

Institution: Senckenberg Biodiversität und Klimaforschungszentrum (BiK-F)

Projekttitle: Entwicklung, Erprobung und ökotoxikologische Bewertung von Methoden zur Prävention der Ansiedlung und Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke in Hessen und Rheinland-Pfalz

Projektkurztitle: AJAP

-Abschlussbericht-

Laufzeit: 2013 bis 2017

Projektleitung: Dr. Ruth Müller, Prof. Dr. Markus Pfenninger, Dr. Ulrich Kuch

Projektbearbeitung: Friederike Reuß, Dr. Ruth Müller, Prof. Dr. Markus Pfenninger

Auftraggeber und Projektbetreuung: Fachzentrum Klimawandel Hessen (FZK) im Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen beim Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz

Frankfurt am Main, im Juni 2017



Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung.....	S. 4-5
2 Allgemeine Einleitung, Hintergründe, Zielsetzung.....	S. 6-17
2.1 Die Asiatische Buschmücke und ihre Biologie.....	S. 6-10
2.2 Die Folgen der Einführung der Asiatischen Buschmücke in Hessen und Rheinland-Pfalz.....	S. 10-15
2.2.1 Ökologische Folgen.....	S. 14
2.2.2 Gesundheitliche Folgen.....	S. 14-15
2.2.3 Ökonomische Folgen.....	S. 15
2.3 Projektstruktur, Arbeitspakete, Zielsetzung.....	S. 15-17
3 Prävention und Bekämpfung (Arbeitspaket 1).....	S. 18-35
3.1 Eiablagepräferenz und Larvenfitness.....	S. 18-35
3.1.1 Gefäßfarbe.....	S. 19-23
3.1.2 Gefäßmaterial.....	S. 23-26
3.1.3 Haushaltsgefäße.....	S. 26-31
3.1.4 Abschreckstoffe.....	S. 32-35
3.1.5 Nährstoffe.....	S. 35
4 Temperaturabhängigkeit (Arbeitspaket 2).....	S. 36-51
4.1 Eier.....	S. 36-38
4.2 Larven und Imagines.....	S. 38-45
4.3 Temperaturabhängige Wirkung von Insektiziden.....	S. 45-51
5 Konkurrenzstärke (Arbeitspaket 3).....	S. 52-57
5.1 Änderungen gegenüber dem Projektantrag.....	S. 52
5.2 <i>Culiseta annulata</i>	S. 52-55
5.3 Besiedlung von Brutgewässern.....	S. 55-57
6 Evaluierung von Bekämpfungsmaßnahmen (Arbeitspaket 4).....	S. 58-60
7 Abschließende Bemerkungen.....	S. 61-63
8 Literaturliste.....	S. 64-69

1 Zusammenfassung

Die Asiatische Buschmücke ist eine exotische Stechmücke, die unter anderem in Rheinland-Pfalz und Hessen nachgewiesen wurde. Sie ist unter Laborbedingungen ein kompetenter Überträger arboviraler Krankheiten, könnte Auswirkungen auf die einheimische Stechmückenfauna haben und ihre Anwesenheit kann zu Belästigungen des Menschen führen. Über die Biologie, ihre Präferenzen bei der Eiablage, Temperaturtoleranz oder Konkurrenzverhalten, ist wenig bekannt, die meisten Daten stammen dabei aus den Vereinigten Staaten. Dieses Projekt versucht erste Einblicke in die Biologie einer deutschen Population der Asiatischen Buschmücke zu erlangen. Dabei konnten während der Projektlaufzeit Daten zur Eiablagepräferenz, Fütterung unter Laborbedingungen, zu abschreckenden Stoffen bei der Eiablage, zum Temperaturbereich für die Entwicklung sowie zur Überwinterung der Eier erfasst werden.

Für Präventionsmaßnahmen ist die Kenntnis, welche Eiablagegefäße und damit welche Bruthabitate von der Asiatischen Buschmücke genutzt werden, um Brutaktivität ggf. zu vermeiden oder Larvenvorkommen mit Insektiziden gezielt zu behandeln. Unsere Versuche haben gezeigt, dass schwarze Gefäße sowie Gefäße aus Holz und Ton (z. B. wasserhaltende Blumentöpfe) besonders gerne von trächtigen Weibchen der Art für die Eiablage genutzt werden. Weiterhin konnten wir zeigen, dass die Asiatische Buschmücke eine Vielfalt von Haushaltsgegenständen zur Eiablage verwendet, daher sollten weggeworfene, regenwassergefüllte Becher, Tüten oder absichtlich platzierte Vasen und Kannen vermieden werden. Der organische Anteil im Wasser der Bruthabitate kann hoch sein, ohne dass dies Nachteile für die Larvenentwicklung hat. Um die Eiablage zu unterbinden, haben sich ätherische Öle aus Nelke und Lavendel als sehr wirkungsvoll herausgestellt. Diese Öle haben weiterhin auch eine toxische Wirkung auf Larven der Asiatischen Buschmücke. Da auch die Temperatur ein wichtiger Einflussfaktor bei der Wirkung von Insektiziden ist, haben wir die temperaturabhängige Wirkung von Nelkenöl und zwei weiteren pflanzlichen Substanzen untersucht, wobei die Wirkung des Nelkenöls im Bereich von 17°C bis 25°C temperaturstabil ist. Bevor

Nelkenöl für die Anwendung empfohlen werden kann, möchten wir in einem Folgeprojekt eine mögliche Resistenzentwicklung und die Wirksamkeit unter Freilandbedingungen untersuchen. Weiterhin haben wir den Temperaturbereich für die Entwicklung von der Larve zum adulten Weibchen aufgrund selbst erhobener Experimentaldaten berechnen können. Die Optimaltemperatur der Entwicklung unter konstanten Temperaturen liegt bei 26°C, die untere Grenze der Entwicklung bei 7°C und die obere bei 31°C. Das Eistadium, welches das vornehmliche Überwinterungsstadium ist, überlebt bis zu zwei Wochen bei 5°C und 0°C, bei -9°C allerdings liegt der nicht-erfolgte Larvenschlupf bereits nach drei Tagen bei mehr als 80%. Daraus lässt sich schließen, dass in kalten Winter (-9°C) die Populationsgröße stark dezimiert werden kann. Temperaturabhängige Daten zu Lebenszyklusparametern der Asiatischen Buschmücke können in phänologische und epidemiologische Modelle einfließen, aus denen Verbreitungskarten und Frühwarnsysteme hervorgehen können.

2 Allgemeine Einleitung, Hintergründe, Zielsetzung

Durch menschliche Aktivitäten im immer besser vernetzten globalen Handel, Tourismus und Transport werden gebietsfremde Arten absichtlich oder unabsichtlich in neue Lebensräume eingebracht. Gemäß der EU-Verordnung Nr. 1143/2014 ist eine gebietsfremde Art als invasiv einzustufen, wenn sie „nachteilige Folgen für die Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen sowie andere soziale und wirtschaftliche Auswirkungen [hat], die verhindert werden sollen.“ Durch den Klimawandel können diese Auswirkungen invasiver Arten verstärkt werden (EU 2014). Ein Abflachen der Rate von Erstnachweisen gebietsfremder Arten ist nicht sichtbar (Seebens et al. 2017). Derzeit kommen innerhalb Europas etwa 12.000 gebietsfremde Arten vor (EU 2014), eine davon ist die Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus japonicus* Theobald 1901), mit der sich dieses Projekt befasst hat. Diese Art ist gemäß oben genannter Verordnung nicht als invasiv eingestuft, allerdings werden Begriffe wie „invasiv“ und „gebietsfremd“ nicht einheitlich verwendet (Colautti & MacIsaac 2004). Es wird vermutet, dass die Asiatische Buschmücke im Eistadium durch den internationalen Handel in neue Gebiete eingeführt wurden.

2.1 Die Asiatische Buschmücke und ihre Biologie

Die Asiatische Buschmücke ist eine Art aus der Familie der Stechmücken (Culicidae). Der derzeit gültige wissenschaftliche Name lautet *Aedes (Hulecoeteomyia) japonicus*. Neben diesem Namen wird weiterhin das Synonym *Hulecoeteomyia japonica* verwendet. Frühere Namen dieser Art lauteten *Ochlerotatus japonicus* und *Aedes (Finlaya) japonicus* (ECDC 2005-2017). Innerhalb der Art werden weiterhin vier Unterarten aufgrund ihres geografischen Auftretens eingeteilt (*A. j. japonicus*, *A. j. shintienensis*, *A. j. yaeyamensis* und *A. j. amanuensis*) (Cameron et al. 2010). Die Unterart *A. j. japonicus* ist die Unterart, die weltweit eingeschleppt wurde und als gebietsfremde Art eine Rolle spielt. Im folgenden Text wird daher die Bezeichnung „Asiatische Buschmücke“ mit der Unterart *A. j. japonicus* gleichgesetzt.

Stechmücken kommen in vielen unterschiedlichen Habitaten vor (Becker et al. 2010), wobei die unterschiedlichen Arten sich in ihren Präferenzen unterscheiden, so z. B. in ihrer Präferenz für einen Wirt für die Blutmahlzeit (Amphibien, Reptilien, Säugetiere) oder für ihr aquatisches Larvenhabitat (Größe, Salzgehalt, Verschmutzungsgrad etc.). Während ihres Lebenszyklus (Abb. 1) brauchen Stechmücken unterschiedliche Habitate.

