

Forschungsbericht KLIMOPASS

Untersuchungen zur Einschleppung,  
Ausbreitung und Bekämpfung des japanischen  
Buschmoskitos (*Ochlerotatus japonicus*)

VON N. Becker, D. Pluskota, T. Thin Oo und K. Huber

Umgesetzt mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und  
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

Dezember 2014

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
<b>KONTAKT</b>	Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, klimopass@lubw.bwl.de
<b>AUFTRAGGEBER</b>	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Forschungsprogramm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden- Württemberg (KLIMOPASS)
<b>BEARBEITUNG UND VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT</b>	Dr. Norbert Becker, Dr. Björn Pluskota, Dr. Thin Thin Oo, Katrin Huber Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung (GFS) e.V. Ludwigstr. 99, 67165 Waldsee
<b>BEZUG</b>	<a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a> ID Umweltbeobachtung U51-W03-N12
<b>STAND</b>	Dezember 2014, Internetausgabe Dezember 2014

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

	Seite
Inhaltsangabe	1
1. Allgemeine Einleitung	2
2. Die Verbreitung von <i>Ochlerotatus japonicus</i> in Baden-Württemberg	3
2.1. Einleitung	3
2.2. Material und Methoden	5
2.3. Ergebnisse	5
2.4. Diskussion	8
3. Bekämpfungsmethoden zur Eindämmung der Verbreitung von <i>Ochlerotatus japonicus</i>	10
3.1. Einleitung	10
3.2. Entwicklung von neuen Bekämpfungsmethoden im Rahmen des Forschungsprojektes	11
3.2.1. Einleitung	11
3.2.2. Material und Methoden	12
3.2.3. Ergebnisse	12
3.2.4. Diskussion	20
3.3. Erarbeiten von Bekämpfungsstrategien zur Implementierung von weitflächigen Bekämpfungsmaßnahmen	20
3.3.1. Einleitung	20
3.3.2. Material und Methoden	21
3.3.3. Ergebnisse	24
3.3.4. Diskussion	30
4. Zukünftige Aktivitäten	32
5. Danksagung	33
6. Literatur	33

## 1. Allgemeine Einleitung

Stechmücken haben sich im Laufe der Evolution über mehr als hundert Millionen Jahre an die Lebensbedingungen in vielen unterschiedlichen aquatischen Lebensräume angepasst, darunter die verschiedensten natürlichen und künstlichen Brutgewässer wie z.B. extrem temporäre Gewässer, die bei Hochwässern von Flüssen entstehen, aber auch viele Klein- und Kleinstgewässer, wie Wasserfässer, wassergefüllte Eimer, Blumenvasen, Vogeltränken, Gullys, Altreifen oder Baumhöhlen. Besonders die künstlichen Kleingewässer in menschlichen Siedlungen können Massenbrutplätze für in Containern brütende Stechmücken darstellen. Diese Mücken können nicht nur erhebliche Belästigungen erzeugen, sondern auch in weiten Teilen der Welt als wichtige Überträger von Krankheitserregern, wie Dengue-, West-Nil- oder Chikungunya-Viren in Frage kommen. Die Globalisierung in Verbindung mit dem zunehmenden internationalen Handel sowie die Mobilität der Menschen ist verantwortlich für die schnelle Verbreitung von Krankheitserregern und deren Vektoren, wie zum Beispiel in Containern brütende *Aedes/Ochlerotatus* Mücken. Unter ihnen sind die wichtigsten Arten: *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*, *Ochlerotatus japonicus*, *Oc. koreicus*, *Oc. triseriatus* und *Oc. atropalpus* (Becker et al. 2012). Die weltweite Ausbreitung dieser Mücken ist auf ihre spezifischen biologischen Eigenschaften zurückzuführen - insbesondere darauf, dass die Embryonen in den Eiern viele Monate und bei manchen Arten sogar einige Jahre im Trockenen überdauern können, ohne ihre Lebensfähigkeit zu verlieren. Sie können so z.B. mit Handelsgütern wie Altreifen, in denen die Eier in ihren Ursprungsländern abgelegt wurden, von einem Kontinent zum anderen transportiert werden. Diese exotischen Arten haben oft eine hohe Plastizität des Genoms, was es ihnen ermöglicht, sich schnell an die ökologischen Verhältnisse in ihren neuen Heimatländern anzupassen.

Ein weiterer Faktor, der die Ausbreitung von exotischen Mücken begünstigt, ist der fortschreitende Klimawandel. Weltweit steigende Temperaturen und die zunehmenden Starkregenereignisse fördern die Verbreitung und Etablierung von exotischen Stechmücken. In Deutschland sind in den vergangenen Jahren regelmäßig zwei exotische Stechmücken nachgewiesen worden: zum einen *Ochlerotatus japonicus*, der zunächst in Baden-Württemberg, später auch in Rheinland-Pfalz und Niedersachsen nachgewiesen wurde und zum anderen *Aedes albopictus* (Becker et al., 2011; Huber et al., 2012; Becker et al. 2013). Diese Art muss als bereits etablierte Art für Deutschland angesehen werden, da sie mindestens drei Generationen in ihrer neuen Umgebung hervorgebracht hat.

Die klimatischen Bedingungen in den Ursprungsländern von *Oc. japonicus* in Ostasien sind dem Klima in Europa ähnlich, was die Etablierung der Art in Deutschland begünstigte. Ihre wichtigsten Brutplätze sind neben natürlichen Baumhöhlen, künstliche Wasseransammlungen z.B. in Blumenvasen, Brunnen oder Regenfässern.

Der asiatische Tigermoskito *Ae. albopictus*, ist eine zweite exotische Art, die regelmäßig in Süddeutschland gefunden wird (Becker et al., 2013.). Sie wird regelmäßig aus dem mediterranen Raum, insbesondere aus Italien via Schweiz mit Fahrzeugen eingeschleppt. Im Rahmen eines Monitoring-Programmes entlang der A5 von Basel bis nach Hockenheim wurde sie erstmals 2007 im Eistadium in einer Eiablagefalle bei Weil am Rhein gefunden

(Pluskota et al., 2008). Im Rahmen eines nationalen Überwachungsprogrammes wurden 2012 und 2013 insgesamt 27 Imagines von *Ae. albopictus* in BG Sentinel Fallen gefangen bzw. weitere Eigelege in Eiablagefallen entlang der A5 in Baden-Württemberg sowie der A93 in Bayern nachgewiesen (Becker et al. 2013).

Offensichtlich werden Imagines von *Ae. albopictus* regelmäßig mit PKWs und LKWs von Italien bzw. der Schweiz nach Deutschland eingeführt. Eine begrenzte Vermehrung auch dieser Art bei günstigen klimatischen Bedingungen z.B. Wärmephasen in Verbindung mit Regenereignissen kann nicht ausgeschlossen werden.

Die Einschleppung von *Oc. japonicus* ist höchstwahrscheinlich auf die Einfuhr von Waren z.B. im Zusammenhang mit Zierpflanzen oder Blumenvasen aus dem südlichen Asien (China) zurückzuführen.

Das Verhindern der Etablierung von *Ae. albopictus* bzw. das Eindämmen von *Oc. japonicus* muss hohe Priorität haben, da beide Arten gute Vektoren von menschlichen Krankheitserregern, insbesondere von Arboviren (Arthropod-borne viruses), sind.

*Aedes albopictus* ist ein Vektor von mindestens 22 Arboviren, einschließlich Chikungunya-, Dengue-, West-Nil- und Gelbfieber-Viren sowie von *Dirofilaria immitis* (Hunde-Herzwurm) (Becker et al 2010). Es wird davon ausgegangen, dass die Asiatische Tigermücke auch bei der autochthonen Übertragung von Dengue-Viren in Europa, nämlich in Südfrankreich und Kroatien, sowie bei dem Ausbruch des Chikungunya-Fieber in Italien 2007 beteiligt war (Schmidt-Chanasit 2010; La Ruche et al., 2010; Gjenero - Margan et al., 2011). *Oc. japonicus* ist ein kompetenter Vektor von mehreren Arboviren, wie West-Nil (WN)-Virus und Japanische Enzephalitis (JE)-Virus, aber er kann auch St. Louis Enzephalitis-, Eastern Equine Enzephalitis- und La Crosse-Viren übertragen und gilt als eine bedeutende Gefahr für die Gesundheit der Menschen (Sucharit et al., 1989; Sardelis und Turell 2001; Sardelis et al., 2002a, 2002b, 2003).

Das Land Baden-Württemberg vertreten durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Karlsruhe, hat wegen der schnellen Ausbreitung und besonderen Bedeutung von *Oc. japonicus* für Baden-Württemberg eine Untersuchung zur Einschleppung, Ausbreitung und Bekämpfung des japanischen Buschmoskitos (*Ochlerotatus japonicus*) bei der GFS (Institut für Dipterologie) in Auftrag gegeben. Wegen der ungünstigen Witterung im Frühjahr 2013 wurde der Vertrag bis Ende November 2013 kostenneutral verlängert.

## **2. Die Verbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg**

### **2.1. Einleitung**

Seit dem ersten Auftreten von *Oc. japonicus* in Europa im Jahr 2000, wurde die Art in Belgien, der Schweiz und in Deutschland nachgewiesen. Nach der Entdeckung von *Oc. japonicus* entlang des deutschen Grenzgebietes zur Schweiz, wurde ein Larvenmonitoringprogramm initiiert, welches 155 Gemeinden im Südwestdeutschenraum einschloss. Aufgrund von vereinzelt Nachweisen der Art im Großraum Stuttgart, wurde im

Jahr 2011 das Larvenmonitoringprogramm auf das gesamte Bundesland Baden-Württemberg ausgedehnt. Dieses ausgeweitete Larvenmonitoring ergab eine insgesamt von *Oc. japonicus* besiedelte Fläche von rund 5,500 km<sup>2</sup> (Abb. 1).

Um eine mögliche weitere Ausbreitung der Art in Baden-Württemberg zu dokumentieren und weiteren Ausbreitungstendenzen einschätzen zu können, wurde innerhalb der vorliegenden Untersuchung das Larvenmonitoring auf Friedhöfen für weitere zwei Jahre durchgeführt.

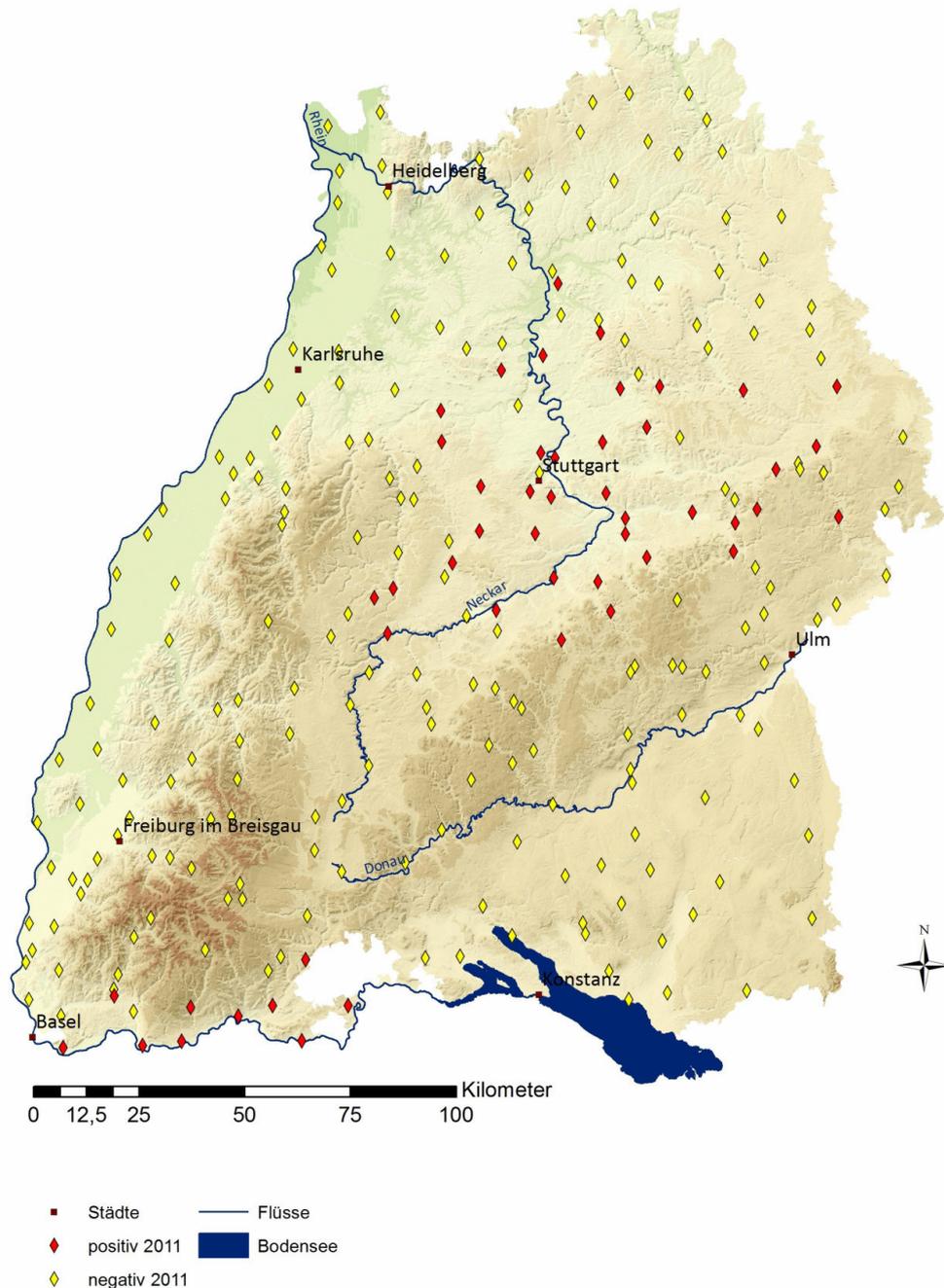


Abb.1: Verbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg im Jahr 2011

## 2.2. Material und Methoden

Schon bei der ersten großflächigen Untersuchung im Jahr 2011 wurde die gesamte Kartenfläche Baden-Württembergs mit einer Rasterkarte in 260 Raster, mit je 100 km<sup>2</sup> unterteilt. In den Jahren 2012 und 2013 wurde innerhalb eines jeden Rasters mindestens ein Friedhof auf vorhandene aquatische Stadien von *Oc. japonicus* überprüft. Schon in vorangegangenen Studien erwiesen sich Friedhöfe als sehr geeignet, um *Oc. japonicus* in neuen Gebieten erstmals nachzuweisen. Um eine mögliche Ausbreitung der Art besser einschätzen zu können, wurden alle im Jahr 2011 untersuchten 291 Gemeinden auch wieder im Jahr 2012 untersucht.

Durch eine Beprobung der Friedhöfe von Mitte Juli bis Mitte September, wurde sichergestellt, dass eventuell vorhandene Populationen möglichst hohe Populationsdichten aufweisen. Ein Friedhof wurde als negativ bezeichnet, wenn keine Eier oder Larvenstadien von *Oc. japonicus* in mindestens 30 wassergefüllte Gefäße eines Friedhofs gefunden werden konnten. Falls ein als negativ gewerteter Friedhof am Rande des bisher aufgedeckten Verbreitungsgebietes lag, wurden weitere umliegende Friedhöfe des selben und des angrenzenden Rasters untersucht.

Alle gefundenen Larven und Puppen wurden im Labor bis zum Imagines-Stadium herangezogen und auf die Art bestimmt.

