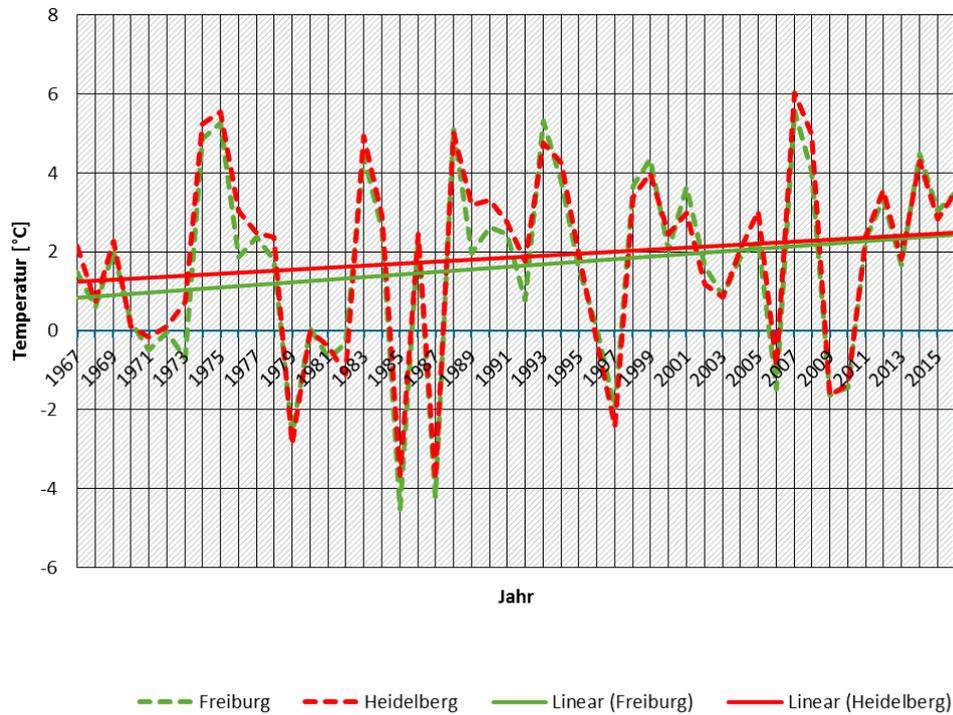
Quelle: eigene Darstellung, BNITM/KABS e. V.

Ae. albopictus konnte im Jahr 2015 relativ früh große Populationen in Italien aufbauen und somit wurden relevante Individuenzahlen früher nach Deutschland verschleppt. Der Befund zeigt sehr eindrucksvoll, dass das Risiko der Einschleppung von *Ae. albopictus* nach Deutschland in erster Linie von der Abundanz der Stechmücke in den Quellpopulationen der südeuropäischen Länder (z. B. Italien) abhängig ist.

Die Wahrscheinlichkeit der Etablierung der Asiatischen Tigermücke in Deutschland wird dagegen maßgeblich durch die lokalen Umweltbedingungen beeinflusst. Dabei spielen - neben der Verfügbarkeit geeigneter Brutgewässer und Wirtsarten - insbesondere die klimatischen Bedingungen eine entscheidende Rolle. Wie von Becker et al. (20) dargestellt wurde, sind Januar-Temperaturen über -3 °C und mittlere Sommertemperaturen (Juni-August) über 19°C entscheidend für eine Etablierung von *Ae. albopictus*. Die Analyse der Temperaturdaten im Januar bzw. Sommer in dem Zeitraum von 1967 bis 2016 zeigen, dass die Winter- und Sommertemperaturen in den letzten 50 Jahren in Freiburg und Heidelberg deutlich gestiegen sind und damit eine Etablierung von *Ae. albopictus* begünstigt wird (Abbildung 10 und Abbildung 11).

Abbildung 10: Mittlere Januartemperaturen in Freiburg und Heidelberg (1967-2016)

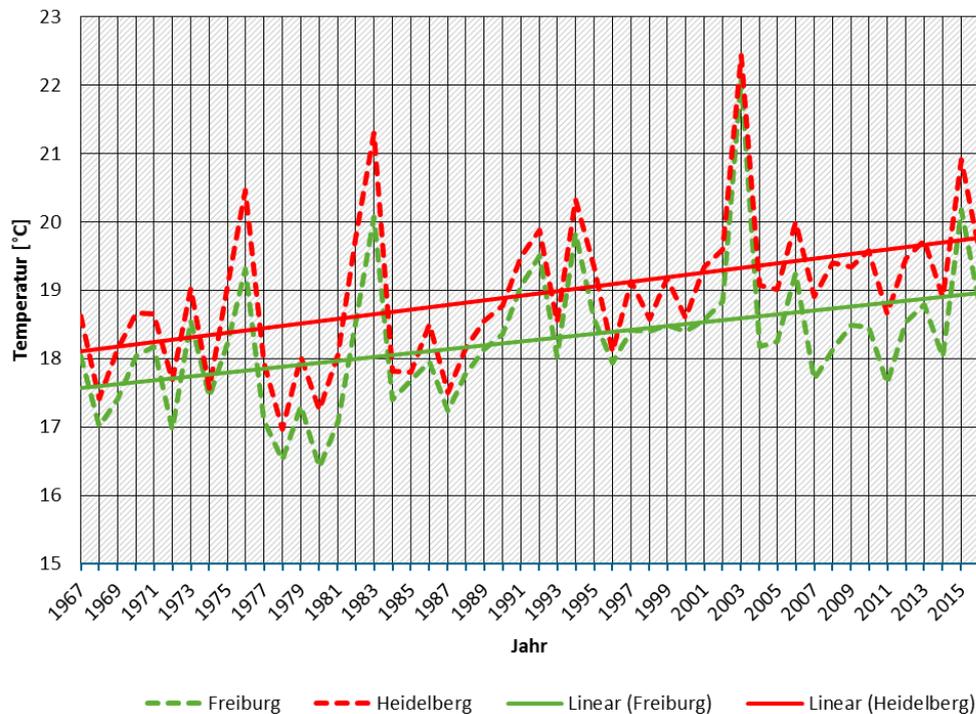
durchgezogene farbige Linien: lineare Trend pro Stadt (www.ecad.eu).



Quelle: eigene Darstellung, BNITM

Abbildung 11: Mittlere Sommertemperatur in Freiburg und Heidelberg (Juni-August, 1967-2016)

durchgezogene farbige Linien: lineare Trend pro Stadt (www.ecad.eu).



Quelle: eigene Darstellung, BNITM

2.2 Eintrag von *Aedes albopictus* über die Rollende Landstraße (RoLa)

Die RoLa ist ein Transportsystem, bei dem komplette Lastwagen mitsamt Fahrer auf der Schiene transportiert werden. Die Fahrer befinden sich dabei in einem Begleitwaggon am Ende des Zuges. Seit 2001 betreibt die RALpin AG die RoLa zwischen Novara in Norditalien und Freiburg im Breisgau. Ein Zug benötigt ca. 10 Stunden bis er ohne Zwischenstopp die Alpen überquert hat. Jede Woche verkehren ca. 60 Züge auf dieser Strecke. Jeder Zug hat bis zu 21 LKW-Stellplätze, so dass pro Woche etwa 1.260 Lastwagen aus Novara nach Freiburg transportiert werden.