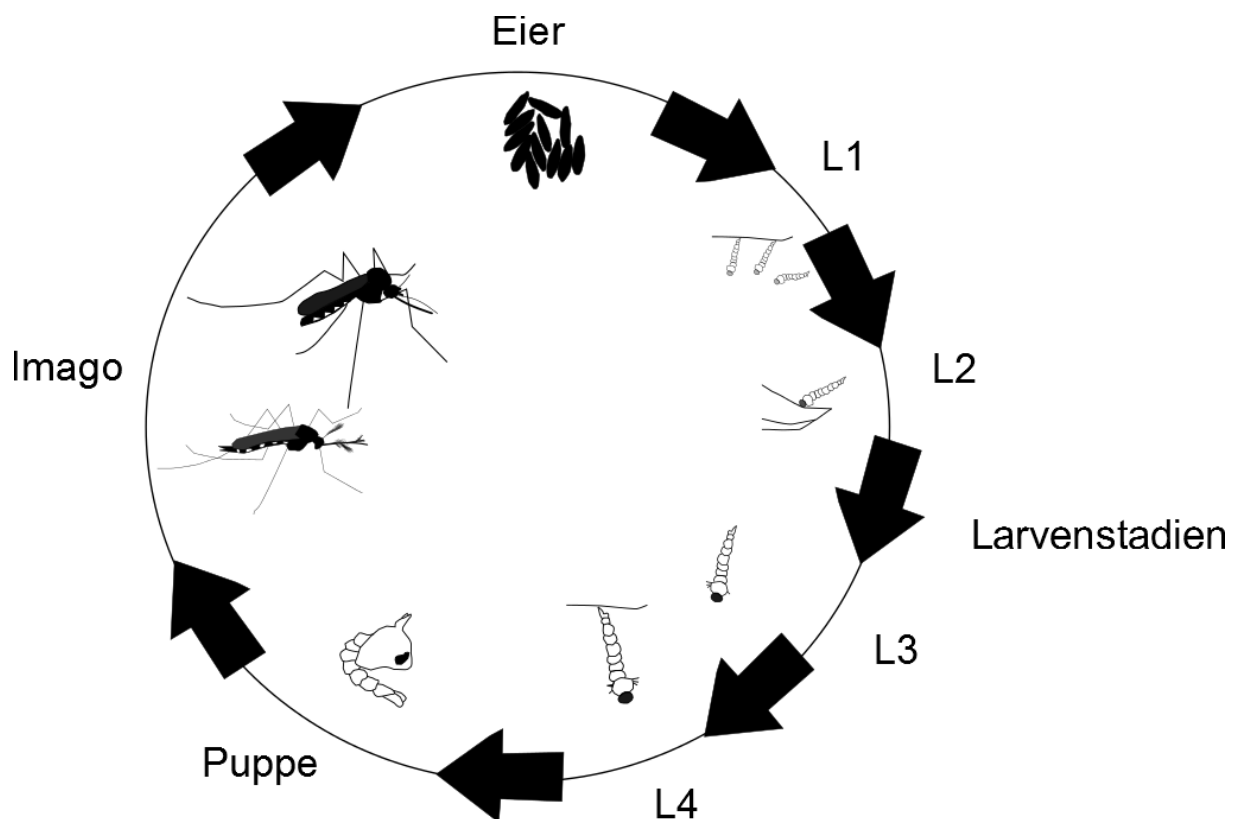


Abb. 1: **Der Lebenszyklus von Stechmücken der Gattung *Aedes*.** L: Larvenstadium. Erläuterungen im Fließtext.

Zur Eiablage sind aquatische Habitate nötig. Dabei werden drei Eiablagemodi unterschieden. (1) Einzeleier auf die Wasseroberfläche. Dies wird von Weibchen der Gattung *Anopheles* gemacht. (2) Eischiffe auf der Wasseroberfläche. Dieser Modus der Eiablage kommt in der Gattung *Culex* sowie der Untergattung *Culiseta* vor. (3) Einzeleier auf Substrat. Diese Möglichkeit der Eiablage kommt bei der Gattung *Aedes* vor (Becker et al. 2010), zu der auch die

Asiatische Buschmücke gehört. Weibchen der Asiatischen Buschmücke legen nach der Fortpflanzung und einer Blutmahlzeit Einzeleier auf Höhe der Wasserlinie ab. Dabei werden als natürliche Habitate Baumhöhlen oder Gesteinsauswaschungen genutzt (Tanaka et al. 1979). Weiterhin werden Eier in künstlichen, vom Menschen gemachten Gewässern wie Blumenvasen, Regentonnen oder Autoreifen abgelegt (Bartlett-Healy et al. 2012). Die Anzahl der Eier variiert zwischen 3 und 249 Eiern pro Weibchen (Mittelwert 114 ± 51 SD, *standard deviation*; Oliver & Howard 2005). Dabei ist zu beachten, dass die Eiablage wahrscheinlich unterbrochen und in einem anderen Gewässer weitergeführt werden kann, und dass mehrere Weibchen Eier in ein Habitat ablegen können. Direkt nach der Eiablage beginnt die Embryonalentwicklung im Ei. Deren Dauer ist temperatur- und art-abhängig. Bei Raumtemperatur und ausreichender Feuchte ist die Embryonalentwicklung der Asiatischen Buschmücke innerhalb von 7 Tagen nach Eiablage abgeschlossen (Oliver & Howard 2005). Ihre Eier sind aber bis zu 8 Wochen austrocknungsresistent (Hoshino et al. 2010). Dies erlaubt das Überdauern von Trockenperioden. Deshalb sind die Eier auch das Hauptüberwinterungsstadium, in manchen Gebieten überwintern allerdings auch die Larven. Über die Temperaturtoleranz von Eiern der Asiatischen Buschmücke ist nichts bekannt.

Der Larvenschlupf erfolgt, wenn die Wasserlinie hoch genug ist und die Eier überflutet sind. Stechmücken haben vier aufeinanderfolgende, aquatische Larvenstadien, zwischen denen jeweils eine Häutung stattfindet. Bei der letzten Häutung verpuppt sich die Larve und es schließt sich ein ebenfalls aquatisches Puppenstadium an. Beide Stadien sind mobil und bewegen sich in der Wassersäule, können aber das Gewässer nicht aktiv verlassen. Während das Puppenstadium nicht frisst, nehmen Larven Nahrung auf. In New Jersey, USA, wurden Larven und Puppen der Asiatischen Buschmücke in Gewässern mit einer durchschnittlichen Temperatur von 16.5°C ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ SE, *standard error*) und einem durchschnittlichen pH von 7.5 (± 0.1 SE) gefunden (Bartlett-Healy et al. 2012). Natürliches Futter sind eingetragenes organisches Material, wie Blätter oder tote Tiere, oder im Behälter entstehende Biofilme, z.B. aus Algen oder Mikroorganismen, Exkreme, Exuvien oder tote Individuen der Asiatischen Buschmücke. In der Laborhaltung werden die Larven mit gemahlener

Fischfuttern gefüttert, z.B. LabDiet von Purina (Williges et al. 2008), TetraMin von Tetra (Bock et al. 2015) oder Swimmy Baby von Nippon Pet Food (Hoshino et al. 2010). Das Futter muss es den Larven insbesondere ermöglichen, Proteine aufnehmen zu können (Bock et al. 2015).

Nach der Verpuppung und Metamorphose schlüpfen die Imagines der Asiatischen Buschmücke. Dieser adulte Schlupf wird Emergenz genannt. Die beiden Geschlechter der Asiatischen Buschmücke sind morphologisch gut an den Antennen (Hörorgane) und den Tastern (Palpen) zu unterscheiden (Abb. 2).

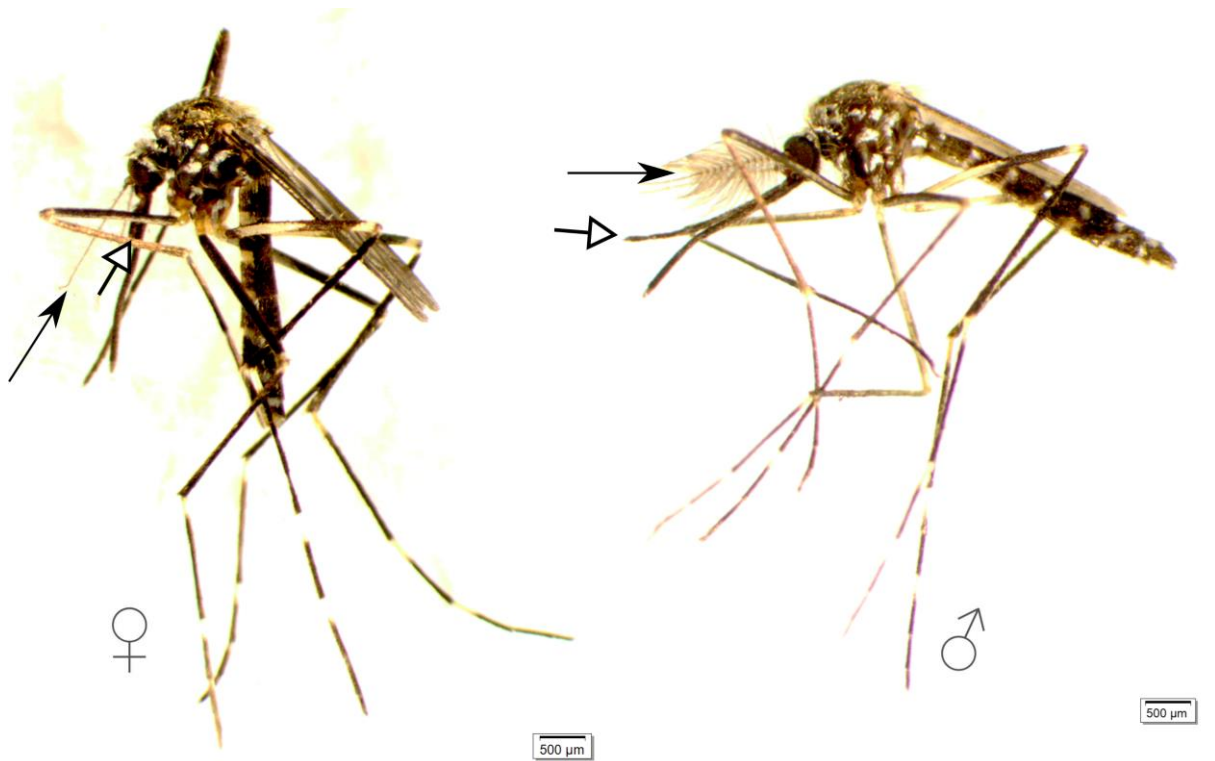


Abb. 2: **Geschlechtsdimorphismus der Imagines der Asiatischen Buschmücke.** Links ist ein Weibchen und rechts ein Männchen abgebildet. Die schwarzen Pfeile zeigen auf die Antennen, weiße Pfeile zeigen auf die Palpen.