## 2.3. Ergebnisse

Insgesamt konnten im Jahr 2012 auf 38 % der 295 untersuchten Friedhöfe Larven oder Puppen von *Oc. japonicus* nachgewiesen werden. Mit einem gesamten Verbreitungsgebiet von 11.200 km<sup>2</sup> bedeutet dies eine Verdoppelung der besiedelten Fläche gegenüber dem Vorjahr (Abb. 2 und Abb. 3).

So konnten in allen 54 im Jahr 2011 positiv gewerteten Gemeinden auch im Jahr 2012 Larven oder Puppen von *Oc. japonicus* nachgewiesen werden. Zusätzlich wurde im Jahr 2012 noch in weiteren 70 Gemeinden Baden-Württembergs der Positivnachweis für die Art erbracht.

Die noch im Jahr 2011 klar erkennbaren Verbreitungsschwerpunkte um Stuttgart und in Südbaden waren nicht mehr deutlich zu erkennen, da sich die Art entlang des Schwarzwaldes ausgebreitet hat. Ebenfalls kam es zu einem ersten Auftreten von *Oc. japonicus* an mehreren Orten entlang der Donau und am Bodensee. Wie im Jahr 2011 waren auch im Jahr 2012 die Larvendichten im Stuttgarter Raum deutlich höher als im Grenzbereich zur Schweiz.

Im Jahr 2013 konnten gegenüber dem Vorjahr nur ein minimaler Flächenzuwachs von rund 500 km<sup>2</sup> verzeichnet werden. Insgesamt kam es aber nur zu leichteren Fluktuationen an den Rändern des Verbreitungsgebietes, so dass der Gesamteindruck der Verbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg aus dem Jahr 2012 erhalten blieb.

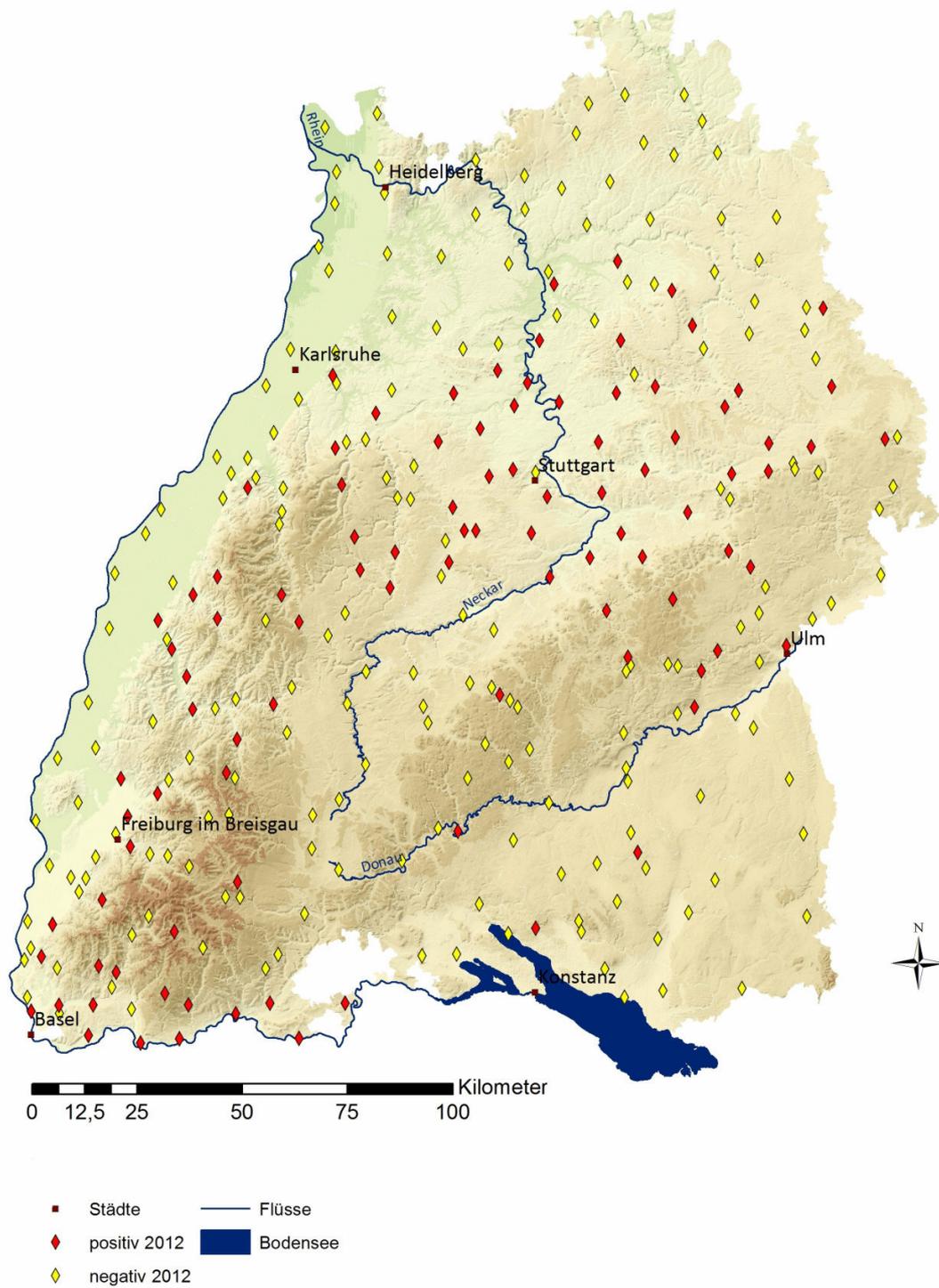


Abb. 2: Verbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg im Jahr 2012

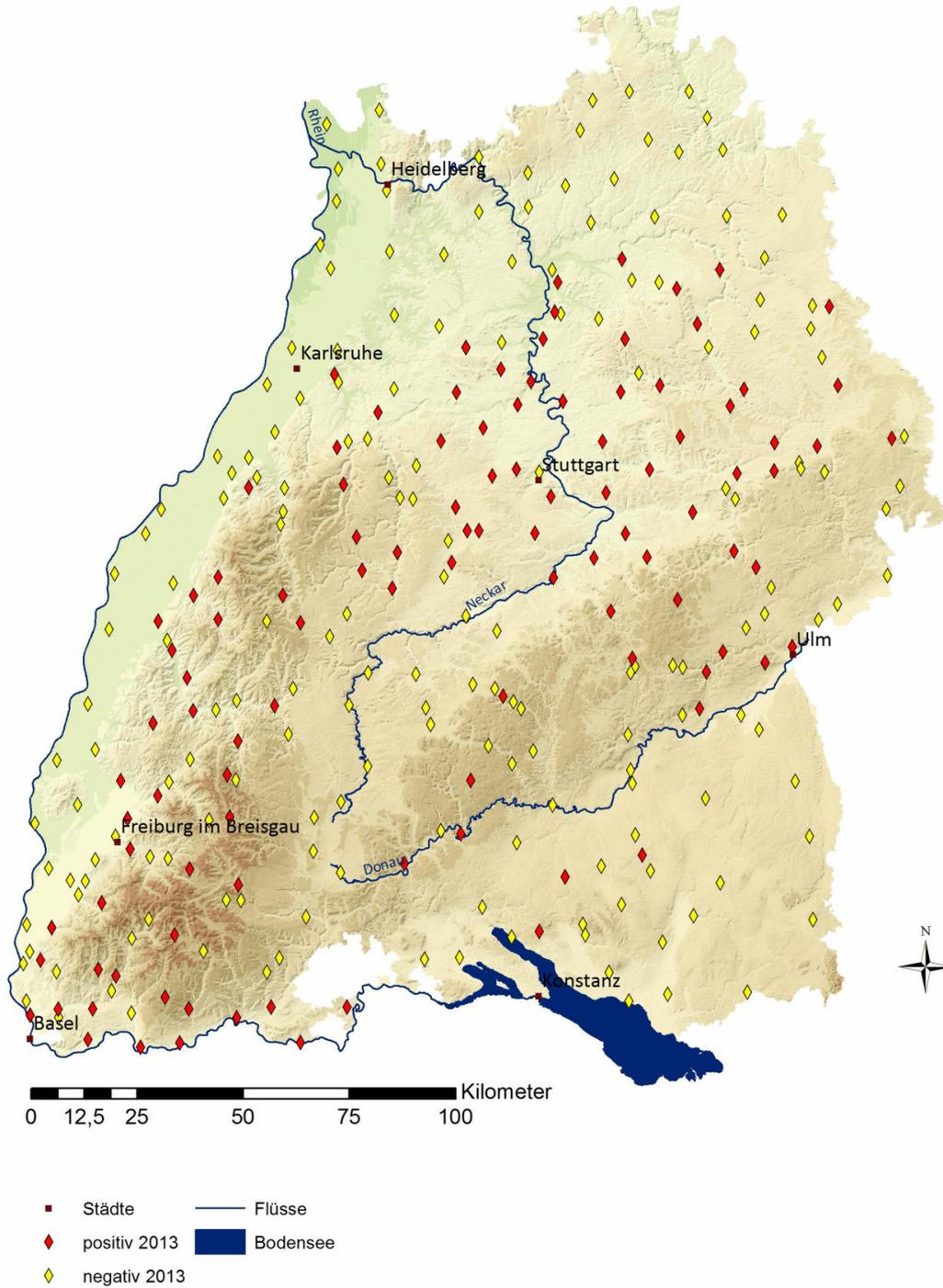


Abb. 3: Verbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg im Jahr 2013

## 2.4. Diskussion

Der sprunghafte Anstieg der Verbreitungsfläche von *Oc. j. japonicus* in Baden-Württemberg von 2011 auf 2012 betrug etwa 5.800 km<sup>2</sup>. Auffällig ist hierbei, dass der Zugewinn an besiedelter Fläche sich zwar auch rund um die bereits vorhandenen Hotspots im Stuttgarter Raum und nahe der Schweizer Grenze, aber vor allem über den nahezu kompletten Schwarzwald erstreckt. Im Folgejahr betrug die Größe der neubesiedelten Fläche nur etwa 500 km<sup>2</sup>. Von 2010 auf 2011 verringerte sich die Größe der besiedelten Fläche Nahe der Schweizer Grenze sogar um etwa 1.000 km<sup>2</sup> (Huber et al., 2012). Da es sich bei *Oc. j. japonicus*, anders als bei anderen invasiven Spezies wie z.B. *Ae. albopictus*, um eine eher kältetolerante Art handelt (Pluskota, 2011; Scott, 2003), spielen die Temperaturen der untersuchten Jahre für die Ausbreitung der Art in den letzten Jahren wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle. Ein weiterer Unterschied zu *Ae. albopictus* scheint zu sein, dass auch ausbleibende Niederschläge die Art durch ihre außerordentliche hohe Flexibilität in der Auswahl von Brutstätten (Tanaka et al., 1979) nicht zu beeinträchtigen scheinen (Alto & Juliano, 2001). Das Frühjahr des Jahres 2012, in welchem sich die Verbreitungsfläche verdoppelte, war außergewöhnlich trocken (Bissolli et al., 2012), im Folgejahr, welches nur einen Zuwachs von 500 km<sup>2</sup> brachte, lieferte der Frühling mit ungewöhnlich vielen Niederschlägen (DWD, 2013) eigentlich beste Voraussetzungen für die Verbreitung der Mücke.

Eine Erklärung für das plötzliche Auftreten der Art entlang des kompletten Schwarzwaldes könnte auch die Auswahl der Methode darstellen. Diese ist darauf ausgelegt eine relativ große Fläche (etwa 35.000 km<sup>2</sup>) abzudecken, um Eindrücke von der Verbreitung der Mücke zu erhalten. Die Anzahl untersuchter Gefäße pro Gemeinde ist daher relativ gering gehalten, um den Arbeitsaufwand der Größe der Fläche anzupassen. Hierbei ist es möglich, dass Gemeinden als falsch negativ ermittelt wurden, wenn die Dichte der Larven so gering war, dass sie mit der Methode nicht detektiert werden können. Es scheint also auch ein mögliches Szenario zu sein, dass der Schwarzwald bereits von 2012 besiedelt war, die Larvendichten in diesen Jahr aber erst die Detektionsgrenze überschritten haben. Sollte dies der Fall sein, verbreitet sich *Oc. j. japonicus* in Baden-Württemberg nur mit geringer Geschwindigkeit, was in krassem Gegensatz zur Verbreitungsgeschwindigkeit der Spezies in den USA steht. Dort besitzen die Ausbreitungsraten ähnliche Ausmaße wie die von *Ae. albopictus* (Moore, 1999). In Belgien jedoch wird *Oc. j. japonicus* bereits seit mehreren Jahren regelmäßig in der Umgebung zweier Gebrauchtreifen-Händler gefunden, scheint sich aber nicht auszubreiten (Versteirt et al., 2009).

Die langsamere Ausbreitung könnte damit zusammenhängen, dass die Verbreitung in Baden-Württemberg hauptsächlich durch aktiven Flug der Mücke erfolgt und die Spezies nur relativ geringe Entfernungen überbrücken kann (Tanaka et al., 1979). Eine Ausnahme stellen hier wahrscheinlich die Gemeinden nördlich des Bodensees dar, in denen in den Jahren 2012 und 2013 *Oc. j. japonicus* Larven gefunden wurden, da diese nicht direkt an das besiedelte Gebiet anschließen. Hier fand wahrscheinlich passiver Transport durch den Menschen statt. Hierfür gibt es zwei Haupt-Transportmechanismen: Entweder durch den Transport adulter Tiere in Kraftfahrzeugen (Pluskota, 2011) oder durch die Verschleppung der austrocknungsresistenten Eier (Lounibos, 2002).

Geht man von diesen geringen Ausbreitungsraten aus, ist es wahrscheinlich, dass die Art schon geraume Zeit vor dem ersten publizierten Fund im Jahre 2007 von Schaffner et al. in Baden-Württemberg angesiedelt war. Zur Jahrtausendwende wurde die Spezies sowohl in Nord-Amerika (Peyton et al., 1999) als auch in Europa (Schaffner et al., 2003) entdeckt. Möglicherweise ist *Oc. j. japonicus* zu dieser Zeit auch schon nach Baden-Württemberg verschleppt worden.

Da in Baden-Württemberg nur im Oberrheingebiet ein regelmäßiges Monitoring durchgeführt wird und die Art nicht dort auftaucht ist ein längeres, unbemerktes Vorhandensein der Art durchaus möglich. Denn anders als *Ae. albopictus* ist *Oc. j. japonicus* nicht auf das außergewöhnlich milde Klima angewiesen, die den Oberrheingraben zur Eintrittspforte tropischer Spezies macht (Liedke & Marcinek, 2002; Scott, 2003; Pluskota, 2011). Auch als Lästling tritt diese Art nicht unbedingt auf, da sie den Mensch nicht hartnäckig verfolgt und sich leicht vertreiben lässt (Tanaka et al., 1979).

Doch auch wenn die Anwesenheit *Oc. j. japonicus* nicht auffällt, das Monitoring der letzten Jahre hat gezeigt, dass die besiedelte Fläche wenn auch langsam, so doch stetig wächst und die Larvendichte zunimmt. Gerade in einem Ballungsraum wie Stuttgart mit etwa 2,8 Millionen Einwohnern birgt es gewisse gesundheitliche Risiken, wenn sich ein Vektor für zahlreiche Viren immer weiter verbreitet. Dass ungünstiges Zusammentreffen von eingeschleppten Viren und Vektoren massive Folgen haben kann, zeigte der Chikungunya-Ausbruch in Ravenna, Italien im Jahr 2007 (Angelini et al., 2007). Hier wurde das Virus durch einen Mann aus Indien nach Italien gebracht und von der sich dort seit 1991 ausbreitenden Art *Ae. albopictus* (Dalla Pozza et al., 1992) übertragen. Etwa 150 Menschen wurden infiziert (Bonilauri et al., 2008). Daher ist es wichtig, auch in den folgenden Jahren die Ausbreitung der Spezies zu beobachten, um im Falle der Einschleppung von Viren sofort mit entsprechenden Bekämpfungsmaßnahmen reagieren zu können.