Aufgrund der hohen Populationsdichte von *Ae. albopictus* in Norditalien und der langen Wartezeiten am Terminal in Novara besteht somit die Gefahr, dass Tigermücken am Verladeort in die Führerkabinen der LKW oder in die Begleitwaggons gelangen und dann als blinde Passagiere nach Deutschland verschleppt werden. Am Terminal in Freiburg werden die Lastwagen wieder auf die Straße gefahren. Dabei werden Türen und Fenster der Lastwagen geöffnet und die Stechmücken können ins Freie entkommen. Die Entladestelle befindet sich dabei in unmittelbarer Nähe einer Kleingartenanlage, die ein hervorragendes Biotop mit Brutstätten, Ruhezeiten und Blutmahlzeiten für die Ansiedlung und Vermehrung von *Ae. albopictus* darstellt.

Mit dem Ziel, das Einschleppungsrisiko von *Ae. albopictus* über diesen Verkehrsweg zu ermitteln, wurden in Absprache mit dem Betreiber und in Kooperation mit italienischen Kollegen (Arbeitsgruppe Dr. Andrea Mosca, Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (IPLA), Torino) am Terminal in Novara in den Führerhäusern der LKW und in den Begleitwaggons Mückenfallen aufgestellt.

Dabei handelte es sich um Klebefallen (KABS-Eigenbau), die stechbereite Weibchen durch Wärme anlocken. Der eigentliche Fallenkörper besteht aus einer hohlen Plastikpyramide, die auf einer Plastikbox befestigt ist. Die Außenseite der Pyramide ist komplett mit Insektenleim bestrichen, im Inneren des Fallenkörpers befindet sich ein Wärmekissen, das nach Aktivierung bis zu 12 Stunden eine Temperatur von 40 °C erzeugt und so die Körperwärme eines Menschen imitiert. Angelockte Stechmücken bleiben am Insektenleim kleben und können nach Übergabe der Falle am Terminal abgesammelt und bestimmt werden.

Pro Woche wurden ein bis maximal zwei Züge mit insgesamt 20 dieser Fallen bestückt. Die LKW-Fahrer wurden einzeln angesprochen und sowohl mündlich als auch mit Hilfe einer Broschüre über das Projekt informiert. Jeweils 12 Fallen wurden in die Führerhäuser der Lastwagen gestellt, die restlichen acht wurden in der Küche, im Aufenthaltsbereich und in den Schlafkabinen des Begleitwaggons positioniert.

Die Untersuchung wurde im Zeitraum von Mitte Juli bis Ende September 2016 durchgeführt. In dem Beobachtungszeitraum wurde ein *Ae. albopictus* Weibchen an einer Klebepyramide identifiziert, die in einer Führerkabine aufgestellt war. Insgesamt wurden 200 LKW untersucht, so dass sich für diese RoLa eine Einschleppungsrate von 0,5 % errechnen lässt. Ein ähnliches Risiko der Verschleppung der Asiatischen Tigermücke wurde auch von spanischen Wissenschaftlern ermittelt, die im Großraum Barcelona Privat-PKW bei Polizeikontrollen auf Tigermücken absuchten (Prof. Frederic Bartumeus, Institutio Catalana de Recerca I Estudis Avançats (iCrea), persönliche Mitteilung).

Nach den Angaben des Betreibers werden in der für das Auftreten von *Ae. albopictus* relevanten Zeit zwischen April und Oktober ca. 25.000 Lkw von Novara nach Freiburg transportiert. Bei einer Einschleppungsrate von 0,5 % ergäbe das eine Gesamtzahl von etwa 125 Individuen pro Jahr, die über diesen Transportweg nach Deutschland eingeschleppt werden. Allerdings unterliegt diese Berechnung einer relativ großen Unsicherheit, da nur ein Individuum in einer

relativ kleinen Stichprobe nachgewiesen wurde. Darüber hinaus ist nicht klar, wie effizient die verwendeten Klebefallen sind. Um die Bedeutung der RoLa für die Einschleppung von *Ae. albopictus* nach Deutschland genauer zu bestimmen, müssten weiterführende Untersuchungen über einen längeren Zeitraum und an einer größeren Zahl an Lastkraftwagen durchgeführt werden.

Insgesamt kann aber davon ausgegangen werden, dass über diesen Verkehrsweg kontinuierlich und in größerem Umfang Asiatische Tigermücken nach Freiburg eingeschleppt werden, die punktuell an einem Standort freigelassen werden, der durch die Nähe zu einer Kleingartenanlage hervorragende Bedingungen für die Vermehrung und Ausbreitung der Art bietet. Der derzeitige Um- und Ausbau des Freiburger Terminals wird in naher Zukunft zu einer noch größeren Transportkapazität führen. Es sollten daher Maßnahmen bereits am Verladeterminale in Novara getroffen werden, um die Gefahr des Transportes von Tigermücken nach Freiburg zu reduzieren, wie z. B. eine Bekämpfung/Reduktion der Brutstätten im Umfeld des Verladeterminals in Novara.