Die Weibchen der Asiatischen Buschmücke haben dünne, fadenförmige Antennen, während Männchen buschige Antennen haben. Als weiteres Unterscheidungsmerkmal der Geschlechter dient die Länge der Palpen. Bei Weibchen sind diese halb so lang oder kürzer als der Stechrüssel. Bei Männchen haben sie die gleiche Länge wie der Stechrüssel. Bei den Imagines sind die Flügel voll ausgebildet und sie verlassen das aquatische Habitat. Meistens sind Imagines in bewaldeten, schattigen Gebieten zu finden. Männchen und Weibchen paaren sich nachdem sie einen Partner in einem Schwarm gefunden haben (eurygam; Hoshino et al. 2010). Dazu verlassen sie den Schwarm und paaren sich im Flug in einer Bauch-an-Bauch-Haltung (Becker et al. 2010). Die Weibchen müssen eine Blutmahlzeit aufnehmen, um Eier ausbilden zu können (nicht autogen; Becker et al. 2010). Präferierte Wirte für die Blutmahlzeit sind Säugetiere inklusive dem Menschen. Weiterhin werden unter Laborbedingungen auch Vögel für die Blutmahlzeit gestochen. Fünf Tage nach einer Blutmahlzeit legen die Weibchen der Asiatischen Buschmücke Eier ab (Hoshino et al. 2010). Die Asiatische Buschmücke durchläuft diesen Lebenszyklus mehrfach pro Jahr (Multivoltinismus).

2.2 Die Folgen der Einführung der Asiatischen Buschmücke in Hessen und Rheinland-Pfalz

Zu Beginn des Projektes im Jahr 2014 gab es bereits Nachweise der Asiatischen Buschmücke aus Rheinland-Pfalz, während keine hessischen Populationen bekannt waren (Abb. 3). Zum Projektabschluss im Jahr 2017 gab es auch einen Bericht über einen Fundort in Hessen (Abb. 3).

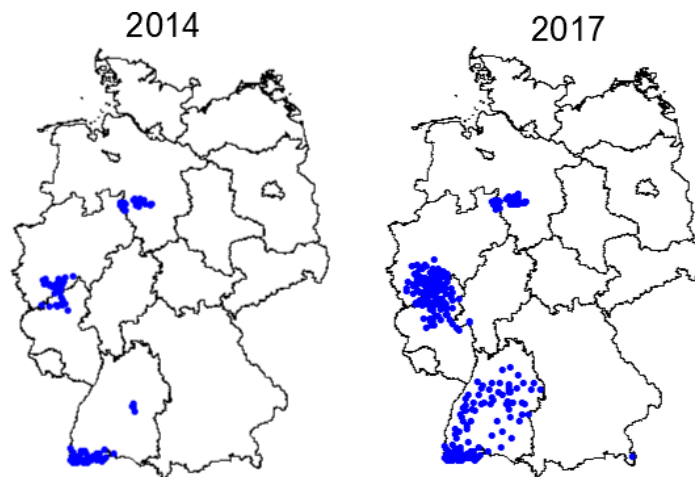


Abb. 3: Fundorte der Asiatischen Buschmücke in Deutschland zu Projektbeginn (2014) und –abschluss (2017). Die Fundorte wurden anhand der Koordinaten oder Beschreibungen in folgenden Publikationen erfasst: Schaffner et al. (2009), Becker et al. (2011), Schneider (2011), Kampen et al. (2012), Werner & Kampen (2013), Huber et al. (2014), Zielke et al. (2014), Melaun et al. (2015), Zielke et al. (2015), Kampen et al. (2016).

Die erfolgreiche Ansiedlung einer Art an einem nicht-heimischen Standort ist in vier Stadien unterteilt (Abb. 4), die alle erfolgreich durchlaufen werden müssen: die Einschleppung, die Besiedlung, die Etablierung sowie die Ausbreitung.

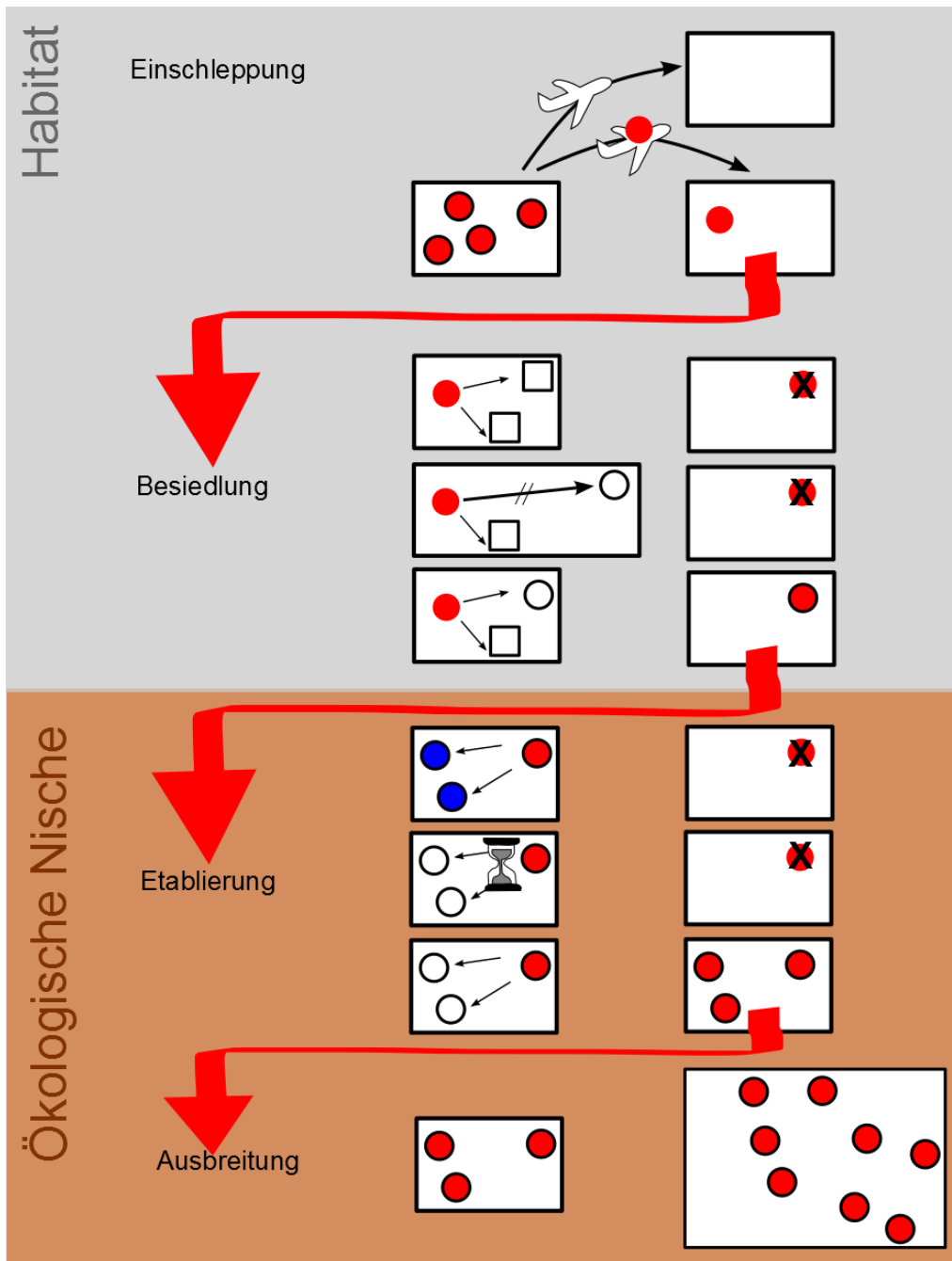


Abb. 4: Die vier Stadien eines Invasionsprozesses.