Erstaunlich ist die schnelle Ausbreitung von *Oc. japonicus* über ein Areal in Baden-Württemberg, das mehr als 5000 km<sup>2</sup> umfasst. Man kann dies nicht mit einer aktiven Ausbreitung erklären, obwohl auffallend ist, dass die Ausbreitung entlang von bewaldeten Gebieten erfolgt und offensichtlich Waldbereiche schneller besiedelt werden als offene Flächen oder sogar Siedlungsbereiche (siehe Kapitel 3.3). Es ist wahrscheinlicher, dass die Ausbreitung über den Warenhandel geschieht. Es könnten Waren sein, wie z.B. Friedhofsvasen oder andere Utensilien, die Eier von *Oc. japonicus* enthalten und die aus China eingeführt werden. Es wird in den kommenden Monaten mit den IHKs Kontakt aufgenommen, um diese Frage der zu klären. Auffallend ist auch, dass es zunächst zwei getrennte Populationen gab. Die Population im Süden Baden-Württembergs bei Lörrach und eine Population bei Stuttgart. Es deutet daraufhin, dass hier zwei getrennte Einschleppungswege existieren. Populationsgenetische Untersuchungen, die am Bernhard-Nocht-Institut vorgenommen werden, sollen dies klären.

### 3. Bekämpfungsmethoden zur Eindämmung der Verbreitung

#### von *Ochlerotatus japonicus*

#### 3.1. Einleitung

Traditionell umfassen Bekämpfungsmaßnahmen gegen Stechmücken physikalische, biologische und chemische Methoden, wobei insbesondere bei der Bekämpfung von in Containern brütenden Stechmücken die Unterstützung der Bevölkerung eingefordert werden muss. Seltener werden genetische Methoden eingesetzt (Becker et al. 2010).

**Physikalische Bekämpfungsmaßnahmen** umfassen:

- a) **Umweltmanagement**, d.h. Umweltsanierung wie Beseitigen unnötiger Brutplätze unter Beteiligung der Bevölkerung; Umwelt-Modifikation z.B. die Modifikation von Brutplätzen z.B. durch Abdecken der Container mit Deckeln oder Netzen, um die Eiablage zu verhindern; wöchentliches Entleeren von Wasseransammlungen, wie z.B. Vogeltränken, um die Entwicklung der Stechmücken zu unterbinden; Lagerung von Altreifen unter Dächern, damit sich kein Regenwasser ansammeln kann; Regenrinnen und Gullys so konzipieren, dass kein stehendes Wasser entsteht; Baumhöhlen können mit Sand oder Zement aufgefüllt werden.
- b) **Letale Eiablagefallen**: es können letale Eiablagefallen aufgestellt werden, die z.B. Klebfolien enthalten, an denen die Mücken beim Versuch der Eiablage kleben bleiben oder das Wasser kann mit Insektiziden behandelt werden (z.B. Wachstumshormone oder BTI), damit die Eiablage stattfinden kann, jedoch keine Entwicklung zum Fluginsekt möglich ist. Es können Gefäße mit Kupfereinlagen verwendet werden, die die Nachkommen sukzessive abtöten (siehe folgendes Kapitel);
- c) **Einsatz von Styroporkügelchen oder Oberflächenfilmen** z.B. Lezithinfilme (Liparol), damit die Entwicklungsstadien nicht Atmen können;
- d) **Reduktion des Kontaktes zwischen Mensch und Stechmücken** z.B. durch die Verwendung von geeigneten Kleidern, Bettnetzen, imprägnierten Vorhängen.

**Biologische Bekämpfungsmaßnahmen** beruhen vor allem auf mikrobiellen Bekämpfungsmitteln (B.t.i. und B.sp. oder kombinierte Produkte, wie VectoMax), Wachstumshormone (IGRs-Chitinsynthesehemmer oder Juvenilhormone) und nicht zuletzt auf dem Einsatz von Fressfeinden wie Kleinkrebsen (Copepoda) oder Fischen. Bei der Applikation von Culinex-Bti-Tabletten können über einen Zeitraum von mehreren Wochen die Larven der Mücken in Containern abgetötet werden (Kröger et al., 1996; Becker et al., 1991). Die Brausetabletten werden vor Gebrauch mit Gamma-Strahlung (Cobalt-60) sterilisiert, so dass nur die Protein-Kristalle als Wirkstoff und keine Bakteriensporen oder lebensfähige Bakterien ausgebracht werden. Diese Methode wird auch von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlen (Becker, 2002). Eine andere neue vielversprechende Entwicklung stellt die kombinierte Formulierung von *Bacillus thuringiensis israelensis* und *Lysinibacillus sphaericus* (VectoMax®) dar, die eine zusätzliche Langzeitwirkung erbringt.

**Chemische Bekämpfung.** Sie sollte nur ergänzend zum Umweltmanagement mit der Beteiligung der Bevölkerung oder zur biologischen Kontrolle angewendet werden, wenn die Gefahr der Etablierung einer exotischen Art oder die Übertragung von Krankheiten auf Menschen droht. (WHO 2009). Neben biologischen Produkten wie B.t.i. Formulierungen können chemische Erzeugnisse (IGR), wie Methopren, Diflubenzuron oder Pyriproxifen zur Larvenbekämpfung angewendet werden. Das Versprühen von Adultiziden, insbesondere von Pyrethroiden (z.B. Permethrin, Deltamethrin, Alpha-Cypermethrin und Lambda-cyhalothrin) sollte nur in Notfällen praktiziert werden (Reiter und Nathan 2001).

**Genetische Kontrolle** (z.B. Sterile-Insekten-Technik, SIT), diese Technik beruht darauf, dass Mückenweibchen monogam sind und nur einmal kopulieren. Wird das Spermium von genetisch manipulierten männlichen Tieren übertragen, so produzieren die Weibchen keine lebensfähigen Nachkommen. Häufig werden die männlichen Puppen mit Gammastrahlung behandelt, so dass es zu Chromosomendefekten kommt, die auf die Nachkommen übertragen werden. Diese Methoden sind noch in der Entwicklung (Benedikt und Robinson 2003; Bellini 2005; Bellini et al., 2007).

### 3.2. Entwicklung von neuen Bekämpfungsmethoden im Rahmen des Forschungsprojektes

#### 3.2.1. Einleitung

Während der Überwachungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Verbreitung von *Oc. japonicus* wurde festgestellt, dass nie Mückenlarven in Kupfervasen auf Friedhöfen, jedoch meist in Plastik- oder Glasvasen gefunden werden konnten. Diese Beobachtung bestätigt die Ergebnisse von Romi et al. 2001, die in Kupfervasen eine Verlängerung der Larvenentwicklung feststellen konnten. Kupferformulierungen sind seit mehr als hundert Jahren als effektive Fungizide z.B. im Weinanbau bekannt. Kupfer ist ein wichtiges Spurenelement und für Menschen in niedrigen Dosierungen nicht toxisch. Die WHO erlaubt Kupferkonzentrationen im Trinkwasser bis 2 ppm.

In dieser Studie sollte die Wirksamkeit von Kupfer zur Bekämpfung von in Containern brütenden Mücken, wie *Oc. japonicus*, *Cx. pipiens/torrentium* und *Ae. aegypti*, getestet und die Verwendung von Kupfermünzen bzw. Kupfersprays für den praktischen Einsatz geprüft werden, um die Ausbreitung von exotischen Stechmücken, wie *Oc. japonicus* und *Ae. albopictus* einzudämmen.

### 3.2.2. Material und Methoden

In einer Reihe von Experimenten wurde die Wirkung von Kupfer und anderen Metallen auf die Entwicklung von *Cx. pipiens* s.l., *Ae. aegypti* und *Oc. japonicus* untersucht. Vor allem sollte die Wirkung von unterschiedlichen Kupferkonzentrationen, die durch die Beigabe von 1 Euro Cent (Gewicht: 2,3 Gramm, Oberfläche: 2,8 cm<sup>2</sup>), 5 Euro Cent (Gewicht: 3,9 ± 0,1 Gramm, Oberfläche: 8,3 cm<sup>2</sup>) sowie Kupferrohren (Gewicht: 8,26 ± 0,8 Gramm, Oberfläche: 19,43 cm<sup>2</sup>) in mit 750 ml Wasser gefüllten Standardfriedhofsvasen getestet werden. Zur Vereinfachung der Anwendung wurde auch ein Kupferspray in die Versuchsreihen mit einbezogen, mit dem die Innenwand der Vasen gleichmäßig besprüht wurde. Die Versuche wurden alle in einem klimatisierten Raum vorgenommen (T: 25°C; Luftfeuchte: 80%; Hell-Dunkel Phase: 16-8 Std.).

### 3.2.3. Ergebnisse

**Serie 1:** Jeweils fünf Kupfer-, Glas- und Kunststoff-Becher wurden mit je 28 ml Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: pH 70 µs) gefüllt. In jedes Gefäß wurden 20 Zweitlarven von entweder *Cx. pipiens* s.l. oder *Ae. aegypti* in je 2 ml Wasser zugesetzt. Eine Spatelspitze Tetra-TabiMin (pulverisiertes Jungfischfutter) diente als Nahrungsquelle. Die Mortalität wurde nach 24, 48, 72 und 96 Stunden durch Zählen der toten Larven bestimmt.

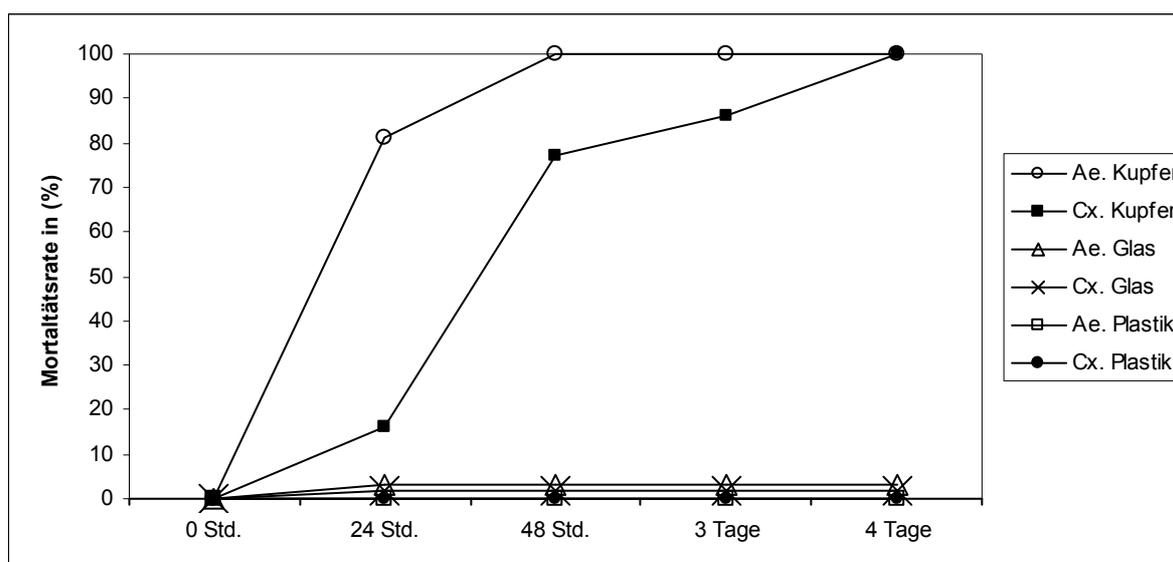
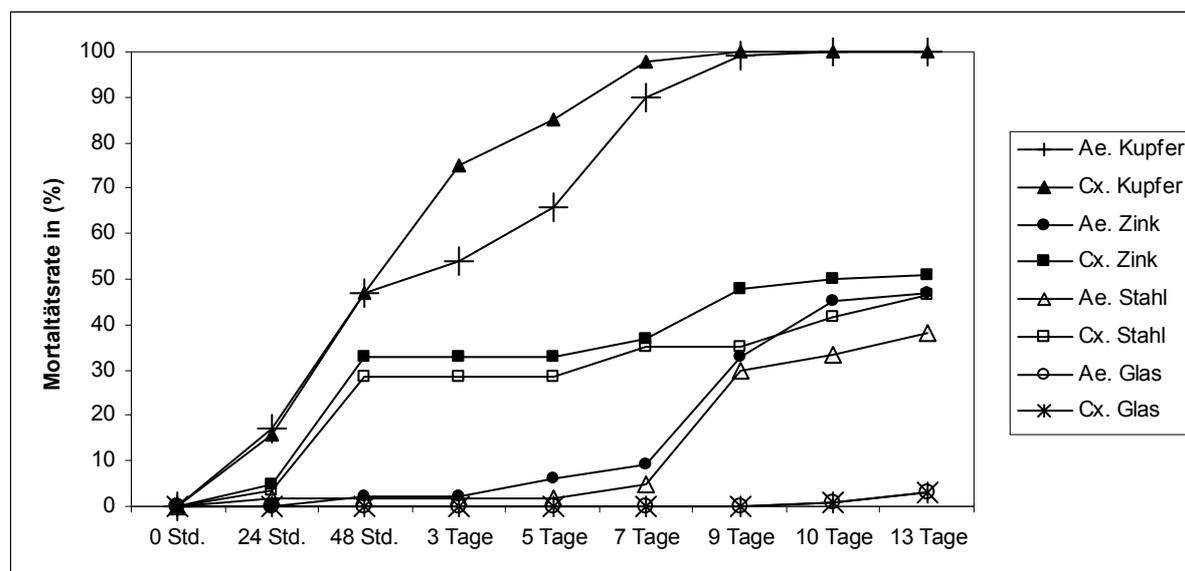


Abb. 4: Effekt von Kupfer-, Glas- und Plastik-Gefäßen auf die Mortalität von Larven der Arten *Ae. aegypti* und *Cx. pipiens*.

**Ergebnis:** In diesem Experiment zeigte sich deutlich, die starke mosquitozide Wirkung von Kupfer. In dem reinen Kupfergefäß starben nach 24 Std. bereits 81% der *Ae. aegypti*-Larven und nach 48 Std. waren alle Larven abgestorben. Die *Culex*-Larven erwiesen sich als etwas weniger sensibel. Die Mortalität lag bei 16%, 77%, 86% und 100 % nach 24, 48, 72 und 96 Stunden (Abb. 4). In den Glas- und Plastikgefäßen betrug die Mortalität weniger als 5% nach 4 Tagen.

**Series 2:** Jeweils fünf Kupfer-, Stahl-, Zink- und Glasbecher wurden mit je 38 ml Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: pH 70  $\mu$ s) gefüllt und je 20 Zweitlarven von entweder *Cx. pipiens* s.l. bzw. *Ae. aegypti* in je 2 ml Wasser eingesetzt. Eine kleine Menge Tetra - TabiMin diente als Nahrungsquelle. Die Mortalität wurde 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10 und 13 Tagen durch Zählen der toten Larven bestimmt.