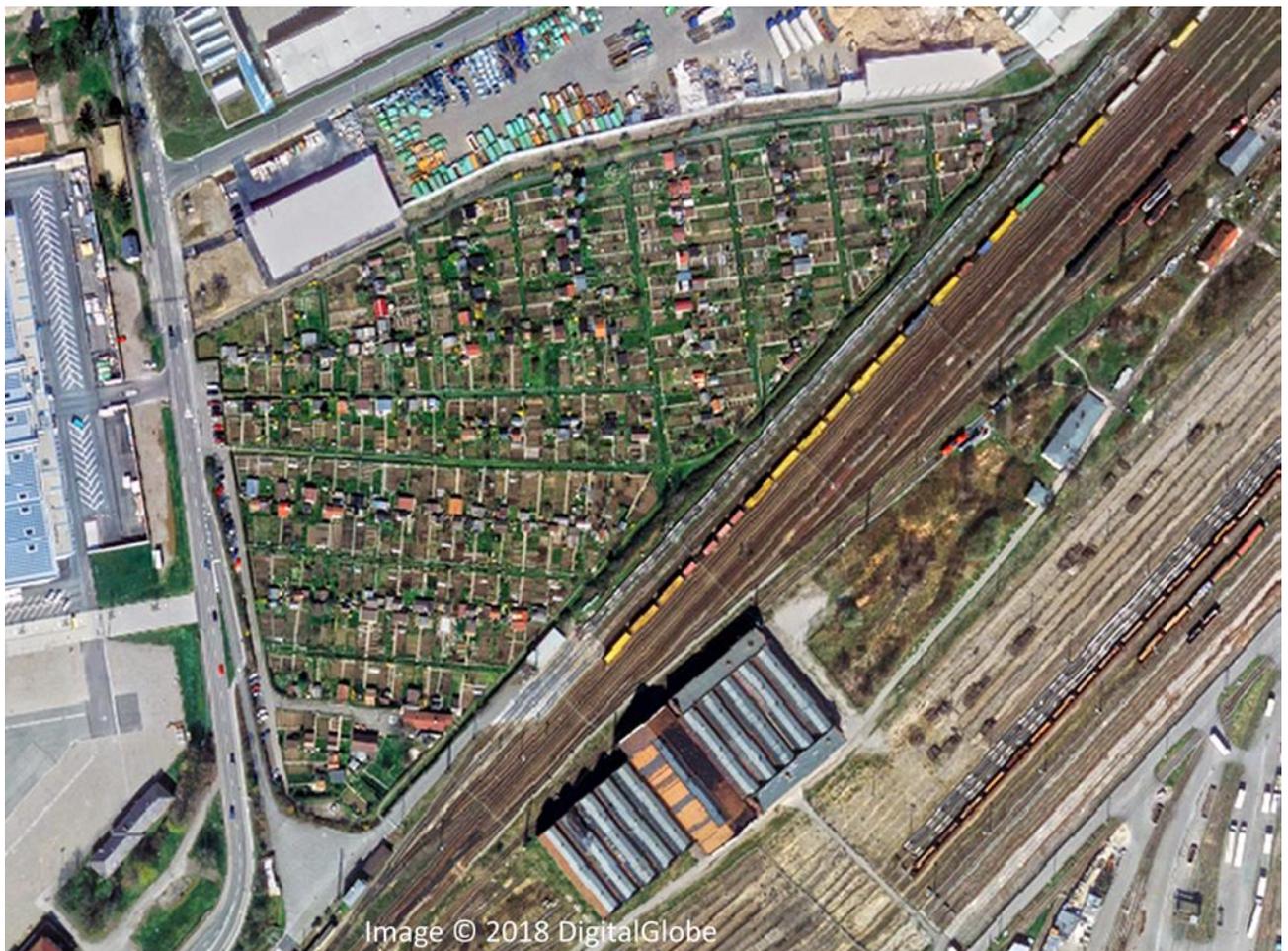
Bis 2011 wurde am Standort Singen durch den Betreiber (Hupac AG) ebenfalls eine RoLa betrieben, über die LKW aus Italien nach Deutschland gebracht wurden. Mittlerweile wird aber nur noch in Form von „Unbegleitetem Kombiniertem Verkehr“ (UKV) transportiert. Dabei wird im Gegensatz zur RoLa zwischen Novara und Freiburg nur die einzelne Ladeeinheit befördert, wie zum Beispiel Container, Sattelaufleger oder Wechselbehälter, während der Fahrer am Terminal zurückbleibt. Am Bestimmungsterminal übernimmt ein anderer LKW die Sendung und führt sie bis zur Enddestination weiter. Mit dem Wechsel der Verkehrstechnik dürfte auch die Wahrscheinlichkeit der Einschleppung von *Ae. albopictus* deutlich reduziert worden sein. Es bestand jedoch durchaus die Möglichkeit, dass sich bereits vor Jahren eingeschleppte Tigermücken am Standort Singen zunächst in kleineren Populationen gehalten oder weiter entwickelt haben. Um dieses zu überprüfen, wurden im August 2016 in Absprache mit dem Betreiber auf dem Werksgelände insgesamt 12 Fallen aufgestellt. In einigen Fallen wurde zwar *Ae. japonicus* nachgewiesen, *Ae. albopictus* wurde aber nicht gefunden.

Zusätzlich wurde ein weiterer Güterbahnhof in Regensburg, an dem bis vor drei Jahren ebenfalls LKWs aus Italien verladen wurden, auf exotische Stechmücken untersucht. Es wurden weder *Ae. albopictus* noch *Ae. japonicus* nachgewiesen.

3 Monitoring und Bekämpfung der größten bisher in Deutschland nachgewiesenen *Aedes albopictus*-Population in Freiburg im Breisgau, Baden-Württemberg

Im Jahr 2015 konnten in unmittelbarer Angrenzung zum RoLa-Güterbahnhof in der Kleingartenanlage „Hettlinger“ im Nordosten Freiburgs (Abbildung 12) insgesamt über 4.000 Tigermücken gefangen werden (Containerindex bis zu 29,6 %, August 2015). Dies war eine bis dahin in Deutschland noch nie beobachtete, extrem hohe Populationsdichte von *Ae. albopictus*. Obwohl unmittelbar nach der Entdeckung der Population entsprechende Bekämpfungsmaßnahmen eingeleitet wurden, war zu erwarten, dass eine große Zahl von sogenannten Diapauseeiern an den Rändern von Gefäßen und Regentonnen von den Stechmücken abgelegt waren. Bei Diapauseeiern handelt es sich um „Überwinterungseier“, die im Herbst abgelegt werden und sich erst im Frühjahr bei entsprechend ansteigenden Temperaturen zu Larven weiter entwickeln. Diese Eier besitzen eine gewisse Kälteresistenz. Im Zusammenhang mit dieser Studie durchgeführte Untersuchungen konnten zeigen, dass diese Eier auch den Winter im Hochschwarzwald auf über 800 Metern, bei Temperaturen von bis zu -8 °C überleben (21).

Abbildung 12: Kleingartenanlage „Hettlinger“ im Nordosten Freiburgs mit angrenzendem Güterbahnhof und Verladung von LKW von und nach Novara in Norditalien (RoLa)



Quelle: www.digitalglobe.com

Mit dem Ziel, möglichst viele Diapauseeier zu beseitigen und damit die erste Generation von *Ae. albopictus* im folgenden Jahr so gering wie möglich zu halten, wurden im März 2016 in der Kleingartenanlage Regentonnen gereinigt. Allerdings waren diese Maßnahmen von der Bereitschaft und Mitarbeit der Pächter abhängig. Von insgesamt 197 Gärten konnten nur etwa 100 betreten und die Regentonnen kontrolliert werden. In etwa der Hälfte der 100 kontrollierten Gärten hatten die Gartenbesitzer aufgrund intensiver Aufklärungsarbeit ihre Regentonnen bereits selbstständig gereinigt oder ihre Tonnen komplett entsorgt. Die verbliebenen 60 Regentonnen in den übrigen 51 kontrollierten Gärten wurden mit einer Wurzelbürste intensiv gereinigt, der Abrieb gesammelt, im Labor zunächst makroskopisch untersucht und schließlich mit abgestandenem Leitungswasser geflutet. In 56 % der Abriebproben wurden *Ae. albopictus*-Eier nachgewiesen und in 21 % der Proben konnten Tigermückenlarven schlüpfen.