Einschleppung: Eine invasive Art (hier: roter Punkt) muss über einen geeigneten Transportweg (in der Abbildung als Flugzeug symbolisiert) aus ihrer Ursprungspopulation heraus an einen neuen Ort verbracht werden. Dies kann absichtlich oder unabsichtlich durch menschliche Aktivitäten erfolgen. Erreicht eine Art einen neuen Lebensraum, so muss sie in diesem

überleben können (Besiedlung). Dazu muss ein Habitat gefunden werden, das die Ansprüche der Art an einen Lebensraum erfüllt (hier: weißer Kreis; weißes Quadrat: ungeeignetes Habitat). Die Art kann aufgrund ihrer begrenzten (aktiven) Ausbreitung nicht zu einem vom Einschleppungsort entfernten Habitat gelangen oder sie hat nur eine begrenzte Zeit (z.B. bei temporären Habitaten), um ein Habitat zu besiedeln. Ist die Besiedlung geglückt (roter Kreis mit schwarzer Umrandung), so muss sich die invasive Art in eine ökologische Nische eingliedern (Etablierung). Dies kann geschehen, wenn ökologische Nischen unbesetzt sind oder wenn die invasive Art konkurrenzstärker als die vorhandene Art ist (blauer Kreis: die Nische ist besetzt und die vorhandene Art ist konkurrenzstärker). Eine ökologische Nische kann nicht besetzt werden, wenn die invasive Art z.B. für unterschiedliche Lebensstadien verschiedene ökologische Nischen braucht und diese nur temporär verfügbar sind oder die invasive Art nicht rechtzeitig eine ökologische Nische belegen kann. Die räumliche Ausbreitung einer Art durch aktive Wanderung beendet einen erfolgreichen Invasionsprozess.

Aufgrund der genetischen Analysen sowie dem mehrjährigen Auffinden der Asiatischen Buschmücke ist davon auszugehen, dass sich die Art in Deutschland aktiv ausbreitet. Weiterhin gibt es Hinweise auf mehrere Einschleppungsvorgänge (Zielke et al. 2015), sodass sich die verschiedenen Populationen in Deutschland in unterschiedlichen Stadien des Invasionsprozesses (Abb. 4) befinden. Die Asiatische Buschmücke in Rheinland-Pfalz ist bereits im Stadium der räumlichen Ausbreitung während die hessische Population erst kürzlich, evtl. durch räumliche Ausbreitung einer rheinland-pfälzischen Population, entstanden ist. Aufgrund von Temperaturnischenmodellierungen wird erwartet, dass die Asiatische Buschmücke ihr Verbreitungsgebiet in Zukunft erweitern könnte und in großen Teilen von Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Hessen, dem Saarland und Baden-Württemberg vorkommen könnte. Weiterhin werden punktuelle Vorkommen in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Sachsen und Bayern erwartet (Melaun et al. 2015).

2.2.1 Ökologische Folgen

Zu den möglichen ökologischen Folgen einer Etablierung der Asiatischen Buschmücke gehört die Konkurrenz zu heimischen Stechmückenarten, die die gleichen Bruthabitate besiedeln. Aus Europa ist unserer Kenntnis nach noch nicht bekannt, mit welchen Stechmückenarten die Asiatische Buschmücke vorkommt, andere Arten, die in stehenden Kleingewässern brüten sind beispielsweise Arten des *Culex pipiens*-Komplexes und *Anopheles plumbeus*. Aus den USA ist bekannt, dass die Anzahl der Larven heimischer Stechmückenarten (besonders *Ochlerotatus triseriatus* und *Culex restuans*) seit der Besiedlung durch die Asiatische Buschmücke zurückgeht (Andreadis & Wolfe 2010). In Konkurrenzexperimenten mit in Nordamerika heimischen Arten unter Laborbedingungen, hat die Asiatische Buschmücke gegenüber *Aedes triseriatus* einen schwachen Konkurrenzvorteil, da sie sich schneller entwickelt (Alto 2011) und gegenüber *Aedes atropalpus* einen schwachen Vorteil, da sie sich besser unter hohen Larvendichten entwickeln können (Armistead et al. 2008). Gegenüber der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) ist sie ein schwächerer Konkurrent bezüglich Überlebensrate, längerer Entwicklungszeit und niedrigerer Populationswachstumsrate (Armistead et al. 2009).

2.2.2 Gesundheitliche Folgen

Die Asiatische Buschmücke ist unter Laborbedingungen ein Überträger von Viren und anderen Pathogenen, z.B. für Chikungunya-, Dengue-Viren (Schaffner et al. 2011), West-Nil-Virus (Sardelis & Turell 2001), Japanischer Enzephalitis-Virus (Takashima & Rosen 1989) und La Crosse-Virus (Sardelis et al. 2002). Eine deutsche Population der Asiatischen Buschmücke wurde im Labor kompetent für die Übertragung von Japanischer Enzephalitis Viren, allerdings nicht für West-Nil-Viren befunden (Huber et al. 2014). Da diese Nachweise ausschließlich im Labor erbracht wurden, wird „die gesundheitliche Bedeutung daher zum jetzigen Zeitpunkt als eher gering eingeschätzt“ (Kuhn 2014). Auch die niedersächsische Landesregierung sieht „zurzeit keine Relevanz für die öffentliche Gesundheit“ im Zusammenhang mit

dem Vorkommen der Asiatischen Buschmücke (Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung 2016).

2.2.3 Ökonomische Folgen

Die ökonomischen Kosten, die durch die Einschleppung einer invasiven Art entstehen können, lassen sich in zwei Bereiche gliedern: (1) Kosten zur Verhinderung der Etablierung bzw. Ausbreitung und (2) Kosten nach der Etablierung. In den ersten Bereich fallen Kosten für Präventions-, Monitoring- und Bekämpfungsmaßnahmen und deren Organisation, während in den zweiten Bereich Kosten für die ärztliche Behandlung von Stichen und evtl. übertragenen Krankheiten fallen. Forschungskosten können in beiden Bereichen entstehen. Derzeit werden keine Maßnahmen in Deutschland gegen die Asiatische Buschmücke durchgeführt. Allerdings gibt es zahlreiche Projekte, welche sich allgemeiner mit dem Vorkommen von Stechmücken und Stechmücken-übertragenen Krankheiten beschäftigen. Dies sind beispielsweise der Mückenatlas, sowie die BLE/BMEL-finanzierten Projekte Stechmückenmonitoring in Deutschland (CuliMo) und Stechmücken und Stechmücken-übertragene Zoonosen in Deutschland (CuliFo). Die nationale Expertenkommission „Stechmücken als Überträger von Krankheitserregern“ schätzt die Kosten für die Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) auf 7 Euro pro Grundstück bei der Bekämpfung in Einzelgewässern. Sowie auf 1000 Euro pro Hektar für die Bekämpfung mit Fallen und 50 Euro pro Hektar für die Bekämpfung mit *Bacillus thuringiensis israelensis* (Nationale Expertenkommission Stechmücken 2016). Derzeit gibt es keine Kostenabschätzung für die Bekämpfung bzw. Prävention der Asiatischen Buschmücke.

2.3 Projektstruktur, Arbeitspakete, Zielsetzung

Das Projekt hat gemäß des Projektantrages die „Entwicklung, Erprobung und ökotoxikologische Bewertung von Methoden zur Prävention der Ansiedlung und Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke (*Aedes japonicus*) in Hessen und Rheinland-Pfalz unter besonderer Berücksichtigung ihrer Klimaanpassung und Konkurrenz zu einheimischen Stechmücken und

zur Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*)“ zum Ziel. Dies ist auch der offizielle Projekt-
 titel. Im Folgenden wird der Titel mit „AJAP“ zur besseren Verständlichkeit abgekürzt. Zur
 Bearbeitung wurde das Projekt in vier Arbeitspakete gegliedert (Tab. 1).

Tab. 1: **Übersicht über die Arbeitspakete des Projektes AJAP.** Im Arbeitspaket 3 „Kon-
 kurrenzstärke“ gibt es erhebliche Abweichungen vom Projektantrag. Diese werden im Ab-
 schnitt 5.1 erläutert. Die mit * gekennzeichneten Punkte des Arbeitspakets wurden nicht
 durchgeführt, dafür wurden andere (†) zusätzlich gemacht.

Arbeitspaket	Titel	Kurzbeschreibung	Experimente
1	Prävention und Bekämpfung	Etablierung einer Laborpopula- tion Eiablagepräferenz Larvenfitness	NA Gefäßfarbe Gefäßmaterial Haushaltsgefäße Abschreckstoffe Nährstoffe
2	Temperaturabhängigkeit	Eier Larven Insektizide	Temperaturgrenzen und Expositions- dauer Temperaturgrenzen Pyrethrum <i>Bacillus thuringien- sis israelensis</i> Nelkenöl Zitronengrasöl
3	Konkurrenzstärke	Einheimische Art <i>Culex pipiens</i> * Gebietsfremde Art <i>Aedes albopictus</i> *	NA NA

Tab. 1: Forts.

Arbeitspaket	Titel	Kurzbeschreibung	Experimente
		Einheimische Art <i>Culiseta annulata</i> † Futterquantität †	Dichteabhängigkeit Feldexperiment Baden- Württemberg
4	Bewertung	Prävention Bekämpfung Ökologie Gesundheit Ökonomie	NA NA NA Geplante Testung auf Westnilvirus- Kompetenz durch Dr. Eva Veronesi, Universität Zürich, Schweiz Umfrage Freiburg und Marburg

Die Zielsetzung dieses Projektes ist es, Präventions- und Bekämpfungsmaßnahmen zu erarbeiten, die (a) auf der Ebene der beiden Bundesländer einfach anwendbar sind, (b) kostengünstig, und (c) umweltfreundlich sind. Weiterhin sollten mögliche Folgen, wie Anpassung, Insektizidresistenzen und die Akzeptanz der Maßnahmen beim Menschen, in der Bewertung abgewogen werden. Die ursprüngliche Projektlaufzeit wurde um acht Monate kostenneutral verlängert.