**Ergebnis:** In den Kupfergefäßen waren alle Larven beider Spezies nach 10 Tagen abgestorben. In derselben Zeitspanne starben in den Zinkgefäßen 45% der *Culex*-Larven und 50% der *Aedes*-Larven, in den Stahlgefäßen 33,3% der *Culex*- und 41,6% der *Aedes*-Larven. In den Glasgefäßen lag die Mortalität lediglich bei 1% für beide Gattungen (Abb. 5).



.Abb. 5: Vergleich von Kupfer-, Zink- und Stahlgefäßen auf die Mortalität von in Containern brütenden Stechmücken (*Ae. aegypti* und *Cx. pipiens*).

**Serie 3:** Zwanzig Glasgefäße wurden jeweils mit 38 ml Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: 70  $\mu$ s). In jeweils 10 Gefäße wurden je 20 Zweitlarven von *Cx. pipiens* s.l. bzw. von *Ae. aegypti* in jeweils 2 ml Wasser eingesetzt. Die Tests wurden in zwei Reihen vorgenommen: Reihe 1: In 10 Glasgefäße wurde jeweils eine 5 Cent Münze ohne Klebstoff hinzugefügt und in Reihe 2 wurden in 10 Glasgefäßen jeweils eine 5 Cent Münzen mit Klebstoff am Gefäßboden fixiert. Danach wurden in jeweils 5 Gefäßen ohne Fixierung mit Klebstoff entweder jeweils 20 Zweitlarven von *Cx. pipiens/torrentium* oder *Ae. aegypti* eingesetzt. Ebenso wurden in die Glasgefäße mit den mit Klebstoff fixierten Münzen jeweils 20 Zweitlarven von *Culex* und *Aedes* eingesetzt. Es sollte dadurch die Möglichkeit getestet werden, ob man den Verlust der Münzen beim Ausgießen der Vasen durch Fixierung der

Münzen mit Klebstoff vermeiden kann. Die Larven wurden mit einer kleinen Menge TetraTabimin gefüttert. Die Mortalität wurde nach 1, 2, 3, 5, 7 und 10 Tagen bestimmt.

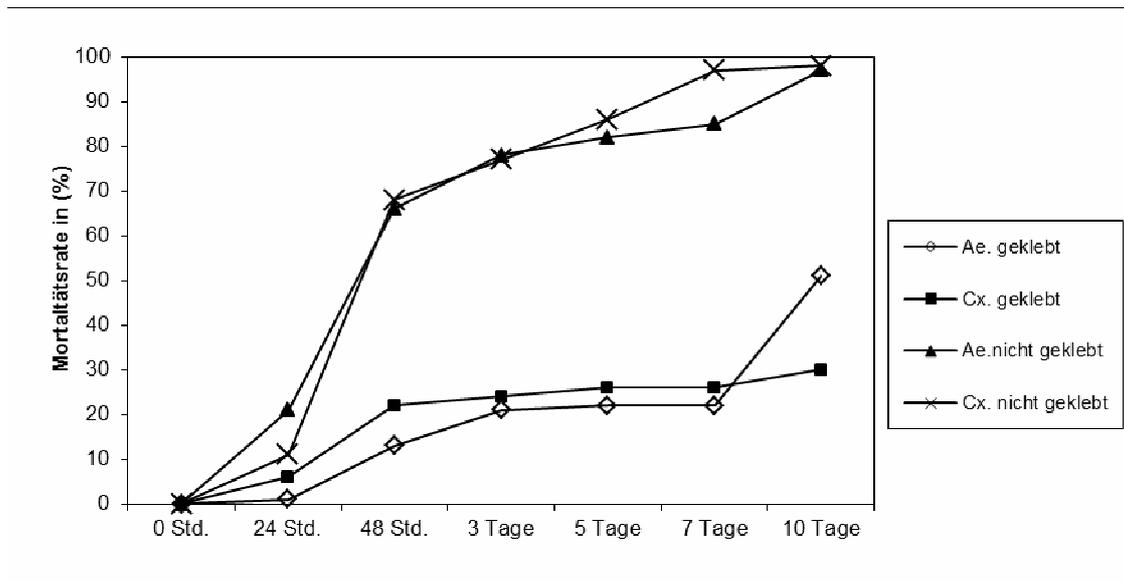


Abb. 6: Der Effekt von Klebstoff zur Fixierung von Kupfermünzen auf die Mortalität von *Ae. aegypti* und *Cx. pipiens*-Larven

**Ergebnis:** In den Gefäßen mit Klebstoff war die Mortalität deutlich geringer, als in den Gefäßen, in denen die Münzen frei am Boden lagen. Nach 10 Tagen betrug sie 97-98%, wenn die Münzen nicht festgeklebt waren und lediglich 30 – 51% in den Gefäßen mit angeklebten Münzen (Abb. 6)

**Series 4:** In dieser Testserie wurden grüne Standard-Friedhofsvasen verwendet. 30 Vasen wurden jeweils mit 750 ml Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: 70µS) gefüllt. Danach wurden in 10 Vasen jeweils 20 Zweitlarven von *Aedes aegypti* gesetzt, jeweils in 5 Vasen wurde je eine Cent Münze und die verbleibenden 5 Vasen mit *Aedes aegypti* jeweils eine 5 Cent Münze eingebracht. Der gleiche Ansatz wurde mit *Culex*-Larven vorgenommen. In alle mit Larven besetzte Gefäße wurde jeweils eine Spatelspitze TetraTabimin als Nahrung gegeben. Jeweils 5 Gefäße mit je 20 Zweitlarven von *Culex* und *Aedes* dienten als Kontrolle. Die Mortalitätskontrollen wurden nach 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13 und 15 Tagen durchgeführt.

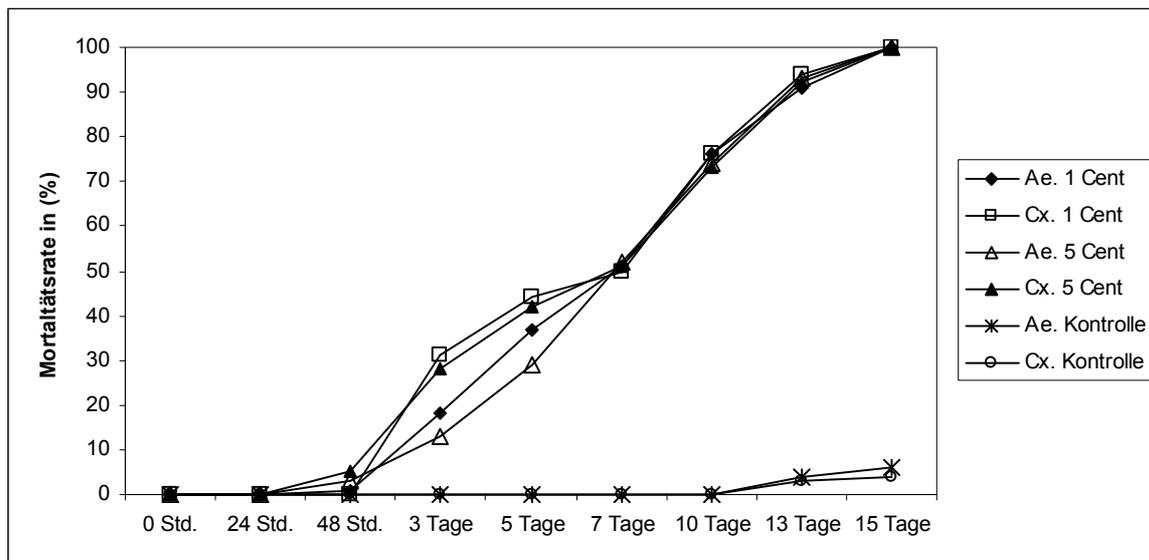


Abb. 7: Der Effekt von 5 Cent und 1 Cent Münzen auf die Sterblichkeit von *Aedes aegypti* und *Cx. pipiens* Larven

**Ergebnis:** Nach 15 Tagen waren alle Larven sowohl in den Vasen mit den 1 Cent als auch in denen mit den 5 Cent Münzen abgestorben. Es gab keinen signifikanten Unterschied in beiden Versuchsreihen bezüglich der Münzen als auch der verwendeten Stechmückenarten. (Abb. 7).

**Series 5:** In dieser Versuchsreihe wurde ebenfalls der Einfluss der Kupferkonzentration untersucht. Es wurden jeweils 5 Vasen mit jeweils einer 5 Cent Münze und 5 Vasen mit vier 5 Cent Münzen behandelt. Als Testtiere wurden hier jeweils 20 Zweitlarven von *Aedes aegypti* verwendet. Eine kleine Gabe TetraTabimin diente als Nahrung. 5 Vasen blieben als Kontrolle unbehandelt. Die Mortalität wurde nach 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 12 und 13 Tagen bestimmt.

**Ergebnis:** In den Gefäßen mit den 4 Münzen war die Mortalität nach einer Woche bei 60%, während diese bei den Gefäßen mit nur einer Münze nur 26% betrug. Allerdings war die Mortalität nach zwei Wochen in beiden Versuchsansätzen mit 99 und 100% Sterblichkeit die gleiche. In der Kontrolle betrug die Mortalität lediglich 1% (Abb. 8).

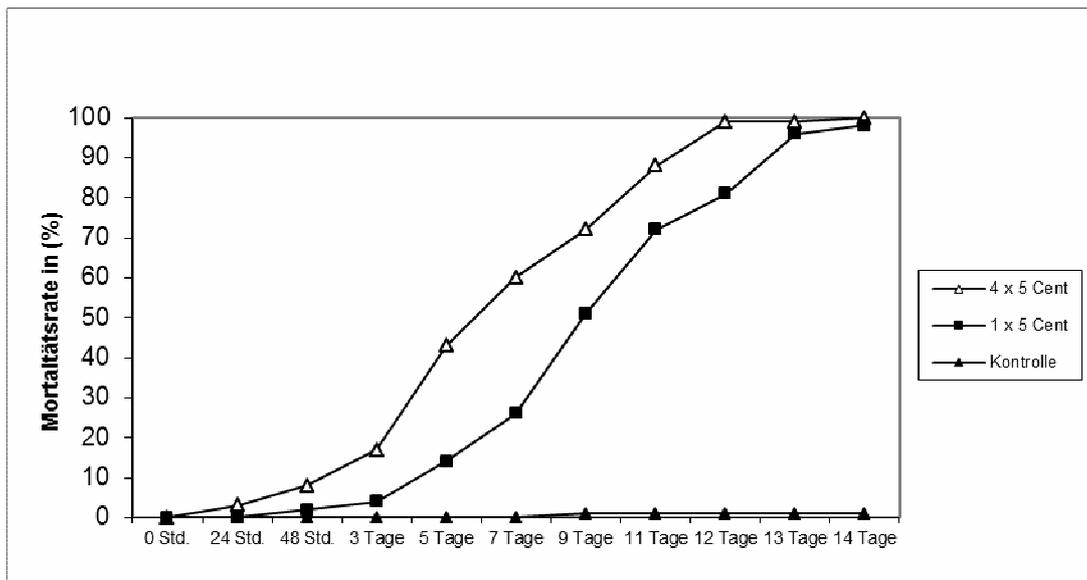


Abb. 8: Effekt von 5 Cent Münzen auf die Mortalität von *Ae. aegypti* Larven in unterschiedlichen Dosierungen

**Series 6:** In dieser Serie wurde die Wirkung von 5 -Cent-Münzen mit der von Kupferrohren mit einer größeren Oberfläche (Länge: 3cm, Durchmesser: 2cm, Gewicht: 7 g) verglichen. Es wurden 15 Vasen mit Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: 90 uS) befüllt und jeweils 20 Zweitlarven von *Ae. aegypti* mit etwas TetraTabimin als Nahrung gegeben. In 5 Vasen wurde je eine 5-Cent-Münze und in weitere 5 Vasen ein Kupferrohr mit 2cm Länge. Fünf Vasen bleiben als Kontrolle unbehandelt. Die Mortalität wurde nach 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 12 und 13 Tagen bestimmt.

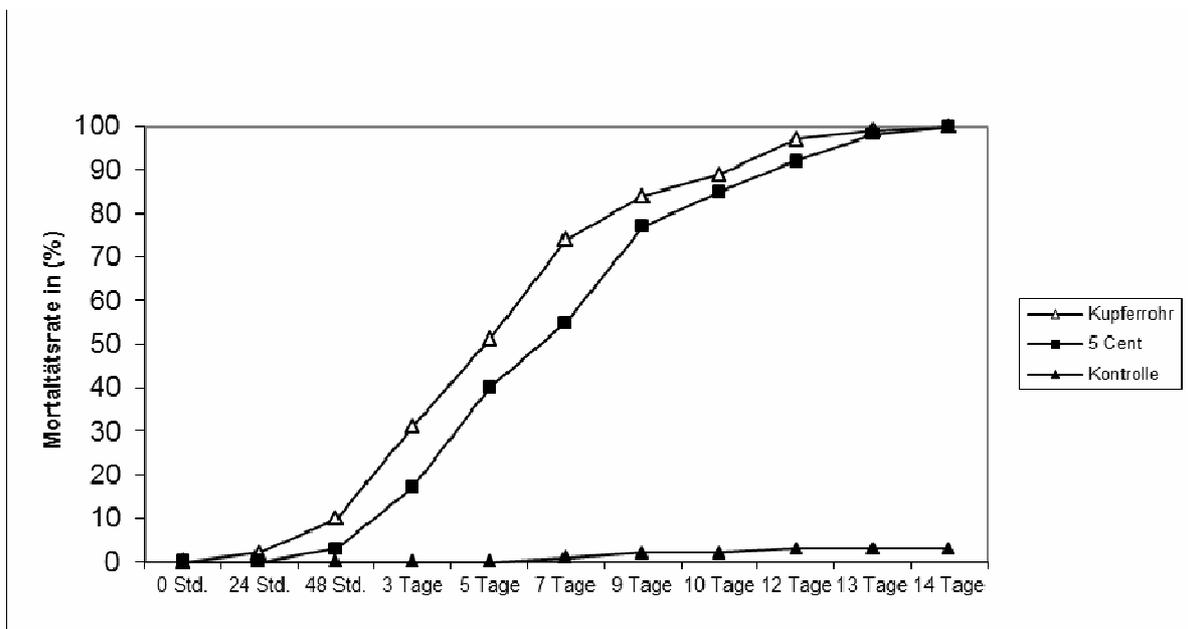


Abb. 9: Effekt von Kupferrohren mit größerer Oberfläche auf die Sterblichkeit von *Aedes aegypti* Larven.

**Ergebnis:** Obwohl die Oberfläche der Kupferrohre (Fl: 19,43 cm<sup>2</sup> beträchtlich größer als die der 5-Cent-Münzen (Fl: 8,3 cm<sup>2</sup>) ist, ergibt sich kein Unterschied in der Sterblichkeitsrate von *Ae. aegypti* Larven (Abb. 9).

**Serie 7:** In dieser Reihe sollte die Wirkung des pH auf die Löslichkeit von Kupfer im Wasser getestet werden. 20 Grabvasen wurden mit 750 ml Wasser mit Quellwasser aus einem Bunt-Sand-Steingebiet (pH-Wert; 4,4; Leitfähigkeit von 70 µS) und weitere 20 Vasen wurden mit Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: 90µS) gefüllt. Jeweils 5 Vasen mit Quellwasser wurden mit je 20 Zweitlarven von *Ae. aegypti* und *Cx. pipiens/torrentium* besetzt und mit je einer 5-Cent-Münze behandelt. Je 5 Vasen mit Quellwasser mit je 20 Larven von *Aedes* und *Culex* ohne Münzen dienten als Kontrolle. Der gleiche Ansatz wurde mit Leitungswasser vorgenommen. Es wurde in jede Vase eine kleine Menge TetraTabimin als Nahrung gegeben. Die Mortalität wurde nach 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 13 und 15 Tage nach der Behandlung bestimmt.