Durch die Reinigung der Regentonnen wurde das Startpotenzial für die erste Generation von *Ae. albopictus* deutlich reduziert. Darüber hinaus bestätigten die durchgeführten Maßnahmen erneut die erfolgreiche Überwinterung der Diapauseeier. Gleichzeitig zeigte sich, dass die Winterreinigung von Regentonnen und anderen Containern eine sehr effiziente Monitoringmethode darstellt, um Restpopulationen zu entdecken und zu beseitigen.

Ab Anfang Mai wurden in der Kleingartenanlage potenzielle Brutstätten auf die Besiedlung durch Entwicklungsstadien von *Ae. albopictus* überprüft, um aus dem Ergebnis monatlich den sogenannten Containerindex zu erstellen. Der Containerindex beschreibt den prozentualen Anteil an Gefäßen und Regentonnen in denen sich Larven von *Ae. albopictus* entwickeln, z. B. aus Resteiern, die nicht durch die Reinigungsmaßnahmen entfernt wurden. Im Mai konnten insgesamt 80 Parzellen betreten werden. Dabei wurden in 4 von 123 kontrollierten Containern Larven der Asiatischen Tigermücke gefunden, dies entspricht einem Index von 3,9 %. Dabei ist bemerkenswert, dass in keiner der im Winter gereinigten und wiedergefüllten Regentonnen *Ae. albopictus*-Larven nachgewiesen wurden, sondern lediglich in solchen Tonnen, die durch fehlende Mitarbeit der Pächter zunächst nicht gereinigt werden konnten. Dies unterstreicht die Effektivität der Winterreinigung von Containern als Bekämpfungsmethode für *Ae. albopictus*.

Nachdem Ende Mai 2016 die ersten Larven der Asiatischen Tigermücke in Containern in der Kleingartenanlage nachgewiesen werden konnten, wurden in einem flächendeckenden Raster insgesamt 75 Stechmückenfallen (BG-Gravid *Aedes* trap, Biogents AG) in einem Abstand von ca. 25 bis 30 Metern aufgestellt. Die Falle lockt eiablagebereite Weibchen an, die in der Falle durch ein mit Insektizid imprägniertes Netz getötet werden. Die wöchentliche Beprobung dieser Fallen ermöglicht, die Populationsentwicklung im Laufe der Saison genauer zu beobachten und die Qualität der Bekämpfungsmaßnahmen zu dokumentieren. Darüber hinaus verhindern diese Fallen nicht nur die Eiablage, sondern entfernen gleichzeitig eine größere Zahl von Weibchen aus der Population.

In den folgenden Monaten Juni und Juli verblieb die Population auf sehr niedrigem Niveau. Während im Juni überhaupt keine Entwicklungsstadien von *Ae. albopictus* in 184 kontrollierten Containern (97 Parzellen) nachgewiesen wurden, lag der Containerindex im Juli bei 4,7 % (211 beprobte Container auf 119 Grundstücken). Entsprechend niedrig war auch der wöchentliche Gesamtfang von 1 bis 56 Individuen in den 75 aufgestellten Fallen.

Mitte 2016 wurde das erste Intensivmonitoring des Jahres durchgeführt. Dabei wurden in einem Umkreis von einem Kilometer um die Kleingartenanlage, soweit möglich, alle potenziellen Brutstätten auf Larvenbesatz überprüft und die Bevölkerung mit Hilfe einer Broschüre über das Thema „Asiatische Tigermücke“ informiert und sensibilisiert. Ein wesentlicher Punkt bei der

Bekämpfung von *Ae. albopictus* liegt in der Vermeidung bzw. Beseitigung von Brutstätten nach Möglichkeit unter Einbeziehung der örtlichen Bevölkerung. Zusätzlich wurden die Maßnahmen durch persönliche Gespräche, Aushänge in und um die Kleingartenanlage und dem Hauptfriedhof sowie durch Medienberichte und Auftritte auf zahlreichen Informationsveranstaltungen unterstützt. Das Intensivmonitoring im Juni 2016 ergab keinen Nachweis von *Ae. albopictus* (weder im Umkreis von einem Kilometer noch in Kleingärten und Friedhöfen im gesamten Stadtgebiet von Freiburg). Wiederholt und in regelmäßigen Abständen wurden dabei auch die beiden Friedhöfe „Bergäcker“ und „Alt Littenweiler“ untersucht, auf denen im Vorjahr von Mitarbeitern des Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. (ZALF) und des Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) Tigermücken nachgewiesen worden waren.

Nach langer Trockenheit und ansteigenden Temperaturen im August nahm die Populationsdichte von *Ae. albopictus* in der Kleingartenanlage „Hettlinger“ ab Mitte August 2016 wieder zu. Von 152 kontrollierten Containern auf 128 Parzellen wurden in 23 % der Fälle Larven oder Puppen von *Ae. albopictus* nachgewiesen. Bis zum Ende des Monats wurden bei der wöchentlichen Beprobung mit Adultfallen insgesamt 267 Stechmücken gezählt. Bei hochsommerlichen Temperaturen im September konnte sich die Population weiter aufbauen. In 35,3 % der 136 kontrollierten Container (139 Parzellen) wurden Larven oder Puppen von *Ae. albopictus* nachgewiesen. Die wöchentlichen Fangzahlen der Eiablagefallen waren zwar etwas niedriger als im August (61-178 Individuen), lagen aber immer noch deutlich über den Werten der Monate Juni und Juli. Der unerwartet starke Anstieg der Population im August/September war vermutlich Folge erhöhter Trockenheit. Die Kleingartenanlage „Hettlinger“ verfügt über ein Wassergrabensystem, das vom Fluss Dreisam versorgt wird. Aufgrund der längeren Trockenzeit und des damit verbundenen niedrigen Wasserstandes in der Dreisam wurde die Wasserentnahme eingestellt, so dass das Grabensystem austrocknete. Daraufhin reaktivierten die Pächter ihre teilweise ausgemusterten aber nicht gereinigten Regentonnen und füllten diese wieder mit Wasser. Dies führte zum vermehrten Auftreten der Asiatischen Tigermücken, die sich bei den hohen Temperaturen rasch entwickeln konnten. Außerdem wurde beobachtet, dass einige der Pächter aus Nachlässigkeit ihre Regentonnen nicht ausreichend abgedeckt hatten.