3 Prävention und Bekämpfung (Arbeitspaket 1)

3.1 Eiablagepräferenz und Larvenfitness

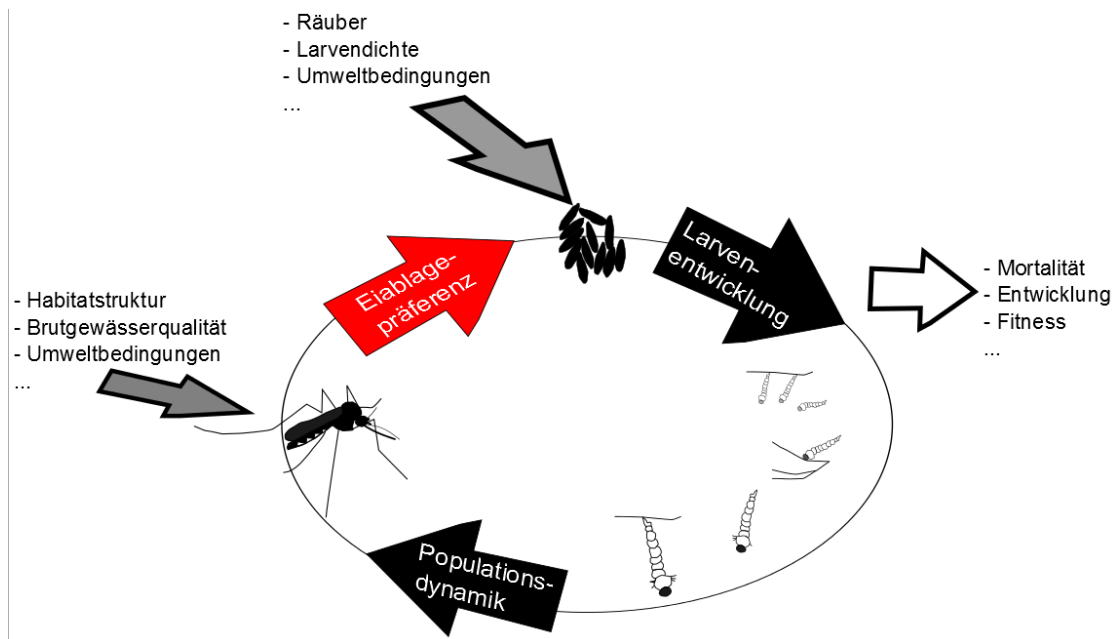


Abb. 5: Einleitung „Eiablagepräferenz und Larvenfitness“.

Die Eiablagepräferenz der trächtigen weiblichen Stechmücken beeinflusst den Erfolg der nachfolgenden Generation. Die Eiablagepräferenz-Nachwuchsleistungsfähigkeitshypothese (englisch: *oviposition preference-offspring performance hypothesis*; Abb. 5) besagt, dass Weibchen das beste Habitat zur Eiablage wählen, um das maximale Überleben und die beste Entwicklung ihres Nachwuchses zu gewährleisten. Die Eiablagepräferenz kann dabei räumlich und zeitlich variabel sein, da das Habitat heterogen ist und die Umweltbedingungen, z.B. die Umgebungstemperatur oder der Wasserstand des Bruthabitats, sich ständig verändern.

Die Eiablagepräferenz-Nachwuchsleistungsfähigkeitshypothese kann man besonders gut an Weibchen der Asiatischen Buschmücke untersuchen, da diese in vielen unterschiedlichen

natürlichen und künstlichen Gefäßen Eier ablegen (englisch: *container-breeding mosquito*). Die große Vielfalt der möglichen Bruthabitate ermöglicht eine Anpassung der Eiablagepräferenz je nach Umgebungsbedingung. Die aus den Eiern schlüpfenden Larven sind an den für die Eiablage gewählten aquatischen Lebensraum gebunden. Der Ort der Eiablage beeinflusst daher das Larvenwachstum mehr als dies für mobilere Stadien der Fall ist. Weiterhin ist von anderen Arten der Gattung *Aedes* bekannt, dass die Weibchen die Eiablage unterbrechen, wenn sie z.B. gestört werden, und in einem anderen Gefäß weiterlegen.

Da die Eiablagepräferenz so eng mit der Larvenentwicklung zusammenhängt, wurden in diesem Arbeitspaket Experimente zu beiden Bereichen der Eiablagepräferenz-Nachwuchsleistungsfähigkeitshypothese durchgeführt. Es wurden Freilandversuche durchgeführt, um die zur Eiablage bevorzugten Gefäßfarben und Gefäßmaterialien bei unterschiedlichen Gefäßvolumina zu ermitteln. Weiterhin wurden zwei explorative Freilandversuche mit (a) Haushaltsgefäßen und (b) potentiellen Abschreckstoffen durchgeführt. In Laborversuchen wurde die Larvenentwicklung unter verschiedenen Nährstoffbedingungen untersucht.

3.1.1 Gefäßfarbe

Stand der Forschung: Bei Stechmücken der Gattung *Aedes* wurden folgende Präferenzen für Gefäßfarben gefunden. *Aedes triseriatus* legt bevorzugt Eier in schwarze Gefäße, wenn Gefäße mit weißen, grauen und schwarzen Wänden im Labor angeboten werden, wobei der Autor annimmt, dass weniger die Farbe, sondern eher die geringe Reflexion der dunklen Gefäßwände, und damit eine schnellere Erwärmung, eine Rolle spielt (Wilton 1968). In den USA wurden Larven und Puppen der Asiatischen Buschmücke im Freiland vor allem in schwarzen und grauen Gefäßen gefunden (Bartlett-Healy et al. 2012). Wissen über die visuellen Stimuli und damit über die Farbwahrnehmung adulter Stechmücken ist nicht nur für die Vermeidung von attraktiven Brutgewässern im Sinne von Präventionsmaßnahmen wichtig, sondern auch für das Design von effizienten Fallen für Überwachungsmaßnahmen. In ihrem Ursprungsgebiet in Japan kommen die aquatischen Stadien der Asiatischen Buschmücke in

natürlichen Habitaten wie Gesteinsauswaschungen und Baumhöhlen vor (Tanaka et al. 1979). Daneben sind künstliche Gefäße, wie Vasen oder Töpfe, larvale Bruthabitate.

Material und Methoden: In einem Garten eines Einfamilienhauses in Biberach (Baden) wurde ein Blockdesign aus 12 Gefäßen dreifach aufgestellt. Gemäß dem Projektantrag wurden hier die vier Gefäßfarben schwarz, grün, gelb und weiß sowie die Gefäßvolumina 100 mL, 500 mL und 1000 mL verwendet. Die Länge der Wasserlinie der drei Gefäßgrößen war 10 cm, 15 cm bzw. 18 cm. Die Anordnung der Gefäße innerhalb eines Blocks war zufällig. Die Zahl der abgelegten Eier wurde für vier Zeiträume im Jahr 2014 untersucht: 5.-20. Mai (Mai), 20. Mai-3. Juni (Mai/Juni), 3.-17. Juni (Juni) und 17. Juni-15. Juli (Juni/Juli). Da diese Zeiträume unterschiedlich lang waren, wurde bei der Auszählung der Eier die Eieranzahl pro Woche normiert. In der Zeit vom 1. März-5. Mai wurde der Experimentaufbau nicht zur Eiablage genutzt, daher wird dieser Zeitraum hier nicht weiter analysiert. Zeitgleich wurden die Experimente zu den Gefäßmaterialien und Abwehrstoffe im selben Garten durchgeführt. Um Konkurrenz zwischen Experimenten und Replikaten eines Experiments zu minimieren, wurden die verschiedenen Blocks außer Sichtweite zueinander aufgestellt. Als Gefäße wurden durchsichtige Plastikbecher verwendet, die von außen mit entsprechenden Acrylfarben gestrichen wurden. Diese wurden wenige Zentimeter eingegraben, um ein Umfallen zu verhindern. Die Anzahl abgelegter Eier pro Woche und 1 cm Wasserlinie wurde als Parameter für die Farbpräferenz bei der Eiablage aufgenommen. ANOVAs für zwei bzw. drei unabhängige Variablen wurden durchgeführt, um den Einfluss von Gefäßfarbe und Länge der Wasserlinie des Gefäßes auf die Anzahl gelegter Eier bzw. um den Einfluss von Gefäßfarbe und Länge der Wasserlinie des Gefäßes auf die Anzahl gelegter Eier pro Zeitpunkt zu testen.

Ergebnisse: Im Mai wurden 276 Eier im Versuchsaufbau abgelegt, 1.050 Eier im Mai/Juni, 3.252 Eier im Juni sowie 4.579 Eier im Juni/Juli, sodass insgesamt über die vier Zeiträume 9.157 Eier im Experiment gezählt wurden. Im Mai wurden die meisten Eier (88%) in schwarze Gefäße gelegt, gefolgt von grünen (7%), weißen (3%) und gelben Gefäßen (2%). Im Mai/Juni wurden nur noch 58% der Eier in schwarze Gefäße gelegt, während die Eieranzahl

in den anders farbigen Gefäßen stieg (grün: 25%, gelb: 10%, weiß: 7%). Im Juni wurden die Eier relativ gleichmäßig in Gefäße aller Farben gelegt (schwarz: 34%, gelb: 28%, grün: 25%, weiß: 13%). Eine ähnliche Verteilung wurde auch im Juni/Juli vorgefunden (schwarz: 41%, grün: 25%, gelb: 21%, weiß: 13%; Abb.6). Die Anzahl der Eier pro Gefäß lag zwischen 0 und 639 Eiern.