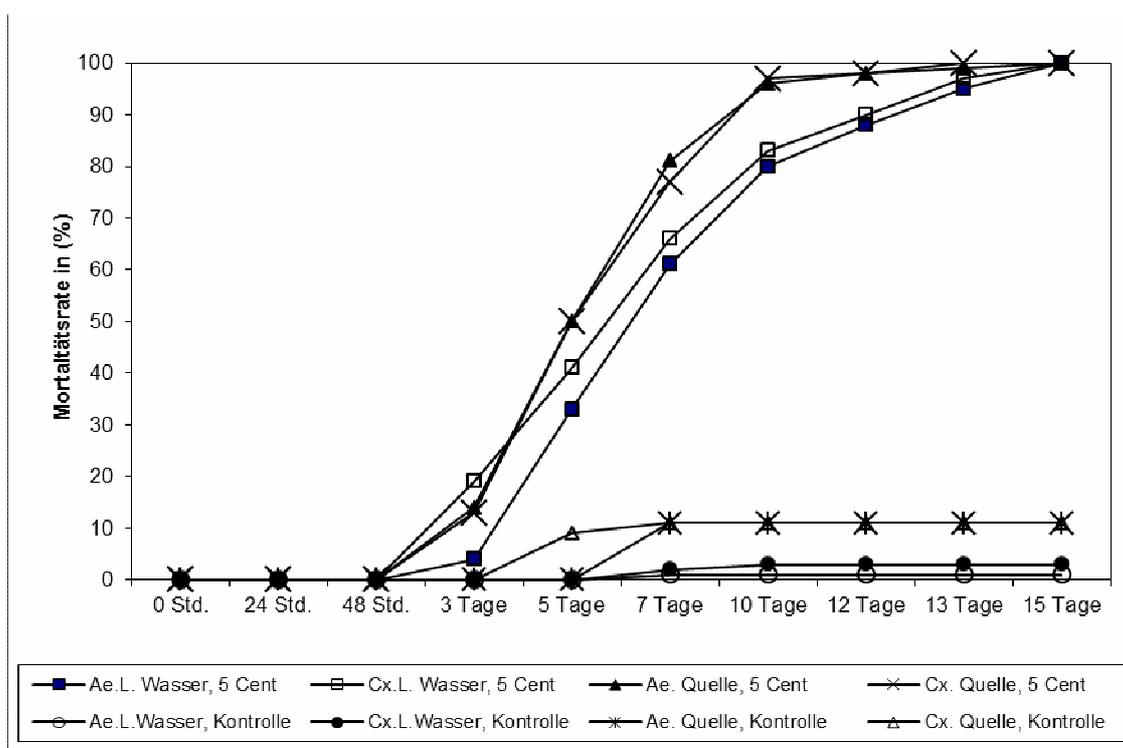


Abb. 10: Effekt des pH-Wertes auf die Löslichkeit von Kupfer im Wasser und die Sterberate von *Aedes aegypti* und *Culex pipiens* -Larven.

**Ergebnis:** Nach 10 Tagen betrug die Sterblichkeit bei *Aedes*-Larven 80% im Leitungswasser und 96% im Quellwasser. Nach 15 Tagen waren in beiden Ansätzen alle Larven abgestorben. *Culex*-Larven verhielten sich ähnlich. Die Sterblichkeit in den Kontrollen betrug bei Quellwasser 11% und bei Leitungswasser 1-3%. Insgesamt hat die Wasserqualität nur einen geringen Effekt auf die Wirkung von Kupfer (Abb. 10).

**Serie 8:** In dieser Serie sollte die Wirkung von Kupferionen auf Larven von *Ae. aegypti* und *Oc. japonicus* getestet werden. Zwanzig Standardgrabvasen wurden jeweils mit 750 ml Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: 90µS) gefüllt. In zehn Vasen wurden jeweils 20 Zweitlarven von *Ae. aegypti* und in weitere 10 Vasen Zweitlarven von *Oc. japonicus*

eingesetzt. Jeweils fünf Vasen aus jedem Ansatz wurden mit einer 5 -Cent-Münze behandelt und 5 Vasen eines jeden Ansatzes blieben als Kontrolle unbehandelt. Die Mortalität wurde nach 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 13 und 14 Tagen bestimmt.

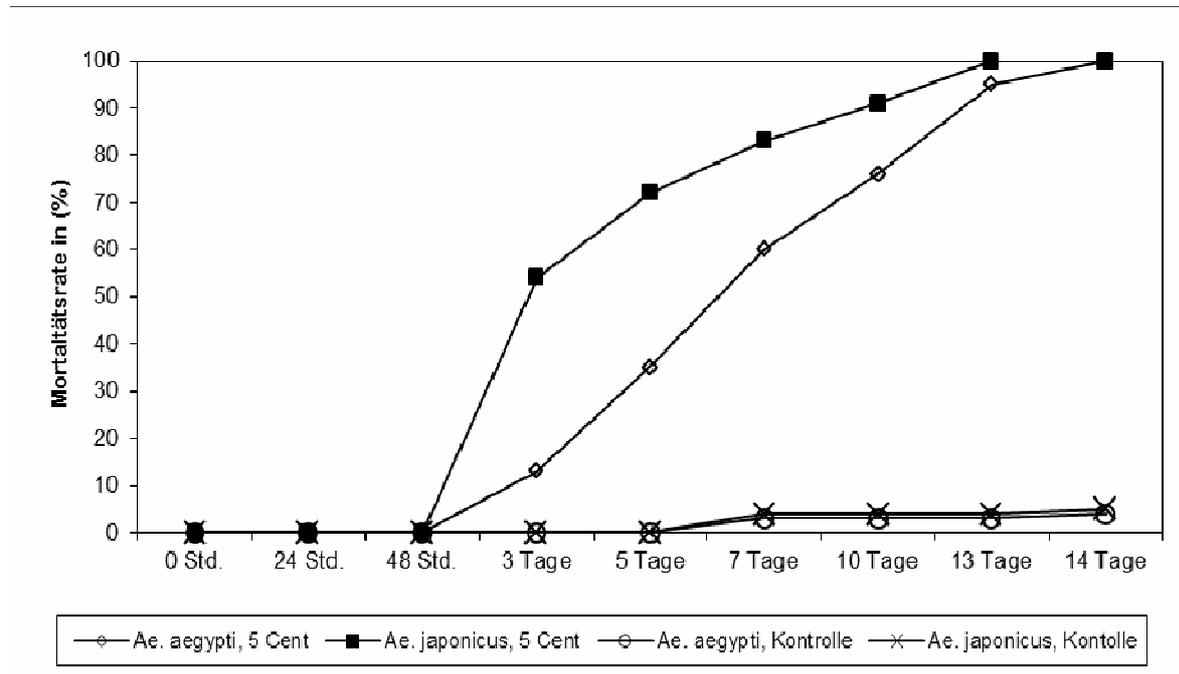


Abb. 11: Vergleich der Wirkung von Kupferionen auf die Sterblichkeit der Larven von *Oc. japonicus* und *Ae. aegypti*.

**Ergebnis:** *Oc. japonicus* erweist sich als etwas sensibler als *Ae. aegypti* gegen Kupferionen. Nach zehn Tagen starben 76% der *Aedes*, jedoch 91% der *Ochlerotatus*-Larven. Nach 14 Tagen waren alle Larven abgestorben. (Abb. 11).

**Serie 9:** In dieser Versuchsreihe sollten die Kupferkonzentrationen in Bezug auf die Sterblichkeit von *Ae. aegypti*-Larven bestimmt werden. Dreißig Standardfriedhofsvasen wurden mit je 750 ml Leitungswasser (pH: 7,2; Leitfähigkeit: 70  $\mu$ S) befüllt und je 20 Zweitlarven von *Ae. aegypti* eingesetzt und eine Spatelspitze TetraTabimin als Nahrung verabreicht. In 15 Vasen wurde je ein kleines Stück Kupferrohr (Länge: 3cm, Durchmesser: 2cm, Gewicht: 7 g) gegeben. 15 Vasen blieben unbehandelt. Jeweils drei Vasen wurden bei Versuchsansatz und nach 3, 7, 14 und 18 Tagen jeweils von der behandelten und unbehandelten Reihe entnommen, die Mortalität bestimmt und die Konzentration an Kupferionen im Wasser bestimmt.

**Ergebnis:** Die Kupferkonzentration in dem Kontrollansatz betrug bei Versuchsbeginn 12,1 ppb, nach 3 Tagen im Mittel 11,3 ppb, nach 7 Tagen 1,3 ppb sowie nach 14 und 18 Tagen 0 ppb. Die Mortalität der Larven betrug 3,3%.

In dem Ansatz mit dem Kupferrohr bei Versuchsansatz 37,6 ppb, nach drei Tagen 360,3 ppb, nach 7 Tagen 329,7 ppb, nach 14 Tagen 309,8 ppb und schließlich nach 18 Tagen 462,1ppb. Die Mortalität betrug am 3. Tag nach Ansatz 0%, nach 7 Tagen 66,7%, nach 14 Tagen 80% und nach 18 Tagen 100%.

Es zeigte sich, dass bereits bei einer Kupferionenkonzentration von weniger als 0,5 ppm alle Larven nach mehr als zwei Wochen starben.

**Series 10:** In diesem Versuchsansatz sollte eine praktikable Methode zum Einsatz von Kupfer gegen Stechmückenlarven getestet werden. Die innere Oberfläche von fünf Friedhofsvasen wurde gleichmäßig mit einem handelsüblichen Kupfer Spray (Marke: Kupfer-Lack-Spray, Fritz-International Ltd.) besprüht, so dass eine gleichmäßige Kupferbeschichtung erzeugt wurde. Die Beschichtung ist schnell trocknend. Die so behandelten Vasen wurden für 24 Std. bei Raumtemperatur gelagert, dann mit Leitungswasser ausgewaschen. Die 5 behandelten Vasen sowie 5 unbehandelte Vasen (als Kontrolle) wurden mit je 750 ml Leitungswasser gefüllt, jeweils 20 Zweitlarven von *Ae. aegypti* eingesetzt und eine Spatelspitze TetraTabimin verabreicht. Die Mortalität wurde nach 1, 3, 5, 7, 10 und 12 Tagen bestimmt. Nach 12 Tagen wurden die Vasen entleert und für eine Woche bei Zimmertemperatur gelagert. Danach wurde der versuch wiederholt, um die Langzeitwirkung zu testen.

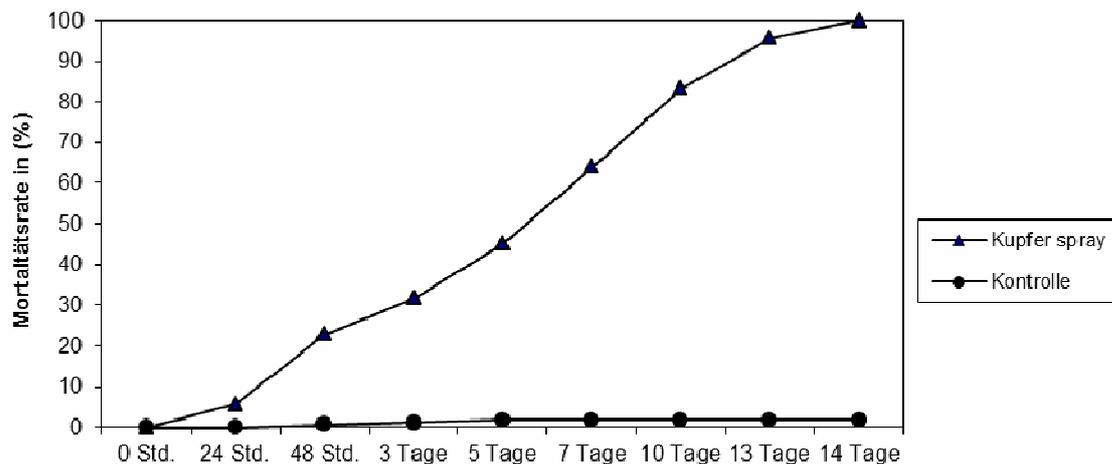


Abb. 12: Der Effekt von Kupferspray auf die Mortalität von *Ae. aegypti*-Larven.

**Ergebnis:** Bereits nach zwei Tagen sind mehr als 20% der Larven, nach einer Woche 70% sowie nach zwei Wochen alle Larven abgetötet. Diese Ergebnisse wurden auch in einem zweiten Ansatz erzielt, nachdem die gleichen Vasen erneut mit Larven besetzt worden sind. Das Kupferspray ist im Handel erhältlich, um Flächen zu verschönern (Bild 1). Der Vorteil der Kupferspraybehandlung liegt darin, dass eine nachhaltige Wirkung erzielt wird, während Kupfermünzen beim Entleeren der Vasen verloren gehen können (Abb. 12).



Bild 1: links: unbehandelte Friedhofsvase; rechts: Vase mit Kupferspray behandelt.

### 3.2.4. Diskussion

Neben der biologischen Behandlung der Brutstätten, wie z.B. die Brunnen in den Friedhöfen mit Culinex-Bti-Tabletten, stellt das Besprühen der Vasen mit Kupferspray ein probates Mittel dar, die Entwicklung von in Containern brütenden Mücken zu verhindern. Das Verfahren soll im nächsten Jahr exemplarisch in einzelnen ausgewählten Gemeinden in Baden-Württemberg getestet werden (siehe Kapitel 3.3).

## 3.3. Erarbeiten von Bekämpfungsstrategien zur Implementierung von weitflächigen Bekämpfungsmaßnahmen

### 3.3.1. Einleitung

Zur Anpassung und Optimierung von Bekämpfungsstrategien sind genaue Kenntnisse über die populationsökologischen Rahmendaten einer Zielart von Nöten. Hierbei sind vor allem Biotop- und Brutstättenpräferenzen, sowie Migrationsverhalten zwischen verschiedenen Biotopen von großem Interesse, um durch zeitlich und räumlich zielgerichtete Bekämpfungsmaßnahmen die größtmögliche Effektivität zu erreichen.

Vor allem aufgrund des invasiven Auftretens in Nordamerika ist *Oc. japonicus* eine gut untersuchte Stechmückenart. Der Großteil der Publikationen bezieht sich jedoch meist auf die Vektorkompetenz oder ökologische Parameter wie Wirts- und Brutstättenpräferenzen in Nordamerika und Asien.

Anhand des nachfolgenden Versuches sollte die Biotop- und Brutstättenpräferenzen, die Migrationsverhalten zwischen verschiedenen Biotopen und die jahreszeitliche Populationsdynamik von *Oc. japonicus* unter den klimatischen und landschaftsstrukturellen Gegebenheiten des aktuellen Hauptverbreitungsgebiet der Art in Baden-Württemberg

untersucht werden. Anhand der gewonnenen Daten sollte ein Bekämpfungskonzept erstellt werden, welches in weiteren Freilandversuchen erprobt werden kann.

### 3.3.2. Material und Methoden

Zu Beginn der Untersuchung wurden insgesamt sechs Gemeinden im Großraum Stuttgart ausgesucht, welche mehrere Auswahlkriterien erfüllten. Aufgrund dieser Auswahlkriterien sollten zum einen ein möglichst einheitlicher Versuchsaufbau gewährleistet werden. Zusätzlich wurde anhand der Auswahlkriterien versucht den bekannten ökologischen Ansprüchen von *Oc. japonicus* gerecht zu werden, um die Datenerhebungen an Populationen der Art unter möglichst guten populationsökologischen Rahmenbedingungen durchzuführen. Sollte ein später in der Praxis getestetes Bekämpfungskonzept sich innerhalb dieser für *Oc. japonicus* optimalen Gemeinden erfolgreich erweisen, ist davon auch in anderen Gemeinden auszugehen.