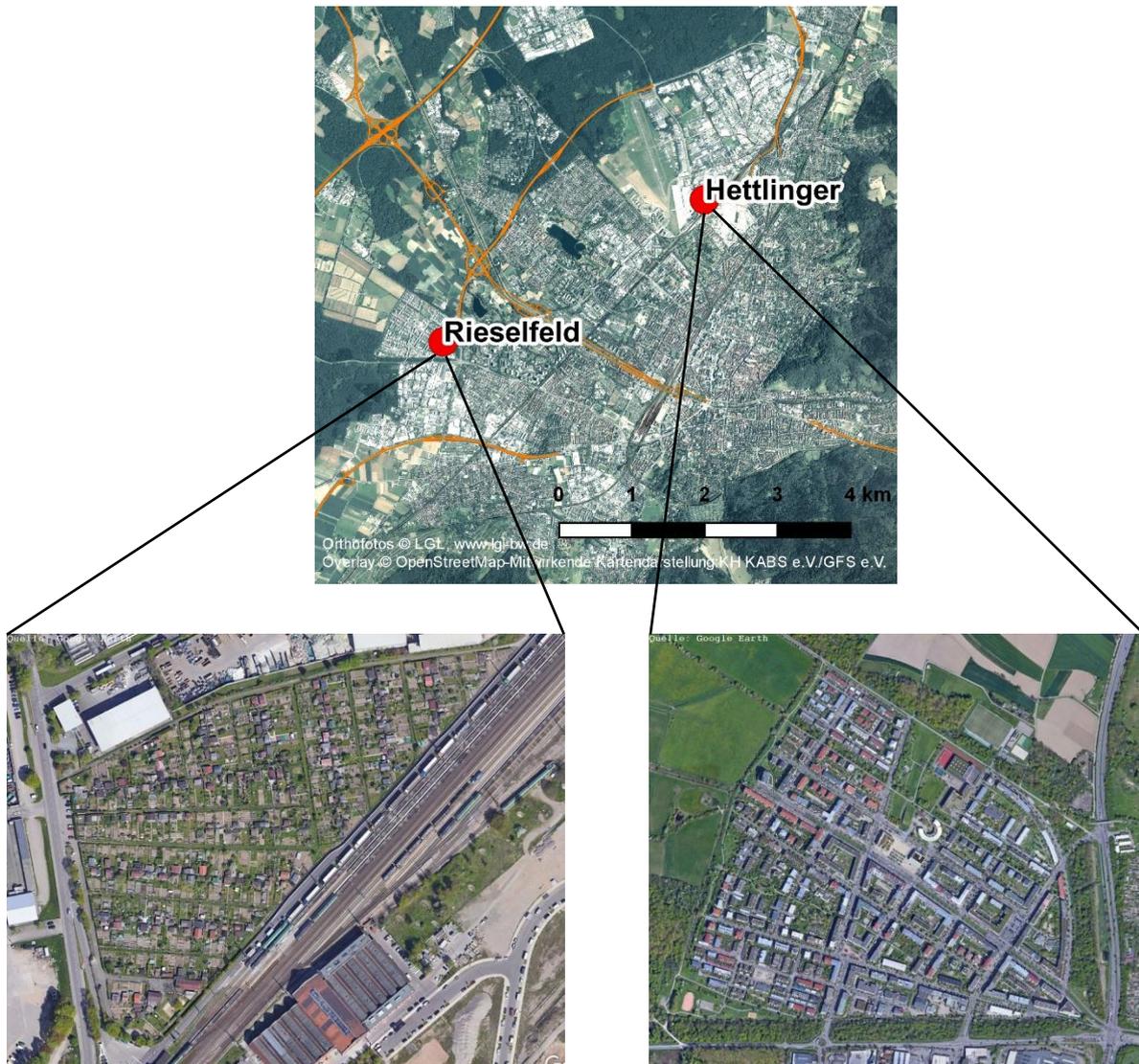
Zusätzlich bestand das Problem des teilweise fehlenden Zutritts zu den einzelnen Brutstätten. Insbesondere in der Ferienzeit waren einige Grundstücke für viele Wochen nicht betreut und durften aufgrund fehlender Verordnungen nicht von Externen betreten und kontrolliert werden. Darüber hinaus gab es Pächter, die sich wenig kooperativ zeigten und grundsätzlich den Zutritt zu ihren Grundstücken verweigerten. Für eine nachhaltige Kontrolle von *Ae. albopictus* ist aber der Zugang zu allen Brutstätten notwendig.

Viele der besiedelten Brutstätten konnten im September noch rechtzeitig ausgeleert bzw. mit *B.t.i.*-Tabletten behandelt werden, so dass ein deutlicher Anstieg der Fangraten verhindert werden konnte. Bei einem zweiten Intensivmonitoring Mitte September 2016 wurden nur an zwei Standorten außerhalb der Kleingartenanlage Larven von *Ae. albopictus* in sehr geringer Zahl nachgewiesen. Darüber hinaus registrierten aufmerksame Bürger einzelne Exemplare der Asiatischen Tigermücke an insgesamt vier unabhängigen Orten in Freiburg. Bis auf eine Ausnahme (s. u.) handelte es sich dabei um Einzelfunde. Bei sinkenden Tagestemperaturen waren im Verlauf des Oktobers 2016 keine Asiatischen Tigermücken mehr nachweisbar. Insgesamt wurden in der gesamten Saison bis Mitte Oktober 1.373 adulte *Ae. albopictus* abgesammelt. Dies entspricht einer Fangrate von 18 Adulten pro Falle und Saison. Im Vorjahr lag dieser Wert noch bei 73 Individuen und damit um ein Vierfaches höher.

Aufgrund von Hinweisen eines aufmerksamen Bürgers wurde Ende September 2016 eine weitere Population der Asiatischen Tigermücke in Freiburg im Stadtteil „Rieselfeld“ entdeckt (Abbildung 13). Dieser Stadtteil umfasst einen Siedlungsbereich von etwa drei Hektar und liegt

ca. 10 km Luftlinie von der Kleingartenanlage „Hettlinger“ entfernt. Die unmittelbar eingeleitete Kontrolluntersuchungen ergaben teilweise sehr hohe Larvendichten von bis zu 400 Larven pro Regentonne. Insgesamt waren 12 Regentonnen betroffen, die sich über 9 Grundstücke verteilten. Sämtliche Regentonnen wurden geleert und gründlich gereinigt. Einige Tonnen wurden komplett entfernt. Mit Hilfe von Stechmückenfallen wurden innerhalb von drei Wochen bis zum 20. Oktober 2016 noch insgesamt 20 adulte *Ae. albopictus* nachgewiesen.

Abbildung 13: Stadt Freiburg im Breisgau mit räumlicher Darstellung des Stadtteils „Rieselfeld“ und der Kleingartenanlage „Hettlinger“



Quelle: www.lgl-bw.de und OpenStreetMap, bearbeitet durch KABS e. V./GFS e. V.