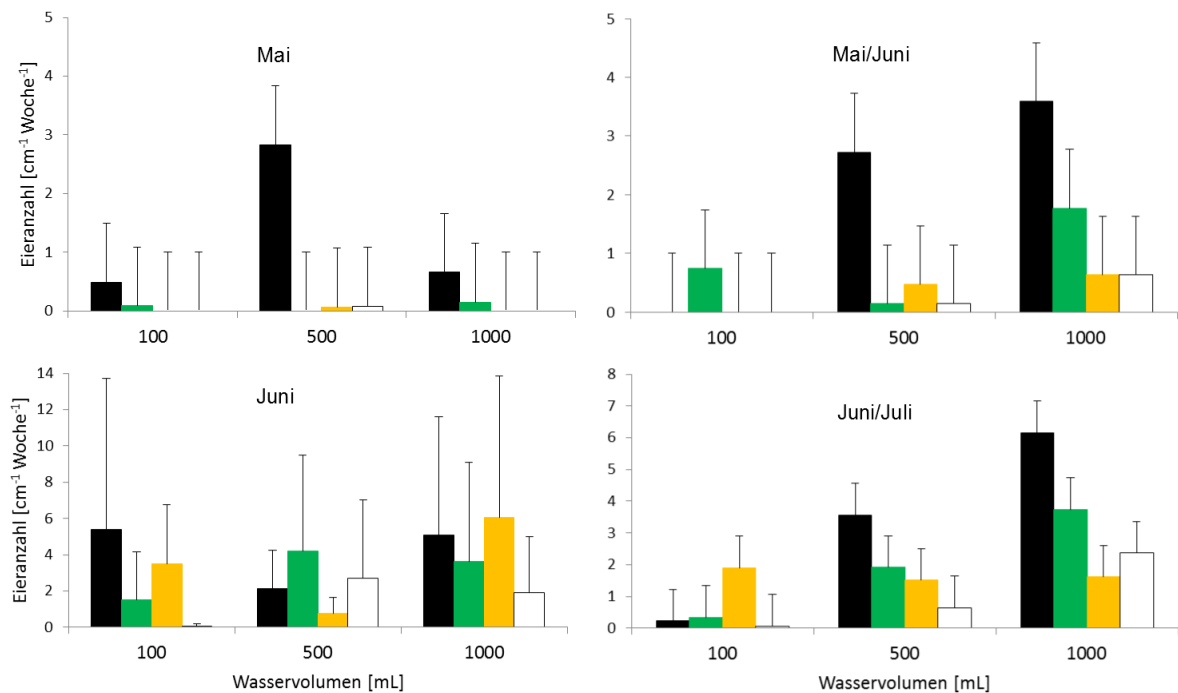


Abb. 6: Eiablagepräferenz für vier verschiedene Gefäßfarben und drei Wasservolumina während vier Zeitpunkten im Jahr 2014. Fehlerbalken geben die positive Standardabweichung wieder. Anmerkung: Die y-Achsen sind unterschiedlich skaliert.

Sowohl die Gefäßfarbe, als auch der Zeitpunkt und die Länge der Wasserlinie haben einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl abgelegter Eier. Pro Zeitpunkt haben die Gefäßfarbe und die Länge der Wasserlinie des Gefäßes (diese spiegelt das Gefäßvolumen wider) nur zum letzten Zeitpunkt (Juni/Juli) einen Einfluss auf die Eieranzahl (Tab. 2).

Tab. 2: Einfluss von Gefäßfarbe, Länge der Wasserlinie und Zeitpunkt auf die Anzahl gelegter Eier sowie der zeitliche Unterschied in der Eiablagepräferenz. Signifikante p-Werte wurden fett formatiert.

Einfluss von Gefäßfarbe, Länge der Wasserlinie und Zeitpunkt auf die Anzahl gelegter Eier						
Quelle der Variation	Zeitpunkt	Freiheitsgrade	Fehler-Quadrat-Summe	Quadratischer Mittelwert	F Wert	p-Wert
Gefäßfarbe (F)	Alle vier	3	68.5	22.83	3.18	0.028
Länge der Wasserlinie (WL)	Alle vier	2	53.8	26.92	3.74	0.027
Zeitpunkt (Z)	Alle vier	3	166.6	55.55	7.73	≤0.001
F:WL	Alle vier	6	16.0	2.67	0.37	0.895
F:Z	Alle vier	9	14.4	1.60	0.22	0.991
WL:Z	Alle vier	6	29.5	4.91	0.68	0.663
F:WL:Z	Alle vier	18	93.2	5.18	0.72	0.783
Residuen	Alle vier	96	690.2	7.19		
Zeitliche Eiablagepräferenz						
Quelle der Variation	Zeitpunkt	Freiheitsgrade	Fehler-Quadrat-Summe	Quadratischer Mittelwert	F Wert	p-Wert
Gefäßfarbe (F)	Mai	3	5.315	1.772	2.088	0.128
F	Mai/Juni	3	19.320	6.441	2.835	0.060
F	Juni	3	33.100	11.040	0.470	0.706
F	Juni/Juli	3	25.140	8.379	3.909	0.021
Länge der Wasserlinie (WL)	Mai	2	0.618	0.309	0.364	0.699
WL	Mai/Juni	2	12.960	6.478	2.851	0.078
WL	Juni	2	21.400	10.690	0.455	0.640
WL	Juni/Juli	2	48.350	24.173	11.276	≤0.001
F:WL	Mai	6	1.736	0.289	0.341	0.908
F:WL	Mai/Juni	6	13.450	2.242	0.987	0.456
F:WL	Juni	6	63.200	10.530	0.448	0.839
F:WL	Juni/Juli	6	30.830	5.138	2.397	0.059
Residuen	Mai	24	20.360	0.848		
Residuen	Mai/Juni	24	54.530	2.272		
Residuen	Juni	24	563.900	23.500		
Residuen	Juni/Juli	24	51.450	2.144		

Diskussion: Mit diesem Experiment konnten wir zeigen, dass trächtige Weibchen der Asiatischen Buschmücke spät in der Flugsaison schwarze Gefäße bevorzugen. Diese Präferenz ist zu Beginn der Saison nicht gegeben. Von den drei untersuchten Gefäßvolumina, wurden

die größten Gefäße (1000 mL) bevorzugt, allerdings waren alle Gefäße des Versuchsaufbaus während des letzten Zeitpunkts mit Eiern besetzt. Die Eiablagepräferenz variiert zeitlich während der untersuchten Zeiträume. Mögliche Gründe dafür könnten sein: (a) Geringfügige Unterschiede zwischen Wassertemperaturen verschieden farbiger Gefäße. (b) Stärkere Eiablagepräferenz älterer Weibchen (später in der Saison) gegenüber jungen Weibchen zu Beginn der Flugsaison. (c) Die Verwendung von absoluten Werten der abgelegten Eier kann die statistischen Ergebnisse verzerren, da die Gesamtanzahl der Eier im Jahresverlauf stark ansteigt.

3.1.2 Gefäßmaterial

Stand der Forschung: Während die Gefäßfarbe ein visueller Stimulus für die Eiablage ist, beeinflusst das Gefäßmaterial haptisch die Eiablage. Durch raue Materialien wird die Oberfläche vergrößert, was mehr potentielle Eiablageplätze schafft, was vorteilhaft für die weiblichen Stechmücken sein kann. Weiterhin bieten Materialien mit Vertiefungen evtl. einen Austrocknungsschutz für die Eier. Da die Asiatische Buschmücke sowohl ausgewaschene Steine und Baumhöhlen (raue Oberflächen) als natürliche Bruthabitate als auch künstliche Gefäße wie Plastikbecher (raue und glatte Oberflächen) nutzt, sind offenbar sehr unterschiedliche Materialien für die Eiablage geeignet.

Material und Methoden: In dem Garten des Einfamilienhauses in Biberach (Baden) wurde ein Blockdesign aus 12 Gefäßen dreifach aufgestellt. Hier wurden nicht die drei Gefäßmaterialien Plastik, Metall und Glas gemäß dem Projektantrag, sondern Holz, Ton, Plastik und Glas untersucht. Weiterhin wurden die Gefäßvolumina 100 mL, 500 mL und 1000 mL verwendet. Die Länge der Wasserlinie der Holzgefäße betrug jeweils 16 cm, 22 cm und 30 cm, die der Glasgefäße 13 cm, 25 cm sowie 29 cm, die der Tongefäße 20 cm, 30 cm und 38 cm, die der Plastikgefäße entspricht 10 cm, 15 cm und 18 cm. Die Anordnung der Gefäße innerhalb eines Blocks war zufällig. Die vier Zeitpunkte waren 5.-20. Mai (Mai), 20. Mai-3. Juni (Mai/Juni), 3.-17. Juni (Juni) und 17. Juni-15. Juli (Juni/Juli). Davor wurden vom 1. März-5. Mai keine Eier in den Experimentaufbau gelegt, daher wird dieser Zeitraum hier nicht weiter

analysiert. Während dieser Zeitpunkte wurden ebenfalls die Experimente zur Gefäßfarbe und zu Abwehrstoffen aufgestellt, sodass diese in Konkurrenz standen. Um Konkurrenz zwischen Experimenten und Replikaten eines Experiments zu minimieren, wurden die verschiedenen Blocks außer Sichtweite zueinander aufgestellt. Die Gefäße wurden wenige Zentimeter eingegraben, um ein Umfallen zu verhindern. Die Anzahl abgelegter Eier pro Woche und 1 cm Wasserlinie wurde als Parameter für die Materialpräferenz bei der Eiablage aufgenommen. Holzgefäße wurden nur im Mai und im Juni/Juli aus logistischen Gründen ausgezählt. ANOVAs für zwei unabhängige Variablen wurden durchgeführt, um den Einfluss von Gefäßmaterial und Länge der Wasserlinie des Gefäßes auf die Anzahl gelegter Eier zu untersuchen.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 4.155 Eier im Versuchsaufbau des Materialversuches abgelegt. Die Eieranzahl pro Gefäß reicht von 0 bis 241 Eiern. Im Mai wurden insgesamt 484 Eier abgelegt, diese Zahl ist im Mai/Juni auf 388 Eier gesunken und stieg dann im Juni (766 Eier) und Juni/Juli (1.394 Eier) wieder an. Ohne die Holzgefäße zu betrachten, wurden die meisten Eier im Mai (51%), im Mai/Juni (59%) und im Juni (63%) in Tongefäße gelegt. Im Juni/Juli wurde die Mehrheit der Eier (34%) in Plastikgefäße gelegt. Wenn Holzgefäße untersucht wurden, so wurden in diesen die meisten Eier abgelegt (Abb. 7). In Holzgefäßen wurden im Mai 230 Eier abgelegt und vom Mai/Juni bis Juni/Juli 893 Eier.