#### Auswahlkriterien der Untersuchungsgemeinden

- A) Wichtigstes Auswahlkriterium für die Untersuchungsgemeinden war ein positives Monitoringergebnis in den Jahren 2011 und 2012. Dadurch sollte die Wahrscheinlichkeit erhöht werden, dass sich in den Untersuchungsgemeinden eine etablierte, weitläufig angesiedelte und möglichst stabile Population von *Oc. japonicus* befindet.
- B) Aus dem vorangegangenen Monitoring in Baden-Württemberg war ersichtlich, dass *Oc. japonicus* eine Stechmückenart ist, welche städtische Bereiche meidet. Daher sollten die Untersuchungsgemeinden eine maximale Einwohnerzahl von 10.000 und eine maximale Bevölkerungsdichte von 1000 Einwohner/km<sup>2</sup> aufweisen.
- C) Ebenfalls zeigte sich im Laufe des Monitoring in den Jahre 2011 und 2012, dass die Art vor allem in waldiger Umgebung häufiger bzw. in größeren Populationsdichten anzutreffen ist. Als Untersuchungsgemeinden wurden nur Gemeinden in Betracht gezogen, deren Gemeindefläche einen Waldanteil von mindestens 40 % aufwies.
- D) Da die klimatischen Bedingungen einen starken Einfluss auf die Populationsentwicklung von Stechmücken haben, und erstere wiederum stark von der Höhenlage abhängig sind, sollten alle Untersuchungsgemeinden innerhalb einer einheitlichen Höhenlage  $\pm 50$  m ü. NN liegen.
- E) Bei einer späteren Untersuchung des Bekämpfungserfolges sollte eine Verfälschung des Ergebnisses durch Immigration aus benachbarten, unbekämpften Gemeinden möglichst vermieden werden. Untersuchungsgemeinden sollten daher einen Mindestabstand zu Nachbargemeinden von mindestens 1 km, bei großer Annäherungsfläche, und mindestens 0,5 km bei kleinen Siedlungsausbuchtungen besitzen.
- F) Aufgrund der Erfahrungen in den vorangegangenen Monitoringuntersuchungen war abzusehen, dass Friedhöfe mit ihrer großen Anzahl an künstlichen Brutstätten eine wichtige

Rolle in der Populationsstruktur von *Oc. japonicus* spielen könnten. Ebenfalls war innerhalb des Monitorings auffällig, dass der Umfang einer Besiedelung mit *Oc. japonicus* von verschiedenen Rahmenbedingungen der Friedhöfe abhängig war. Deshalb wurde auf für *Oc. japonicus* optimale, und innerhalb der Untersuchungsgemeinden möglichst einheitliche Friedhofstrukturen geachtet.

So sollte innerhalb der Untersuchungsgemeinden der Friedhof eine Mindestgröße von mindestens 200 Gräbern aufweisen und sich in Ortsrandlage befinden. Ebenfalls sollte der Friedhof einen maximalen Abstand zum Ortsrand von 50 m und einen maximalen Abstand zu Waldgebieten von 500 m aufweisen. Hierbei sollten zwischen Friedhof und Waldfläche nicht ausschließlich Ackerflächen, sondern zumindest lockere Busch- und/oder Baumbestände vorhanden sein. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass es sich um keine neuangelegten Friedhöfe bzw. diese einen aufgewachsenen Busch- und Baumbestand aufweisen.

### **Untersuchungsgemeinden**

Aufgrund der zuvor erwähnten Kriterien wurden folgende Gemeinden für die weitere Untersuchung ausgewählt:

74429 Sulzbach-Laufen (Ortsteil Sulzbach), Landkreis Schwäbisch Hall

71543 Wüstenrot (Ortsteil Wüstenrot), Landkreis Heilbronn

73540 Heubach, Landkreis Ostalbkreis

73773 Aichwald (Ortsteil Aichschieß), Landkreis Esslingen

70771 Leinfelden-Echterdingen, (Stadtteil Stetten) Landkreis Esslingen

72574 Bad-Urach (Stadtteil Bad Urach), Landkreis Reutlingen

### **Datenerhebung**

Um die Verteilung der Population im Jahresverlauf und innerhalb der verschiedenen Biotope der Untersuchungsgemeinden zu untersuchen, wurde in allen Untersuchungsgemeinden ein Fallentransekt mit Eiablageboxen gestellt. Zusätzlich wurde, um die populationsdynamischen Prozesse innerhalb der augenscheinlich wichtigen Friedhöfe detaillierter zu erfassen, regelmäßig den Containerindex der gesamten Friedhofsareale ermittelt.

#### *Fallentransekt mit Eiablageboxen*

In Verlauf bisheriger Untersuchungen wurde festgestellt, dass *Oc. japonicus* trotz scheinbar hoher Populationsdichte nur schwer mit den üblicherweise verwendeten Standard-Eiablagefallen nachzuweisen ist. Bei ursprünglich Dendrotelmen nutzenden Stechmückenarten hängt die Bereitschaft zur Eiablage in künstliche Brutstätten meist von Größe und Farbe der Behältnisse, der Oberflächenstruktur des Eiablage substrates und der chemischen Zusammensetzung des Fallenwassers ab. Während z.B. die sich ebenfalls

weltweit ausbreitende Stechmückenart *Ae. albopictus* bereitwillig, selbst kleinste künstliche und beengte Wasseransammlungen zu Eiablage nutzt, scheint *Oc. japonicus* eher weite und nach oben offene Behältnisse zu bevorzugen.

Als Wasserbehältnis diente eine schwarze, 50 cm große und 30 cm tiefe Plastikbox. Diese wurde bis zur Hälfte mit Regenwasser gefüllt. Als Eiablagesubstrat wurde ein Tonblumentopf (Durchmesser: 18 cm) verkehrt herum in die Mitte der Box gestellt. Selbst bei höchstem Wasserstand ragte die Spitze über die Wasseroberfläche, so dass die poröse, Wasservollgesogene Außenwand des Tonblumentopfes für die Eiablage stets verfügbar war. Zusätzlich war eine über das Wasserablaufloch an der eigentlichen Topfunterseite, ein Einflug in das Innere des Tontopfes stets möglich.



Bild 2: Neu entwickelte Eiablagefalle für *Oc. japonicus*

Die Fallentransekte verliefen entlang einer gedachten Linie von Siedlungsmitte über den Friedhof am Siedlungsrand in das angrenzende Waldgebiet hinein. Das Standard-Fallentransekt wies insgesamt folgende fünf Fallenstandorte auf: *Wald – Waldrand – Friedhof – Siedlungsrand – Siedlung*

In einer ausgewählten Gemeinde (Aichwald) wurde dieses Standardfallentransekt durch einen weiteren Fallenstandort im Wald und zwei weitere Fallenstandorte innerhalb der Siedlung erweitert. Dadurch wies dieses Erweiterte-Fallentransekt folgende acht Fallenstandorte auf: *Wald2 – Wald1 – Waldrand – Friedhof – Siedlungsrand – Siedlung1 – Siedlung2 – Siedlung3*

Die Entfernungen zwischen den einzelnen Fallenstandorten war innerhalb jeder Untersuchungsgemeinde gleich, variierte aber zwischen den einzelnen Untersuchungsgemeinden aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Situation zwischen, zwischen 90-170 m.

An jedem Fallenstandort wurden jeweils drei Eiablageboxen in geeigneten Busch- oder Baumbeständen platziert. Der Mindestabstand zwischen den einzelnen Eiablageboxen betrug hierbei mindestens 30 Meter. Die Verteilung der Eiablageboxen an einem Fallenstandort verlief wiederum möglichst im rechten Winkel zum Fallentransekt.

Der Aufbau der Fallentransekte erfolgte aufgrund der kalten Frühjahrswitterung erst Ende Mai. Durch vorangegangene regelmäßige Stichprobenkontrollen, wurde sichergestellt, dass die erste Generation des Jahres zu Zeitpunkt des Aufbaus sich etwa am Ende des

Puppenstadium befand. Je nach Witterungsverlauf erfolgte eine Kontrolle der Fallen auf abgelegte Eier alle 3-4 Wochen. Die letzte Kontrolle erfolgte Anfang Oktober.

Bei jeder Kontrolle wurden die abgelegten Eier auf der Außen- und Innenwand des Blumentopfes, sowie der Innenwand der Box, gezählt. Vorhandene Eier wurden vorsichtig mit einem Borstenpinsel abgebürstet und in das Fallenwasser der Eiablageboxen gespült.

### *Containerindex*

Zur Erfassung des Containerindex wurden je nach Witterung alle 3-4 Wochen alle potentiellen künstlichen Brutstätten des gesamten Friedhofsareals auf vorhanden Larven und Puppen von *Oc. japonicus* untersucht und Anzahl der verschiedenen Stadien notiert.

### **3.3.3. Ergebnisse**

#### **Saisonale Eiablagereate**

Insgesamt zeigten sich im saisonalen Verlauf der täglichen Eiablagereate zwischen den einzelnen Untersuchungsgemeinden keine Unterschiede. In Abbildung 13 ist die mittlere tägliche Eiablage aller Fallenstandorte für alle Untersuchungsgemeinden zusammengefasst.

Die niedrigsten täglichen Eiablagereaten von durchschnittlich 3,9 Eier/Tag konnte im Frühjahr, während des ersten Fangzeitraumes (29.5-26.6) ermittelt werden. In allen Untersuchungsgemeinden nahm die Eiablagereate in den beiden folgenden Fangzeiträumen jeweils zu, sodass im dritten Fangzeitraum (26.7-15.8) die höchste mittlere tägliche Eiablagereate von 10,8 Eier/Tag zu verzeichnen war. Bis zum letzten Fangzeitraum nahm die tägliche Eiablagereate in allen Untersuchungsgemeinden wiederum stetig ab.

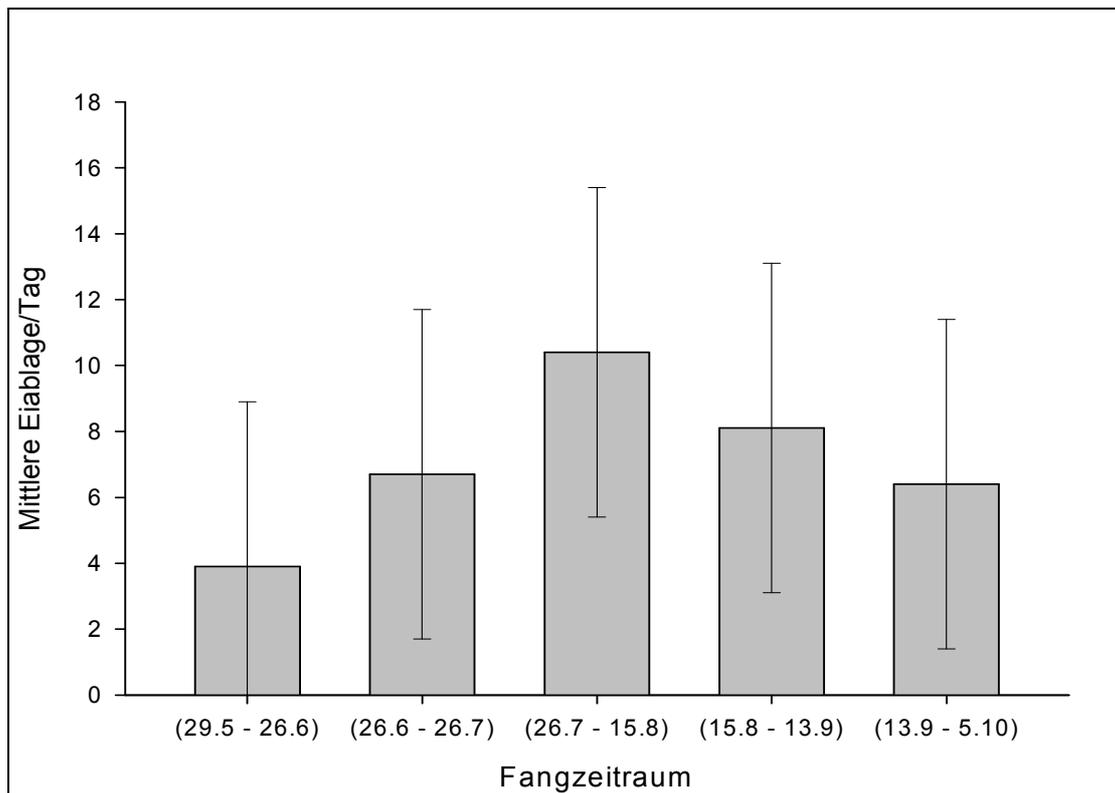


Abb. 13: Mittlere tägliche Eiablage von *Oc. japonicus* an allen Fallenstandorten aller Untersuchungsgemeinden

### Saisonale Eiablage rate innerhalb der Standard-Fallentransekte

Auch bei der saisonalen Eiablage rate der Standard-Fallentransekte zeigte sich ein recht einheitliches Bild zwischen den einzelnen Untersuchungsgemeinden. In Abbildung 14 und 15 sind die durchschnittlichen täglichen Eiablage rates der einzelnen Transekt-Fallenstandorte für alle Untersuchungsgemeinden zusammengefasst.

In allen Untersuchungsgemeinden und jeweils auch in allen Untersuchungszeiträumen, wurden die höchsten täglichen Eiablage rates am Fallenstandort „Friedhof“ und die niedrigsten täglichen Eiablage rates am Fallenstandort „Siedlung“ ermittelt. Bis auf die Untersuchungsgemeinde Aichwald (0,2 Eier/Tag) und Stetten (0,1 Eier/Tag) wurde im ersten Fangzeitraum (29.5-26.6) am Fallenstandort „Siedlung“ sogar keinerlei Eier gefunden. Im gleichen Fangzeitraum rangierte die tägliche Eiablage am Fallenstandort „Friedhof“ zwischen 10,7 Eier/Tag in Wüstenrot und 51,7 Eier/Tag in Aichwald. Insgesamt ergab sich in allen Fangzeiträumen eine glockenförmige Verteilung der täglichen Eiablage rate, mit den niedrigsten Eiablage rates hin zu den beiden Enden des Transektes.

Bis auf den Fallenstandort „Siedlung“ zeigten alle anderen Fallenstandorten mehr oder weniger deutlich den saisonalen Anstieg der Eiablage rate zum mittleren Fangzeitraum hin, gefolgt wiederum vom leichten Rückgang der Eiablage rate hin zum letzten Fangzeitraum. Hingegen war am Fallenstandort „Siedlung“ ein zwar geringen, aber auch stetiger Anstieg der täglichen Eiablage von durchschnittlich 0,1 Eier/Tag im ersten Fangzeitraum bis zu 2,8 Eier/Tag im letzten Fangzeitraum zu verzeichnen.

### **Saisonale Eiablagerate innerhalb des Erweiterten-Fallen transekts**

Trotz der Verlängerung des Erweiterten-Fallen transekts in Aichwald um insgesamt drei weiteren Fallenstandorten bleibt die glockenförmige Verteilung der täglichen Eiablagerate, mit den niedrigsten Eiablageraten hin zu den beiden Enden des Transektes, bestehen.