4 Grundlegende Strategie zur Bekämpfung von Tigermücken

Die folgende Strategie wurde aufgrund der Erkenntnisse aus der Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Freiburg, aber auch von den anderen bekannten Standorten in Baden-Württemberg durch die Mitarbeiter der KABS/GFS erarbeitet:

- ▶ **Bekämpfung:** Regelmäßige, 14-tägliche Behandlung aller potenziellen Brutstätten von *Ae. albopictus* im bekannten Verbreitungsgebiet mit dem biologischen Wirkstoff *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i.*) in der Zeit von Mitte April bis Ende Oktober.
- ▶ **Aktives Monitoring:** Im Verbreitungsgebiet erfolgt eine Erfolgskontrolle durch Fallenfänge und/oder Anflugraten bzw. Larvenbeprobung (Container Index). Im angrenzenden Gebiet sollen in regelmäßigen, etwa 14tägigen Abständen stichprobenartig, aber räumlich flächendeckend potenzielle Brutstätten über die Saison hinweg kontrolliert werden, um mögliche Ausbreitungstendenzen frühzeitig zu erkennen.
- ▶ **Passives Monitoring:** Die Bewohner der Kommune sollen dahingehend sensibilisiert werden, exotische Stechmücken zu erkennen und diese Verdachtsfälle möglichst umgehend zu melden. Dadurch können neue, versprengte Populationen rasch erkannt und bekämpft werden.
- ▶ **Allgemeine Information der Bevölkerung:** Ein hoher Kenntnisstand führt i.d.R. zu einer höheren Akzeptanz der durchzuführenden Maßnahmen, was insbesondere die dringend erforderliche Begehung der Grundstücke betrifft. Darüber hinaus führt die Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich der Brutbiologie der Asiatischen Tigermücken zu einer grundsätzlichen Reduktion des Brutstättenangebots, was sich auch positiv auf die Reduktion anderer containerbrütende Arten, wie *Ae. japonicus* oder *Culex pipiens*, auswirkt.
- ▶ **Schulungen spezieller Gruppen:** Verantwortliche im Gesundheitsbereich, die zunehmend mit dem Thema Asiatische Tigermücke konfrontiert werden, sind umfassend zu informieren. Eine Schulung von Schädlingsbekämpfern hinsichtlich der fachlich korrekten Durchführung der Stechmückenmückenbekämpfung sollte angestrebt werden, um eine flächendeckende Bekämpfung neuer Ansiedlungen der Asiatischen Tigermücke gewährleisten zu können. Darüber hinaus werden Friedhofsbedienstete angeleitet, potenzielle Brutstätten auf den Friedhöfen zu entfernen (wie z. B. leere Grabvasen), nachdem zuvor ein Verbot diesbezüglich in die Friedhofsordnung aufgenommen wurde. Außerdem werden Pächter von Kleingartenanlagen darüber informiert, wie Brutstätten vermieden werden können. Kleingärten und Friedhöfe sind Massenbrutstätten, auf denen Tigermücken sehr schnell große Populationen aufbauen können.

Darüber hinaus empfiehlt das Umweltbundesamt (UBA) folgende weitere Maßnahmen, um einer Ausbreitung und Ansiedelung der Asiatischen Tigermücke in Deutschland entgegenzuwirken:

- ▶ Erweiterung bzw. Neuschaffung rechtlicher Bestimmungen in den Schädlingsbekämpfungsverordnungen der Bundesländer für die Bekämpfung von *Ae. albopictus*.
- ▶ Änderungen in Satzungen von z. B. Kleingartenkolonien und Friedhöfen, so dass in den Anlagen bei Auftreten von *Ae. albopictus* Zugang zu allen potentiellen Brutstätten der Stechmücken gewährleistet ist und damit eine effektive Bekämpfung möglich wird.
- ▶ Aus- und Fortbildungsangebote zur Durchführung von Bekämpfungsmaßnahmen gegen *Ae. albopictus* für die Berufsausbildung zum Schädlingsbekämpfer/zur Schädlingsbekämpferin.

5 Vergleichende genetische Untersuchungen großer *Ae. albopictus*-Populationen im Raum Baden-Württemberg

Neben den beiden Freiburger *Ae. albopictus*-Populationen in der Kleingartenanlage „Hettlinger“ und dem Stadtteil Rieselfeld wurden im Laufe des Jahres 2016 zwei weitere Populationen in Baden-Württemberg entdeckt. Diese traten weiter nördlich in den Städten Heidelberg und Sinsheim auf (Abbildung 14), wobei die Population in Heidelberg bereits im Herbst 2015 erstmalig bekannt geworden war.

Abbildung 14: Karte von Baden-Württemberg mit den Standorten Heidelberg, Sinsheim und Freiburg (rote Punkte).

Hier wurden größere Populationen von *Ae. albopictus* in den Jahren 2015 und 2016 nachgewiesen.



Quelle: www.lgl-bw.de und OpenStreetMap, bearbeitet durch KABS e. V./GFS e. V.

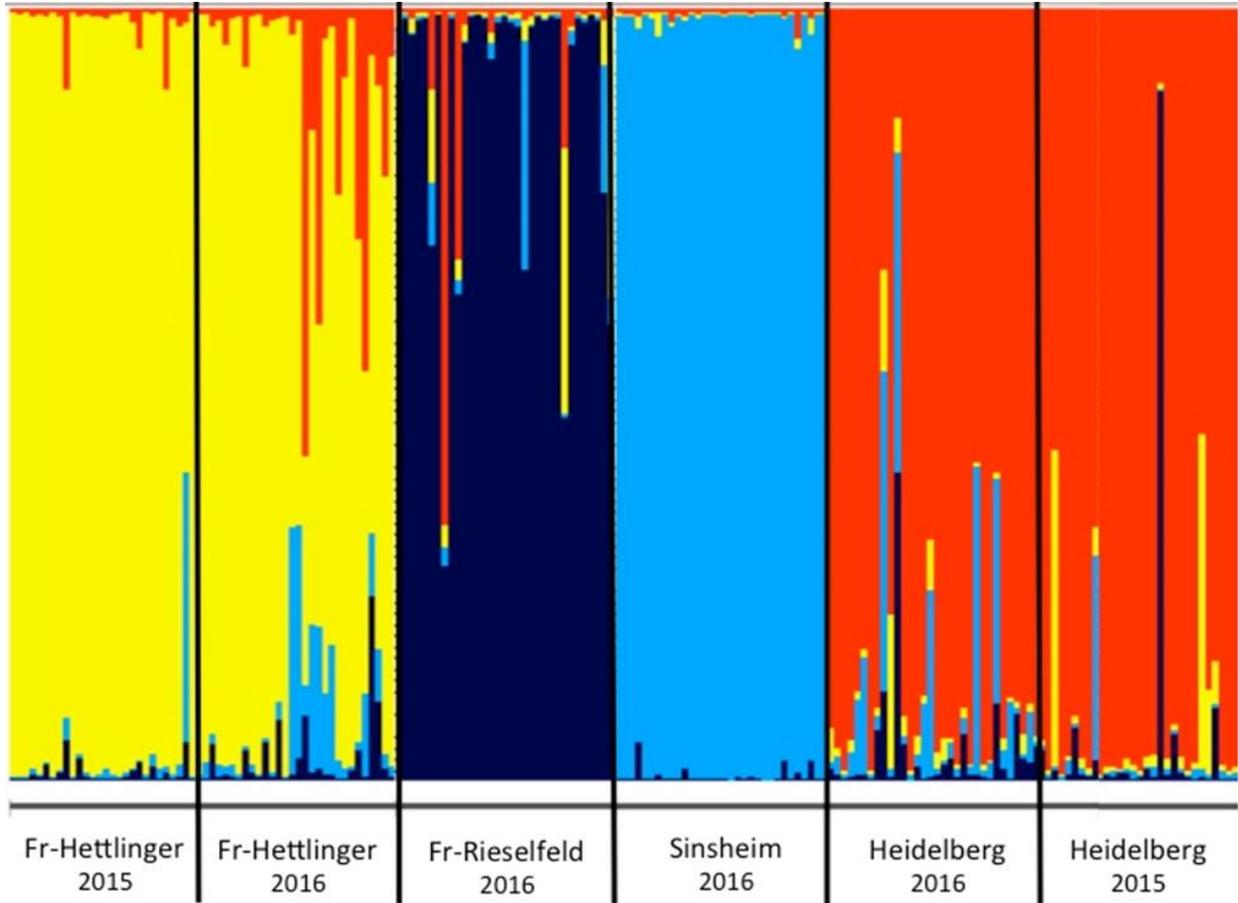
Grundsätzlich sind zwei ganz unterschiedliche Szenarien vorstellbar, die das verstärkte Auftreten von *Ae. albopictus* in Deutschland, relativ zeitgleich an mehreren Standorten und in geringer räumlicher Entfernung erklären. Zum einen könnte es sich an den verschiedenen Standorten um eigenständige, voneinander unabhängig eingeschleppte Populationen handeln, zum anderen könnte es bereits zu einer bisher unbemerkten großflächigen Ausbreitung von *Ae. albopictus* in Baden-Württemberg gekommen sein. Um dies zu klären wurden populationsgenetische Untersuchungen durchgeführt. Unter Verwendung sogenannter Mikrosatelliten wurde die genetische Verwandtschaft der einzelnen Populationen verglichen. Mikrosatelliten sind hoch variable (polymorphe) DNS-Abschnitte, die sich innerhalb weniger Generationen ändern können, so dass der Vergleich mehrerer solcher DNS-Abschnitte Hinweise liefert über den Grad der Verwandtschaft. Für die Untersuchungen wurden etwa 25 bis 30 adulte *Ae. albopictus*-Exemplare einer Population ausgewählt, wobei in jeder einzelnen Mücke insgesamt 16 verschiedene Mikrosatelliten analysiert wurden, die sich über das gesamte Genom verteilen (22, 23).