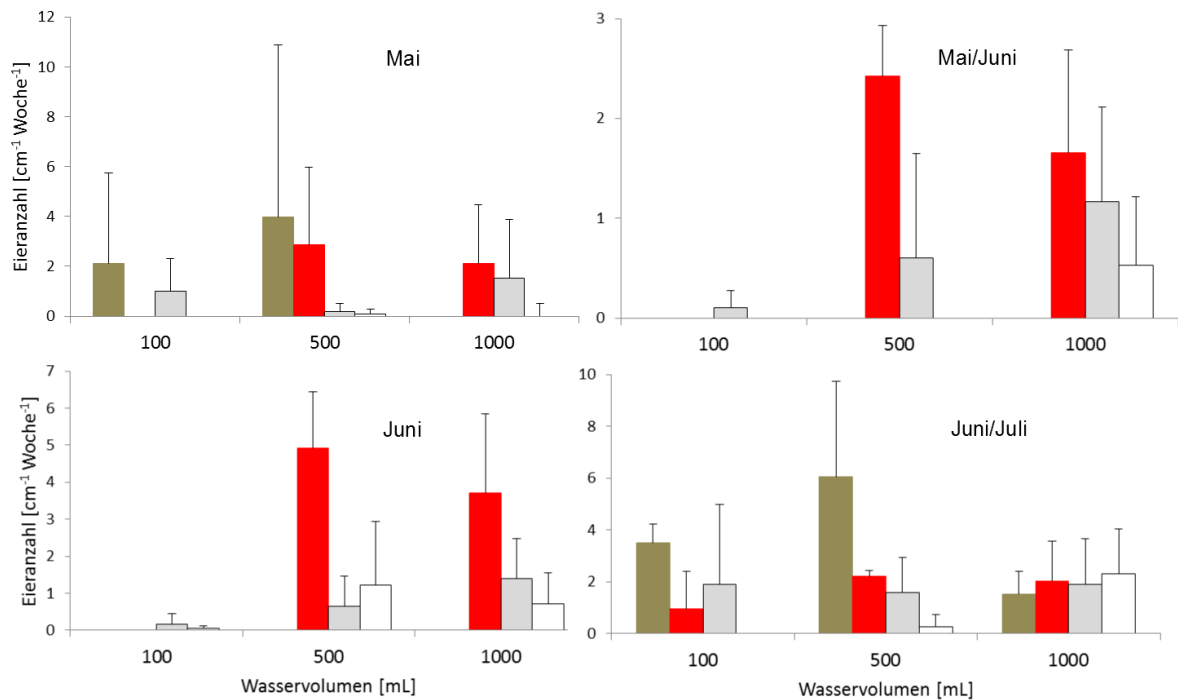


Abb. 7: Eiablagepräferenz für vier verschiedene Gefäßmaterialien und drei Wasservolumina während vier Zeitpunkten im Jahr 2014. Fehlerbalken geben die positive Standardabweichung wieder. Anmerkung: Die y-Achsen sind unterschiedlich skaliert. Materialien: braun: Holz, rot: Ton, grau: Plastik, weiß: Glas.

Das Material hat einen statistisch höchst signifikanten Einfluss auf die Eieranzahl, weiterhin haben der Zeitpunkt und die Interaktion von Gefäßmaterial und der Länge der Wasserlinie einen statistisch signifikanten Einfluss (Tab. 3).

Tab. 3: Einfluss von Gefäßmaterialien, Länge der Wasserlinie und Zeitpunkt auf die Anzahl gelegter Eier. Signifikante p-Werte < 0,05 wurden fett dargestellt.

Quelle der Variation	Freiheitsgrade	Fehler- Quadrate- summe	Quadratischer Mittelwert	Mit- F Wert	p- Wert
Gefäßmaterial (M)	3	1.842	0.614	5.866	≤0.001
Länge der Wasserlinie (WL)	1	0.016	0.016	0.157	0.693
Zeitpunkt (Z)	3	1.284	0.428	4.089	0.009
M:WL	3	1.358	0.453	4.326	0.006
M:Z	8	1.392	0.174	1.662	0.117
WL:Z	3	0.170	0.057	0.543	0.654
M:WL:Z	8	0.490	0.061	0.585	0.788
Residuen	103	10.780	0.105		

Diskussion: In Gefäßen aller Materialien wurden Eier abgelegt. Dieses Experiment zeigt, welche Vielfalt an Gefäßen von der Asiatischen Buschmücke als Bruthabitate genutzt werden. Die Eiablagepräferenz ist auch hier abhängig vom Zeitpunkt während der Flugsaison, so werden in der frühen Saison vor allem Gefäße aus rauen Materialien verwendet, während des letzten untersuchten Zeitraums Eier in Gefäßen aller Materialien abgelegt wurden. Allerdings ist die Eieranzahl nicht nur durch das Gefäßmaterial und den Zeitpunkt zu erklären, sondern auch durch die Länge der Wasserlinie in Verbindung mit dem Gefäßmaterial.







3.1.3 Haushaltsgefäße

Stand der Forschung: Die Experimente zur Gefäßfarbe und zu Gefäßmaterialien haben gezeigt, welches breites Spektrum an Eiablagegefäßen von der Asiatischen Buschmücke genutzt wird. Aus der Literatur sind folgende Gefäße als Bruthabitate von Larven und/oder Puppen bekannt: Plastiktüten, Eimer, Becher, Deckel, Blumenuntersetzer, Kunststofftablets, Planen, Altreifen, Spielzeuge, Müllbehälter, Baumhöhlen (Bartlett-Healy et al. 2012), Altreifen und Felstümpel (Andreadis & Wolfe 2010). Da vor allem Gefäße, die als Müll in der Landschaft gelangt sind, relativ einfach vermieden werden können, wurden diese hier untersucht, wei-








terhin wurden Gefäße in das Experiment aufgenommen, die in Gärten oder auf Friedhöfen vorkommen, wie Friedhofsvasen und Blumenuntersetzer.

Material und Methoden: Die im Projektantrag genannten Blumenuntersetzer und Friedhofsvasen wurden ergänzt durch Plastiktüten, Glasteelichthalter, Fahrradreifen, Kaffeebecher, Kaffeetassen, Konservendosen, Plastikbecher, Plastikwannen, Abdeckplanen, Deckel von Kaffeebechern, weiterhin wurden Kaffeefilter und Metallgegenstände getestet. Eine Detailübersicht über die verwendeten Materialien ist in Tab. 4 aufgeführt. Diese wurden in dreifacher Wiederholung vom 2.-29. Juli 2014 und vom 29. Juli-2. September 2014 in einem Privatgarten in Biberach (Baden) aufgestellt. Es wurde die Eiablage untersucht, dafür wurde die Anzahl der Eier mit Hilfe einer Lupe mit 3,5facher Vergrößerung bestimmt. Die Anzahl der Eier wird in Eier pro Woche angegeben.

Tab. 4: **Verwendete Gefäße im Freilandversuch zur Eiablage in haushaltsüblichen Gefäßen.**

Beschreibung des Gefäßes	Wasservolumen [mL]	Farbe der Gefäßinnenseite	Material	Hersteller, Stadt, Land	Genauere Produktbezeichnung	Foto
Kleine Friedhofsvase mit Kunstblumen	200	Schwarz	Plastik	Gebr. Lippert, Alzenau, Deutschland (Vasen); I.G.E.A Sabine Pitz, Schnelldorf, Deutschland (Blumen)	THERMO geli Plastic Grabvase, 21 cm, dunkelgrün (Vasen); Mini Röschen in Holzkiste 25 cm oder Mini Tulpen in Holzkiste 27 cm (Blumen)	
Kleine Friedhofsvase	200	Schwarz	Plastik	Gebr. Lippert, Alzenau, Deutschland	THERMO geli Plastic Grabvase, 21 cm, dunkelgrün	
Große Friedhofsvase	500	Schwarz	Plastik	Gebr. Lippert, Alzenau, Deutschland	THERMO geli Plastic Grabvase "Maria" 26 cm, dunkelgrün	
Plastiktüte	750	Silber, transparent oder weiß	Plastik			
Blumenuntersetzer	50	Orange	Plastik			
Blumenuntersetzer	30	Orange	Ton			

Tab. 4: Forts.