Ebenfalls vergleichbar mit dem Standard-Fallen transekt sind die insgesamt sehr geringen Eiablageraten in den drei verschiedenen Fallenstandorten „Siedlung“, welche im Gegensatz zu den anderen Fallenstandorten im Jahresverlauf einen steten, wenn auch nur geringen Zuwachs der Eiablagerate aufweist.

Eine erste Eiablage an den Fallenstandorten „Siedlung2“ und „Siedlung3“ konnten erst im zweiten Fangzeitraum registriert werden. Diese waren jedoch mit 0,7 und 0,4 Eier/Tag noch äußerst gering. Im selben Fangzeitraum lag die tägliche Eiablagerate an den Fallenstandorten „Waldrand“ und „Friedhof“ bei 28,8 bzw. 33,2 Eier/Tag. Selbst am Fallenstandort „Siedlungsrand“ konnte zu diesem Zeitpunkt eine Eiablagerate von 11,2 Eier/Tag ermittelt werden. So viel auch die höchste gemessene tägliche Eiablagerate am Fallenstandort „Siedlung2“ mit 2,5 Eier/Tag im letzten, und am Fallenstandort „Siedlung3“ mit 3,6 Eier/Tag im vorletzten Fangzeitraum verhältnismäßig gering aus.

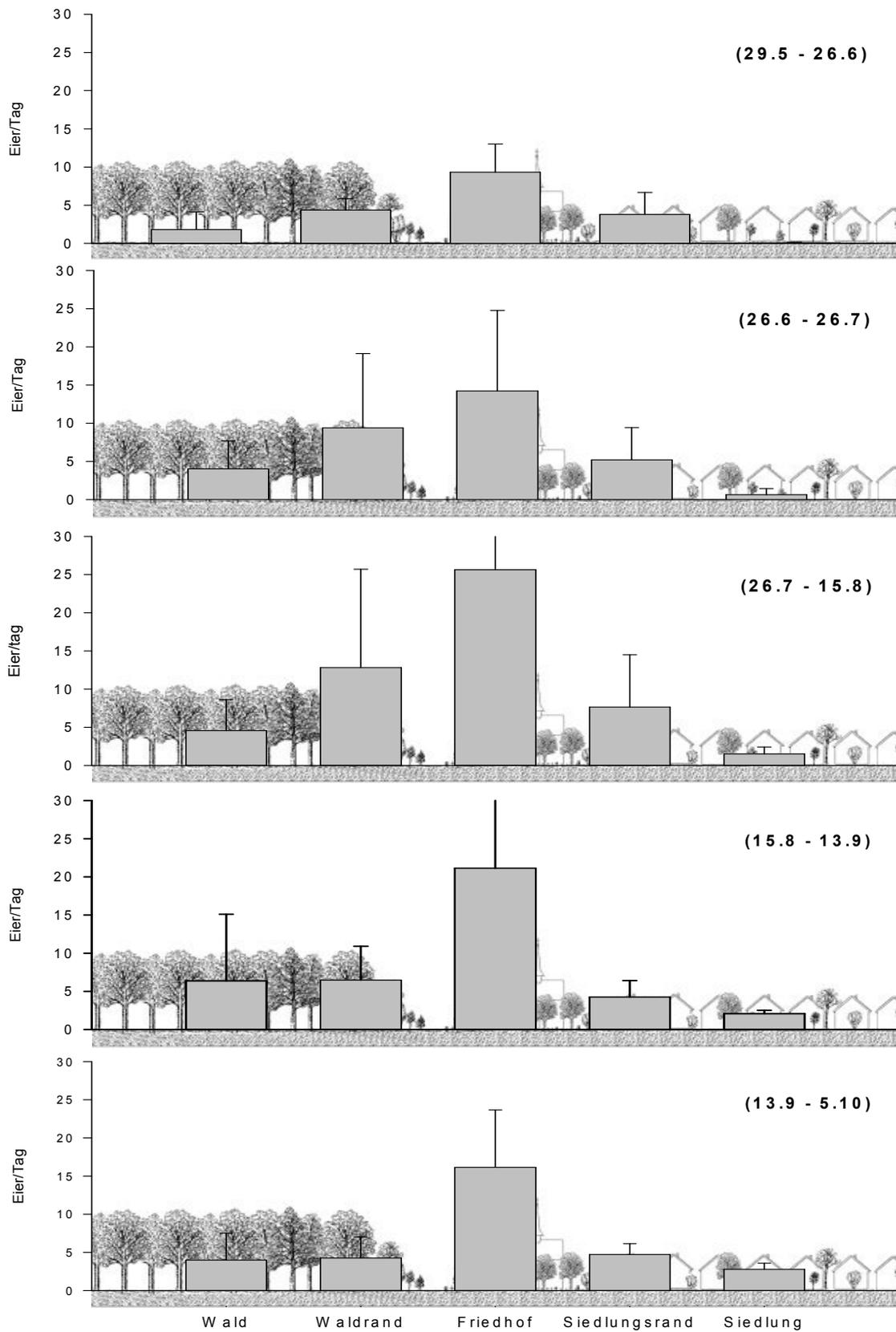


Abb. 14: Durchschnittliche tägliche Eiablage rate von *Oc. japonicus* an den einzelnen Transekt-Fallenstandorten für alle Untersuchungsgemeinden zusammengefasst.

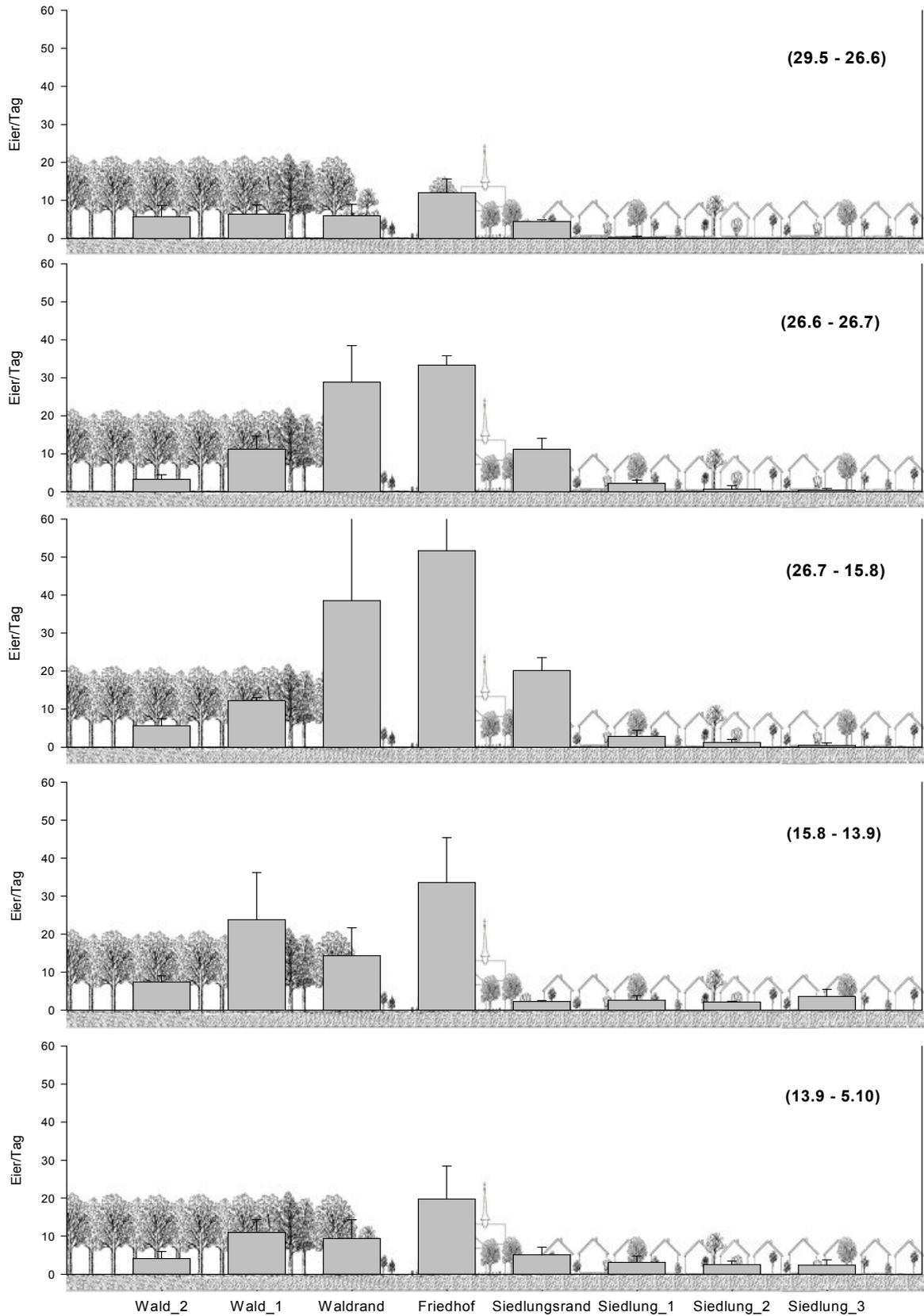


Abb. 15: Durchschnittliche tägliche Eiablage rate von *Oc. japonicus* an den einzelnen Fallenstandorten des Erweiterten-Transektes der Untersuchungsgemeinde Aichwald.

## Containerindex

Für die Ermittlung des Containerindex wurden im gesamten Untersuchungszeitraum auf allen Friedhöfen insgesamt 5443 künstliche Brutstätten untersucht.

Die auf allen Friedhöfen vorhandenen, meist aus Stein bestehenden, Wasserbecken wiesen gegenüber den Grabvasen stets eine deutlich höhere Besiedelungsrate auf (Abb. 16). Besonders hervorzuheben ist der nur sehr geringe Anteil an positiven, mit Larven besiedelten, Grabvasen von durchschnittlich 1,1 % gegenüber 64,0% positiver Wasserbecken bei der ersten Kontrolle Ende Mai. In den drei Gemeinden Wüstenrot, Sulzbach, Heubach blieben sogar alle Grabvasen negativ, sodass nur in den Wasserbecken Larven oder Puppen von *Oc. japonicus* gefunden werden konnten. Der höchste Anteil positiver Grabvasen wurde zu diesem Zeitpunkt mit 2,9 % in der Gemeinde Stetten ermittelt.

Im weiteren Jahresverlauf nimmt der Anteil positiver Grabvasen stetig zu bis er mit 13,1 % zur vierten Kontrolle Ende August seinen höchsten Stand erreicht. Zu diesem Zeitpunkt finden sich auch innerhalb der Grabvasen die insgesamt höchsten Besiedelungsraten, mit 18,9 % und 20,4 % positiver Grabvasen in den Gemeinden Stetten bzw. Aichwald.

Neben einer höheren Besiedelungsrate, wiesen die Wasserbecken gegenüber den Grabvasen ebenfalls eine deutlich höhere Besiedelungsdichte auf. So betrug im gesamten Untersuchungszeitraum die maximale Anzahl an Larven und Puppen, welche innerhalb einer Grabvase gefunden wurde 43. Dabei wurde innerhalb der insgesamt 315 positiven Grabvasen durchschnittlich 8,8 Larven oder Puppen gefunden. Hingegen wiesen alle positiven Wasserbecken einen durchschnittlichen Besatz von 272 Larven- und Puppen pro Becken auf, wobei ein maximaler Besatz von hochgerechnet 3500 Larven und Puppen in einem Wasserbecken ermittelt werden konnte. Hierbei war wiederum auffällig, dass die größten Larvendichten innerhalb der Wasserbecken bei der ersten Kontrolle Ende Mai festgestellt werden konnten.

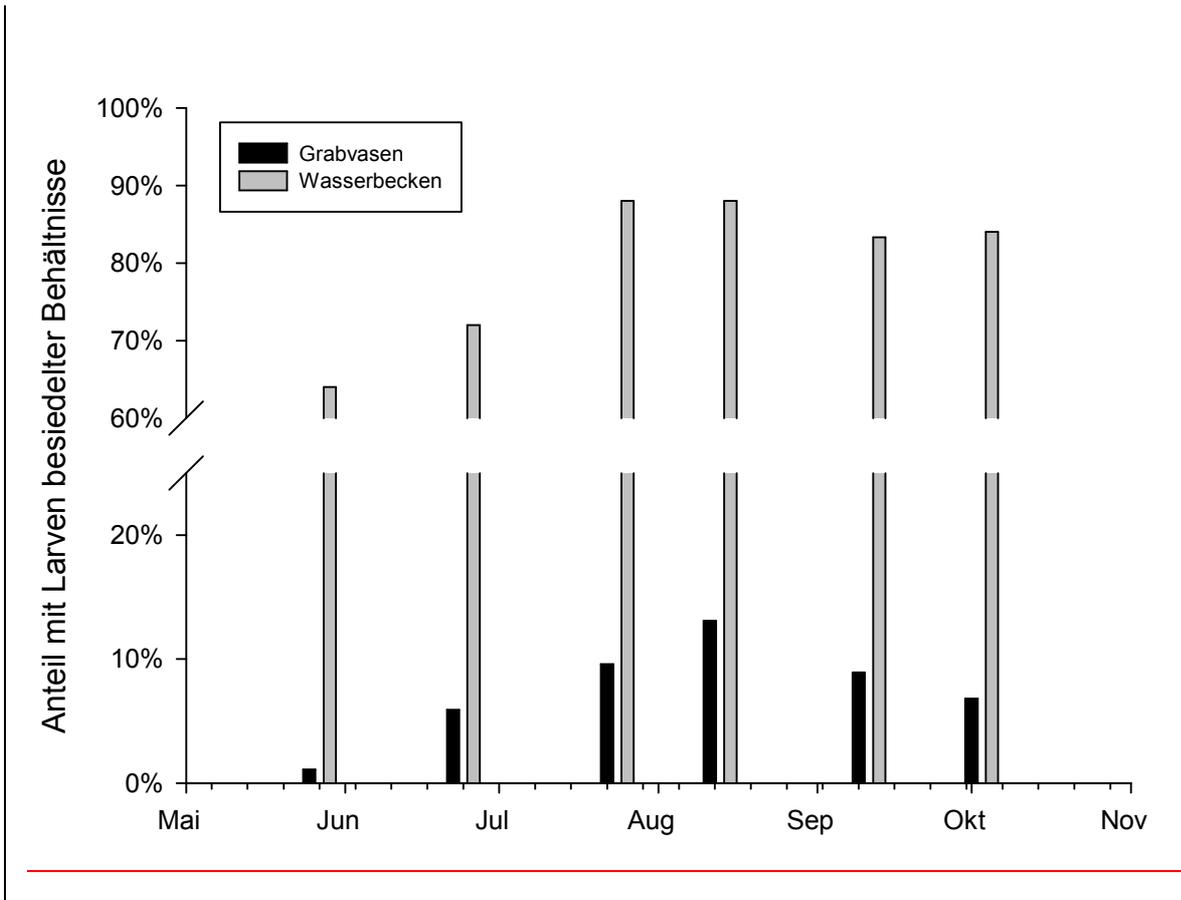


Abb. 16: Durchschnittlicher Anteil mit Larven von *Oc. japonicus* besiedelter Grabvasen und Wasserbecken auf allen untersuchten Friedhöfen zu verschiedenen Zeitpunkten.

### 3.3.4. Diskussion

Dass Friedhöfe durch ihr großes Angebot an künstlichen Brutstätten im Allgemeinen optimale Bedingungen für containerbrütende Stechmückenarten wie *Oc. japonicus* bieten, ist aus der Literatur bekannt. Aufgrund dieser Tatsache wurde der Verlauf des Fallentransektes wohlwissentlich über die Friedhofsareale gelegt und jeweils mit einem Fallenstandort versehen. Dass jedoch Friedhöfe gegenüber den anderen untersuchten Fallenstandorten bzw. Biotopen einen solch herausragend positiven Einfluss auf die Populationsentwicklung der Art haben, überrascht.