Insgesamt wurden *Ae. albopictus*-Individuen aus drei Städten und vier Standorten untersucht, namentlich die beiden Standorte in Freiburg (Kleingartenanlage „Hettlinger“ und Stadtteil Rieselfeld) sowie Heidelberg und Sinsheim. Von allen vier Standorten wurden Mücken aus dem Jahr 2016 analysiert. Zusätzlich wurden auch Exemplare aus Freiburg („Hettlinger“) und Heidelberg aus 2015 untersucht.

Die Ergebnisse der Mikrosatellitenanalysen und die Vergleiche der erzielten Muster von Mücken innerhalb und zwischen den Standorten waren eindeutig. Die Mikrosatellitenmuster an den einzelnen Standorten waren homogen, unterschieden sich aber deutlich zwischen den Standorten, so dass von unabhängigen Populationen auszugehen ist (Abbildung 15). Dies wird unterstützt durch den Vergleich der Mikrosatellitenmuster von Mücken aus 2015 und 2016. Sowohl in der Freiburger Kleingartenanlage „Hettlinger“ als auch am Standort Heidelberg waren die Populationsstrukturen in beiden Jahren an den jeweiligen Standorten nahezu identisch während sie sich zwischen den Standorten deutlich unterschieden (Abbildung 15). Dieses Ergebnis ist aber gleichzeitig ein starker Hinweis darauf, dass an beiden Standorten bereits Überwinterungen von *Ae. albopictus* stattgefunden haben, vermutlich in Form kälteresistenter Diapauseeier.

Abbildung 15: Genetische Populationsstruktur von vier *Ae. albopictus*-Kolonien aus Baden-Württemberg.

Von jedem der dargestellten vier Standorte wurden jeweils 25 bis 30 adulte *Ae. albopictus*-Exemplare aus den Jahren 2016 und zum Teil auch aus 2015 analysiert. Dabei wurden insgesamt 16 Mikrosatelliten jeder Mücke untersucht. Die starke Homogenität der Farben zeigt an, dass es sich an den vier Standorten um genetisch voneinander unabhängige Populationen handelt.



Quelle: eigene Darstellung, BNITM

6 Bedeutung des Auftretens von *Ae. japonicus* und *Ae. albopictus* in Deutschland für das Infektionsgeschehen

Das Risiko für die Transmission von Krankheitserregern durch Stechmücken ist von mehreren Faktoren abhängig, die ein komplexes Zusammenspiel von Vektor, Virus und Umweltbedingungen (insbesondere Temperatur) darstellen (24). Studien mit Stechmückenpopulationen aus anderen Ländern sind oftmals nicht einfach auf lokale Situationen übertragbar. Lokale Studien des BNITM konnten zeigen, dass die Stechmücken aus der in Freiburg etablierten Population der Asiatischen Tigermücke nicht in der Lage sind, das in Italien und anderen süd- und osteuropäischen Ländern zirkulierende West-Nil-Virus zu übertragen, wohl aber das tropische Zika-Virus. Signifikante Transmissionsraten konnten allerdings nur für relativ hohe Temperaturen von durchschnittlich 27 °C über mindestens zwei Wochen beobachtet werden. Solche Temperaturintervalle stellen bisher keine Relevanz für Deutschland dar (25). Für die Asiatische Buschmücke konnte dagegen gezeigt werden, dass Individuen aus Süddeutschland ebenfalls keine Vektorkompetenz für das West-Nil-Virus besitzen, wohl aber für das Japanische Enzephalitis Virus, allerdings auch nur bei Temperaturen von 25 °C über einen Zeitraum von mindestens 14 Tagen (26). Neben der Vektorkompetenz spielen auch die Populationsdichten der Vektoren eine entscheidende Rolle für das Risiko von Ausbrüchen. Eine aktuelle Studie für Italien konnte z. B. zeigen, dass diese sogar dort noch zu gering sind für die Zirkulation des Zika-Virus (27). Selbst wenn eine entsprechende Vektorkompetenz für exotische Viren nachgewiesen werden kann, sind die Populationsdichten für die Asiatische Tigermücke aktuell an den meisten in Deutschland nachgewiesenen Standorten gegenwärtig zu gering um eine epidemische Ausbreitung entsprechender Viren zu ermöglichen. Lediglich an dem Standort in der Kleingartenanlage „Hettlinger“ im Nordosten Freiburgs war die Situation im Sommer 2015 kritisch. Das Beispiel zeigt aber, dass durch regelmäßigen Eintrag (RoLa) unter günstigen klimatischen und ökologischen Bedingungen (Kleingartenanlage) auch in Deutschland kritische Populationsdichten für *Ae. albopictus* auftreten können. Warme Sommer, milde Winter, fehlende Bekämpfung und vermehrter Eintrag insbesondere durch Reise- und Güterverkehr sind hierfür wesentliche Risikofaktoren. Eine regelmäßige Erfassung möglicher neuer Standorte durch entsprechende Monitoringmaßnahmen und konsequente, möglichst frühzeitige Bekämpfungsmaßnahmen sollten daher für Deutschland fest etabliert werden, um kritischen Massenvermehrungen wie in Freiburg vorzubeugen (20).

Hierzu sind auch die von Seiten der Gesetzgebung vorhandenen rechtlichen Möglichkeiten durch die zuständigen Behörden konsequent zu nutzen, um Bekämpfungen im gebotenen Umfang effektiv durchführen zu können.

7 Quellenverzeichnis

7.1 Projektbezogene Publikationen

Das hier dargestellte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben hat zu einer Reihe neuer Erkenntnisse über die Einfuhr, Verbreitung und Kontrolle von *Ae. albopictus* in Deutschland geführt. Ein Großteil der Ergebnisse wurde bereits auf nationalen und internationalen Konferenzen einem breiteren Fachpublikum vorgestellt. Darüber hinaus ist die folgende Publikation in diesem Zusammenhang entstanden:

Becker N, Schön S, Klein A-M, Ferstl I, Kizgin A, Tannich E, et al. (2017): First mass development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)—its surveillance and control in Germany. *Parasitol Res. Mar*; 116 (3): S. 847–858.

7.2 Literaturzitate

1. 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. Mar 14* (1), S. 83–94.
2. Medlock JM, Hansford KM, Versteirt V, Cull B, Kampen H, Fontenille D, et al. (2015): An entomological review of invasive mosquitoes in Europe. *Bull Entomol Res. Dec 105* (06), S. 637–663.
3. 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 Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull. 15* (40), pii: 19677.
4. Gjenero-Margan I, Aleraj B, Krajcar D, Lesnikar V, Klobučar A, Pem-Novosel I, et al. (2011): Autochthonous dengue fever in Croatia, August-September 2010. *Euro Surveill Bull Eur Sur Mal Transm Eur Commun Dis Bull. 16* (9), pii: 19805.
5. Delisle E, Rousseau C, Broche B, Leparac-Goffart I, L'Ambert G, Cochet A, et al. (2015): Chikungunya outbreak in Montpellier, France, September to October 2014. *Eurosurveillance. Apr 30*; 20 (17): S. 21108.
6. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Rapid Risk Assessment: Cluster of autochthonous chikungunya cases in France – First update - 9 October 2017. Stockholm: ECDC; 2017. <https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/rapid-risk-assessment-clusters-autochthonous-chikungunya-cases-italy-first-update>
7. Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli AC, Panning M, et al. (2007): Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet. Dec 1*; 370 (9602): S. 1840–1846.
8. Venturi G, Di Luca M, Fortuna C, Remoli ME, Riccardo F, Severini F, et al. (2017): Detection of a chikungunya outbreak in Central Italy, August to September 2017. *Eurosurveillance* <http://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.39.17-00646> (Zugriff 08.08.2018).
9. Grandadam M, Caro V, Plumet S, Thiberge J-M, Souarès Y, Failloux A-B, et al. (2011): Chikungunya Virus, Southeastern France. *Emerg Infect Dis. May*; 17 (5): S. 910–913.
10. Tannich E. (2015): Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere: Importwege und Etablierung invasiver Mücken in Deutschland. Umweltbundesamt, editor. Vol. Umwelt & Gesundheit 09/2015. Dessau-Roßlau; 2015.
11. 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*: S. 88–102.
12. 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. Dec*; 37 (2): S. 462–465.

13. 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? Parasit Vectors [Internet] <http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/284> (Zugriff 08.08.2018).
14. Werner D, Kampen H. (2013): The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) towards northern Germany. Parasitol Res. Aug 24; 112 (10): S. 3665–3668.
15. Becker N, Geier M, Balczun C, Bradersen U, Huber K, Kiel E, et al. (2013): Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. Parasitol Res. 112: S. 1787–1790.
16. European Centre for Disease Prevention and Control (2012): Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Stockholm; [Luxembourg]: European Centre for Disease Prevention and Control; Publications Office [of the European Union]; <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/TER-Mosquito-surveillance-guidelines.pdf> (Zugriff 08.08.2018).
17. 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. Oct; 3 (5): S. 294–299.
18. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), European Food Safety Authority (EFSA), VectorNet: A European network for sharing data on the geographic distribution of arthropod vectors, transmitting human and animal disease agents. Stockholm: ECDC. <http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/VectorNet/Pages/VectorNet.aspx> (Zugriff 08.08.2018).
19. Albieri A, Carrieri M, Angelini P, Baldacchini F, Venturelli C, Zeo SM, et al. (2010): Quantitative monitoring of *Aedes albopictus* in Emilia-Romagna, Northern Italy: cluster investigation and geostatistical analysis. Bull Insectol. 63: S. 209–216.
20. Becker N, Schön S, Klein A-M, Ferstl I, Kizgin A, Tannich E, et al. (2017): First mass development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)—its surveillance and control in Germany. Parasitol Res. Mar; 116 (3): S. 847–858.
21. Pluskota B, Jöst A, Augsten X, Stelzner L, Ferstl I, Becker N. (2016): Successful overwintering of *Aedes albopictus* in Germany. Parasitol Res. Aug; 115 (8): S. 3245–3247.
22. Manni M, Guglielmino CR, Scolari F, Vega-Rúa A, Failloux A-B, Somboon P, et al. (2017): Genetic evidence for a worldwide chaotic dispersion pattern of the arbovirus vector, *Aedes albopictus*. Apperson C, editor. PLoS Negl Trop Dis. Jan 30; 11 (1):e0005332.
23. Beebe NW, Ambrose L, Hill LA, Davis JB, Hapgood G, Cooper RD, et al. (2013): Tracing the Tiger: Population Genetics Provides Valuable Insights into the *Aedes (Stegomyia) albopictus* Invasion of the Australasian Region. Rasgon JL, editor. PLoS Negl Trop Dis. Aug 8; 7 (8):e2361.
24. Zouache K, Fontaine A, Vega-Rúa A, Mousson L, Thiberge J-M, Lourenco-De-Oliveira R, et al. (2014): Three-way interactions between mosquito population, viral strain and temperature underlying chikungunya virus transmission potential. Proc R Soc B Biol Sci. Aug 13; 281 (1792):20141078–20141078.
25. Heitmann A, Jansen S, Lühken R, Leggewie M, Badusche M, Pluskota B, et al (2017): Experimental transmission of Zika virus by mosquitoes from central Europe. Eurosurveillance Jan 12; 22 (2). <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=22684> (Zugriff 08.08.2018).
26. Huber K, Jansen S, Leggewie M, Badusche M, Schmidt-Chanasit J, Becker N, et al. (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): S. 3195–3199.

27. Guzzetta G, Poletti P, Montarsi F, Baldacchino F, Capelli G, Rizzoli A, et al. (2016): Assessing the potential risk of Zika virus epidemics in temperate areas with established *Aedes albopictus* populations. Eurosurveillance Apr 14; 21 (15). <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=21446> (Zugriff 08.08.2018).