Im Gegenzug ebenfalls überraschend sind die äußerst geringen Eiablagerraten innerhalb der Siedlungsbereiche. Anhand der Literatur und auch aufgrund der ersten Erfahrungen während des Monitorings zur Verbreitung von *Oc. japonicus* in Baden-Württemberg war klar, dass lockere Siedlungsbereiche mit regelmäßigen Busch- und Baumbeständen von der Art dichterbauteren vorgezogen werden. Wie in Material und Methoden erläutert, wurde bei der Auswahl der Untersuchungsgemeinden auf einen solchen eher ländlichen bis vorstädtischen Charakter der Gemeinden Wert gelegt.

Wenn auch nicht in solch hoher Dichte wie auf Friedhöfen, stehen der containerbrütenden Art *Oc. japonicus* jedoch auch im Bereich von menschlichen Siedlungen eine große Anzahl an künstlichen Brutstätten zur Verfügung. So sind die in Siedlungsbereichen mit Gärten häufig zu findenden Regentonnen bezüglich ihrer Wasseroberfläche, und der damit zu erwartenden Larvenproduktivität, mit den Wasserbecken der Friedhöfe zu vergleichen. Diese Wasserbecken wiesen innerhalb dieser Untersuchung eine etwa 30-fach höhere durchschnittliche Larvendichte gegenüber den Grabvasen auf. Bei den durchschnittlich etwa 150 wassergefüllten Grabvasen pro untersuchten Friedhof, würde innerhalb eines friedhofsgrößen Siedlungsbereiches rein rechnerisch fünf Regentonnen für eine ebenso große Larvenproduktivität sorgen. Dies sollte vor allem im ländlichen Bereichen durchaus erreicht werden.

So scheint es nicht nur, als bevorzuge *Oc. japonicus* besonders stark bebuschte bzw. bewaldete Bereiche, sondern meidet sogar Siedlungsbereiche mit eher offenem und lockeren Bewuchs. So kam es trotz des starken Populationszuwachses auf den Friedhöfen zu keiner größeren Migration in die tieferen Bereiche der „Siedlung“. Selbst in dem direkt an die Friedhöfe angrenzenden „Siedlungsrand“ viel die Populationszuwachs eher moderat aus.

Das dies auf eventuell kürzere Migrations- bzw. Flugdistanzen der Art zurückzuführen ist, scheint bei den geringen Fallenstandortabständen eher unwahrscheinlich. Außerdem wurde im Vorfeld gesichert, dass sich eine Population von *Oc. japonicus* seit mindestens zwei Jahren im Bereich der jeweiligen Friedhöfe befand. Eine Migration in die tieferen Siedlungsbereiche hätte in dieser mindestens zur Verfügung stehenden Zeitspanne eigentlich erfolgen können.

Das an den Fallenstandorten „Wald“ keine überdurchschnittlichen Populationszuwächse verzeichnet wurden, war zu erwarten. Das Angebot an potentiellen Brutstätten ist hier abhängig von der Verfügbarkeit von wassergefüllten Baumhöhlen bzw. älteren Laubbaumbeständen. Diese werden sicherlich sehr selten in ähnlicher Dichte, wie die künstlichen Brutstätten innerhalb der Friedhofs- und Siedlungsbereiche, auftreten.

Eine Migration von *Oc. japonicus* von den dichtbesiedelten Friedhöfen in den angrenzenden Waldrandbereich scheint besonders in der Gemeinde Aichwald stark aufgetreten zu sein, was die zuvor erwähnte starke Präferenz für dicht bewachsende Bereiche widerspiegelt. Im Durchschnitt aller Untersuchungsgemeinden fällt die Migration in den Waldrand aber nur geringfügig stärker aus als die Migration in die friedhofsnahe Siedlungsränder. In Anbetracht des oben erwähnten sehr wahrscheinlich geringeren Brutstättenangebots innerhalb des Waldrandes, sind diese nur etwas geringfügig größeren Eiablageeraten möglicherweise höher zu werten.

### **Vorgeschlagenes Bekämpfungskonzept**

Aufgrund der nur geringen Populationsdichten innerhalb der Siedlungsbereiche, sind kostenintensive Bekämpfungsaktionen mit organisierten Bekämpfungsteams vor Ort nicht zu empfehlen.

Hingegen sollte die Bevölkerung der betroffenen Gemeinden zunächst umfangreich durch die amtlichen Mitteilungsblätter, die lokalen Printmedien und amtlichen Webpräsenzen informiert werden. Neben allgemeinen Informationen zu Thematik *Oc. japonicus*, sollten einfache Hilfestellungen zur selbstständigen Bekämpfung der Art und der Vermeidung von Brutstätten im eigenen Haus und Garten bereitgestellt werden. Bei ausreichender Informationsdichte sollte eine ausreichende Bevölkerungsbeteiligung erreicht werden, durch welche eine weitere Verringerung der ohnehin schon niedrigen Populationsdichten innerhalb der Siedlungsgebiete erreicht wird.

Eine zentrale Rolle für eine erfolgreiche Bekämpfung von *Oc. japonicus* spielen die Friedhöfe. Da diese jedoch unter Gemeindeverwaltung stehen, ist hier ein zuverlässiger Ansprechpartner vorhanden. Die Friedhofverwaltungen müssen gesondertes Informationsmaterial zur selbstständigen Bekämpfung von *Oc. japonicus* und Vermeidung von Brutstätten innerhalb der Friedhofsareale zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist vor allem eine Reinigung der Wasserbecken über die Wintermonate hervorzuheben, mit welcher die im Spätsommer an der Beckeninnenwand abgelegten Diapauseeier vernichtet werden sollen. Wie in den vorliegenden Untersuchungen ermittelt, stellen diese Wasserbecken ein Infektionsherd zu Beginn der Reproduktionsperiode, mit bis zu mehreren tausend Larven pro Becken dar (Reservoir-Habitat). Zudem soll eine frühe Bekämpfung mit Culinex-Bti-Tabletten vorgenommen werden.

Letztendlich zielen alle Bekämpfungsmaßnahmen aber hauptsächlich auf eine Verringerung der Populationsdichten von *Oc. japonicus* in siedlungsnahen Bereichen ab. Eine großflächige Ausrottung der Art ist aufgrund ihrer Präferenz für waldige Gebiete nicht möglich. Da diese in den Waldgebieten durchaus recht erfolgreich überwintert, kann aufgrund der deutlichen Eiablage rate im ersten Fangzeitraum an den Fallenstandorten „Wald“ und „Wald2“ angenommen werden.

In den angrenzenden Wäldern sollte eine Vernebelung von einem Bti (Vectobac WDG)-Wassergemisches in Betracht gezogen werden, um die Larven in den Baumhöhlen abzutöten. Bereits geringe Mengen an Bti reichen aus, um dies zu erreichen.

### **4. Zukünftige Aktivitäten**

Im Jahr 2014 sollten die vorgeschlagenen Bekämpfungsmethoden validiert werden. Dazu sollte nach dem oben vorgegebenen Muster vorgegangen werden. Es sollte ein Kostenvoranschlag für diese Aktivitäten bis spätestens Februar 2014 vorgelegt werden. Die

Datenerhebung und das Erarbeiten der Bekämpfungskonzeption ermöglicht jetzt, valide Daten über die Reduktion von *Oc. japonicus* zu erhalten.

## 5. Danksagung

Wir bedanken uns bei dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Baden-Württemberg (KLIMOPASS) sowie der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUWB) (<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/69206>) für die finanzielle Unterstützung sowie bei Dr Harald Gebhardt (LUBW), Daniel Schulz-Engler (LUWB) und Dr Rainer Öhme (Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg) für die fachliche Unterstützung während der Durchführung des Projekts. Der Dank gilt auch Herrn Artur Jöst, Matthias Beck, Thomas Weitzel und Nicole Sittig für die Unterstützung bei der Freilandarbeit und Diskussion der Ergebnisse. Herrn Paul Glaser, Frau Annette Billhard und Steffi Keller für die administrative Abwicklung des Projektes.

## 6. Literatur

- Alto, B.W., Juliano S.A.. (2001): Precipitation and temperature effects on populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): Implications for range expansion. *J. Med. Entomol.* 38: 646–656
- Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropulacos K, Macini P, Fiorentini C, Fortuna C, Venturi G, Romi R, Majori G, Nicoletti L, Rezza G, Cassone A. (2007): An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Euro Surveill.* 12(36)
- Becker N, Djakaria S, Kaiser A, Zulhasril O, Ludwig HW (1991) Efficacy of a new tablet formulation of an asporogenous strain of *Bacillus thuringiensis israelensis* against larvae of *Aedes aegypti*. *Bull Soc Vector Ecol* 16(1):176-182
- Becker N (2002) Sterilisation of *Bacillus thuringiensis israelensis* products by gamma radiation. *J Am Mosq Control Assoc* 18:57–62
- Becker N, Petrić D, Zgomba M, Boase C, Madon M, Dahl C, Kaiser A (2010) Mosquitoes and their control. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, pp 577
- 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. *Europ Mosq Bull* 29:88–102
- Becker, N., B. Pluskota, A. Kaiser, F. Schaffner (2012): Exotic mosquitoes conquer the world. In: H. Mehlhorn (ed.): *Arthropods as vectors of emerging diseases. Parasitology Research Monographs* 3, Springer-Verlag Berlin: 31-60.
- 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.* (4):1787-90.

Bellini R (2005) Applicazione della tecnica del maschio sterile nella lotta ad *Aedes albopictus*  
Tesi di Dottorato Entomologia Agraria, DiSTA-Universita` degli Studi di Bologna, p 82

Bellini R, Calvitti M, Medici A, Carrieri M, Celli G, Maini S (2007) Use of the sterile insect technique against *Aedes albopictus* in Italy: first results of a pilot trial. Area-wide control of insect pests: from research to field implementation, pp 505-515

Benedict MQ, Robinson AS (2003) The first releases of transgenic mosquitoes: an argument for the sterile insect technique. Trends Parasitol 19:349-355

Bissolli P, Ziese M, Pietsch S, Finger P, Friedrich K, Nitsche H, Obregon A. (2012):  
Trockenheit in Europa im Frühjahr 2012. Deutscher Wetterdienst.

Bonilauri P, Bellini R, Calzolari M, Angelini R, Venturi L, Fallacara F, Cordioli P, Angelini P, Venturelli C, Merialdi G, Dottori M. (2008): Chikungunya Virus in *Aedes albopictus*, Italy. Emerg. Infect. Dis. 14(5): 852-854

Dalla Pozza G, Majori G (1992) First record of *Aedes albopictus* establishment in Italy. J Am Mosq Control Assoc 8:318-320

Deutscher Wetterdienst. Pressemitteilung vom 31.05.2013. Extreme Bodenfeuchte wie seit 50 Jahren nicht mehr

Gjenero-Margan I et al. (2011) Autochthonous dengue fever in Croatia, August–September 2010. Europ Surveill 16:(9), <http://www.Eurosurveillance.org>

Huber K, Pluskota B, Jost A, Hoffmann K, Becker N. (2012): Status of the invasive species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in southwest Germany in 2011. J. Vector Ecol. 37:462–65

Kroeger A, Dehlinger U, Burkhardt G, Anaya H, Becker N (1995) Community based dengue control in Columbia: people's knowledge and practice and the potential contribution of the biological larvicide *B. thuringiensis israelensis* (*Bacillus thuringiensis israelensis*). Trop Med Parasitol 46:241-246

La Ruche G, Souarès Y, Armengaud A, Peloux-Petiot F, Delaunay P, Desprès P (2010) First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. Europ Surveill 15(39), <http://www.Eurosurveillance.org>

Liedtke, H. and J. Marcinek. (2002): *Physical Geography of Germany*, Gotha, Stuttgart, Klett Perthes-Verlag

Lounibos LP. (2002): Invasions by insect vectors of human disease. Annu. Rev. Entomol. 47:233–66

Moore CG. (1999): *Aedes albopictus* in the United States: current status and prospects for further spread. J. Am. Mosq. Contr. Assoc. 15 (2) 221-227

- Peyton EL, Campbell SR, Candeletti TM, Romanowski M, Crans WJ. (1999): *Aedes* (Finlaya) *japonicus japonicus* (Theobald), a new introduction into the United States. J. Am. Mosq. Control Assoc. 15:238–41
- Pluskota B, Storch V, Braunbeck T, Beck M, Becker N (2008) First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. Europ Mosq Bull 26:1-5
- Pluskota B. (2011): Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*): Thermale Ökologie und Risikoeinschätzung einer Etablierung in Deutschland. Dissertation, Universität Heidelberg
- Reiter P, Nathan MB (2001) Guidelines for assessing the efficacy of insecticidal space sprays for control of the dengue vector *Aedes aegypti*. WHO/CDS/PVC, pp 33
- Romi, R., M. di Luca, W. Raineri, M. Pesce, A. Rey, S. Giovannangeli, F. Zanasi and A. Bella. 2001. Laboratory and field evaluation of metallic copper on *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larval development. PubMed.
- Sardelis MR, Turell MJ (2001) *Ochlerotatus j. japonicus* in Frederick County, Maryland: discovery, distribution, and vector competence for West Nile virus. J Am Mosq Control Assoc 17:137-141
- Sardelis MR, Dohm JD, Pagac B, Andre RG, Turell MJ (2002a) Experimental transmission of eastern equine encephalitis virus by *Ochlerotatus j. japonicus* (Diptera: Culicidae). J Med Ent 39:480-484
- Sardelis MR, Turell MJ, Andre RG (2002b) Laboratory transmission of LaCrosse virus by *Ochlerotatus j. japonicus* (Diptera: Culicidae). J Med Ent 39:635-639
- Sardelis MR, Turell MJ, Andre RG (2003) Experimental transmission of St. Louis encephalitis virus by *Ochlerotatus j. japonicus*. J Am Mosq Control Assoc 19:159-162
- Schaffner F, Chouin S, Guilloteau J. (2003): First record of *Ochlerotatus* (Finlaya) *japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in metropolitan France. J. Am. Mosq. Control Assoc. 19:1–5
- Schaffner F, Kaufmann C, Hegglin D, Mathis A (2009) The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. Med Vet Ent 23:448–451
- Schmidt-Chanasit J, Haditsch M, Schöneberg I, Günther S, Stark K, Frank C (2010) Dengue virus infection in a traveller returning from Croatia to Germany. Europ Surveill 15(40)
- Scott J. (2003) The ecology of the exotic mosquito *Ochlerotatus* (Finlaya) *japonicus japonicus* (Theobald 1901) (Diptera: Culicidae) and an examination of its role in the West Nile virus cycle in New Jersey. PhD thesis. Rutgers Univ., New Jersey. 179 pp.
- Tanaka K, Mizusawa K, Saugstad ES. (1979): A revision of the adult and larval mosquitoes of Japan (including the Ryukyu Archipelago and the Ogasawara Islands) and Korea (Diptera: Culicidae). Contrib. Am. Entomol. Inst. 16:1–987
- Sucharit S, Surathin K, Shrestha SR (1989) Vectors of Japanese encephalitis virus (JEV) species complexes of the vectors. Southeast Asian J Trop Med Publ Hlth 20:611-621

Versteirt V, Schaffner F, Garros C, Dekoninck W, Coosemans M, Van Bortel W. (2009): Introduction and establishment of the exotic mosquito species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Belgium. J. Med. Entomol. 46:1464–67