Beschreibung des Gefäßes	Wasservolumen [mL]	Farbe der Gefäßinnenseite	Material	Hersteller, Stadt, Land	Genauere Produktbezeichnung	Foto
Glasteelicht mit Löschpapier	10	Transparent	Glas			
¼ Fahrradreifen	100	Schwarz	Gummimischung	Diedrich Filmer, Varel, Deutschland	28 Zoll Fahrraddecke 700*42 C, ETRTO-Nr. 42-622, schwarz, Profil: C1040n	
Kaffeebecher	200	Weiß	Plastik			
Deckel des Kaffeebechers	30	Weiß oder transparent/schwarz	Plastik			
Kaffeetasse	150	Weiß	Porzellan		Nicht bekannt	
Konservendose	150	Silber, golden oder weiß	Metall			
Becher mit Kaffeefilter	200	Weiß	Plastik			

Tab. 4: Forts.

Beschreibung des Gefäßes	Wasservolumen [mL]	Farbe der Gefäßinnenseite	Gefäßinnenseite	Material	Hersteller, Stadt, Land	Genauere Produktbezeichnung	Foto
Plastikwanne	75-350	Transparent weiß	oder	Plastik		Eisverpackung	
Abdeckplane	500	Blau, oder transparent	dunkelgrün	Plastik			
Becher mit Kaffee- filter und Metallge- genstand	200	Weiß		Plastik			

Ergebnisse: Insgesamt wurden in Gefäßen des Versuchsaufbaus während beider untersuchter Zeiträume 2.373 Eier abgelegt. Davon 1.037 im Juli und 1.336 Eier im September. Während beider Zeiträume wurde die höchste Anzahl an Eiern pro Woche in einer Plastikwanne gezählt (62.5 Eier pro Woche bzw. 46.2 Eier pro Woche). In den kleinen Friedhofsvasen mit Kunstblumen, im Teelicht, im Kaffeedeckel und im Tonuntersetzer wurden keine Eier gelegt (Abb. 8).

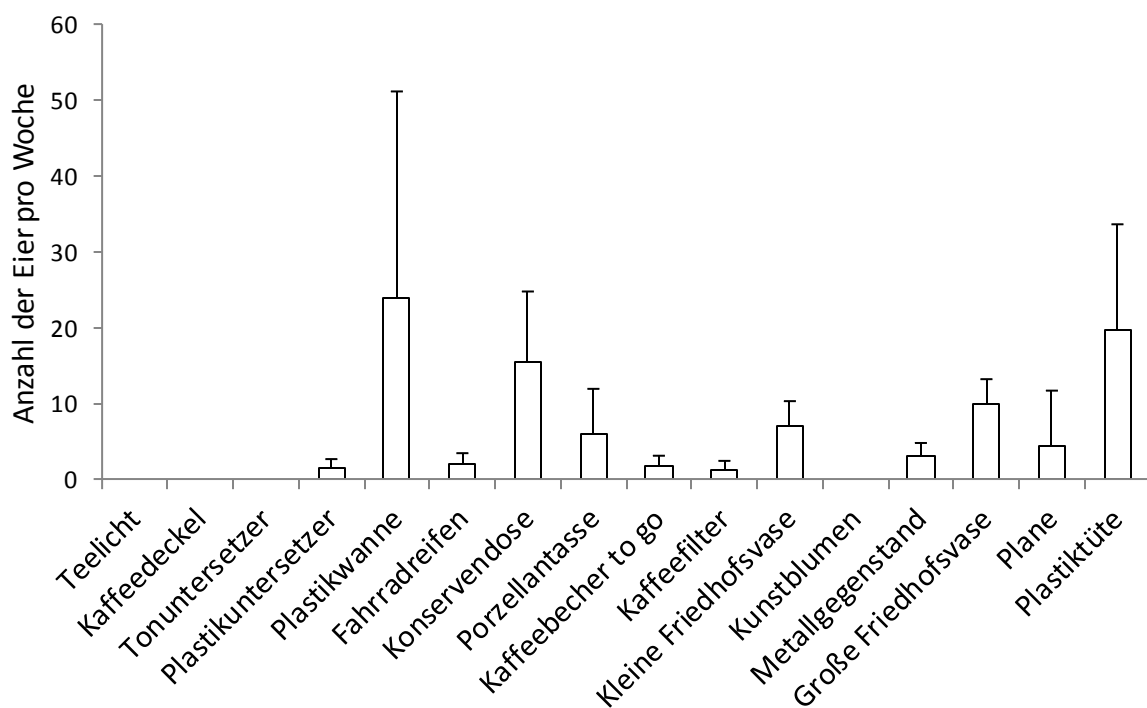


Abb. 8: **Anzahl der abgelegten Eier pro Woche in verschiedenen haushaltsüblichen Gefäßen.**

Diskussion: Die meisten Eier wurden in Plastikwannen, Plastiktüten und Konservendosen gefunden (Abb. 8). Diese drei Gefäßarten werden absichtlich oder unabsichtlich als Müll in die Landschaft eingebracht und dienen dort, wie in diesem Experiment gezeigt, als Eiablagegefäße für die Asiatische Buschmücke.

3.1.4 Abschreckstoffe

Stand der Forschung: Um Stechmückenstiche vorzubeugen und arbovirale Krankheitsausbrüche zu verhindern, gibt es verschiedene Methoden: (a) der persönliche Schutz, (b) die Eindämmung larvaler Bruthabitate (englisch: *source reduction*), (c) die Anwendung von Adultiziden sowie (d) von Larviziden. Abschreckstoffe werden dabei für den persönlichen Schutz (a) angewendet. Dies sind Substanzen oder Substanzmischungen, mit denen die Haut behandelt werden kann und die abschreckend (repellent) auf die weiblichen Stechmücken, die auf der Suche nach einem Wirt für die Blutmahlzeit sind, wirken. Weiterhin sind Abschreckstoffe in Anti-Stechmückenprodukten wie Kerzen, Verdampfer, Spiralen, enthalten. Darüber hinaus werden Bekleidungsgegenstände oder Bettnetze mit Abschreckstoffen imprägniert.

Material und Methoden: Hier haben wir als Abschreckstoffe bekannte Substanzen verwendet, um sie in das Wasser der Bruthabitate zu geben und ihre repellente Wirkung auf die Eiablage zu untersuchen. Dazu wurden nach einer Literaturrecherche folgende Substanzen ausgewählt: 1 g pro Liter gemahlene Walnussblätter, 1.5 µL pro Liter *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti; StechmückenFrei von Neudorff), 0.1 mg pro Liter Pyrethrumextrakt (ein natürliches Pyrethroid aus Pflanzen der Gattung *Chrysanthemum*; pyrethrum extract Pestanal von Sigma-Aldrich), 1 g pro Liter Seife (zur Herabsetzung der Oberflächenspannung; Frosch Spülmittel von Werner & Mertz), 1 g pro Liter gemahlene Blätter der Japanischen Schönbeere (alle vorherig genannten Substanzen stehen bereits im Projektantrag), ein 3 cm mal 3 cm großes Stück Kupferklebeband (Kupfer Schneckenband von FloraSelf) sowie ätherische Öle (1 g pro 150 mL) aus Minze, Teebaum, Eukalyptus, Lavendel und Nelke (alle von Dagmar Köhler über baccararose.de). Die Blätter der Japanischen Schönbeere wurden im Palmengarten Frankfurt am Main gesammelt und die Walnussblätter in Biberach, Baden-Württemberg, ganze Blätter wurden bei 80°C getrocknet und danach mit einer Kugelmühle vermahlen. Die zerkleinerten Blätter wurden direkt in das Wasser gegeben. Die Substanzen wurden teilweise in Ethanol und teilweise in vollentsalztem Wasser gelöst und entsprechende Kontrollen mit aufgestellt. Vollentsalztes Wasser wurde verwendet, da dieses sich gut als

Medium zur Aufzucht von Larven unter Laborbedingungen eignet (Bock et al. 2015), weiterhin hat es ähnliche chemische Eigenschaften wie Regenwasser. Vom 17. Juni bis 2. Juli 2014 sowie vom 27. Juli bis 2. September 2014 wurden jeweils drei Replikate eines Blocks mit allen Substanzen und Kontrollen in Biberach (Baden) aufgestellt. Die beiden Experimente zu Gefäßfarbe und Gefäßmaterial wurden zeitgleich durchgeführt. Jeder Block bestand aus schwarzen 200 mL Plastikbechern (Zahnarztmundspülbecher von TobiDent), die mit 150 mL des jeweiligen Substanzgemisches befüllt wurden. Am letzten Tag jedes Zeitraums wurde die Anzahl an gelegten Eiern gezählt und auf die Eieranzahl in der jeweiligen Kontrolle (Ethanol oder vollentsalztes Wasser) bezogen. Die Eier pro Woche werden somit als Veränderung gegenüber der Kontrolle in Prozent angegeben.

Ergebnisse: Walnuss, Minze und Kupfer haben während beider Zeiträume die Eiablage verglichen mit der Kontrolle befördert. Seife hat sich im Juni/Juli sehr geringfügig positiv auf die Eiablage ausgewirkt, während des späteren Zeitraums aber negativ. Teebaum, Eukalyptus, Bti, Pyrethrum und Japanische Schönbeere hatten im Juni/Juli einen abschreckenden Effekt auf die Eiablage, im Juli-September allerdings einen unterstützenden Effekt. Nur Lavendel und Nelke hatten während beider Zeiträume eine abschreckende Wirkung auf die Eiablage. Gerade Nelke hat die Eiablage fast vollständig verhindert (100% bzw. 92% weniger Eier als die Kontrolle; Abb. 9).

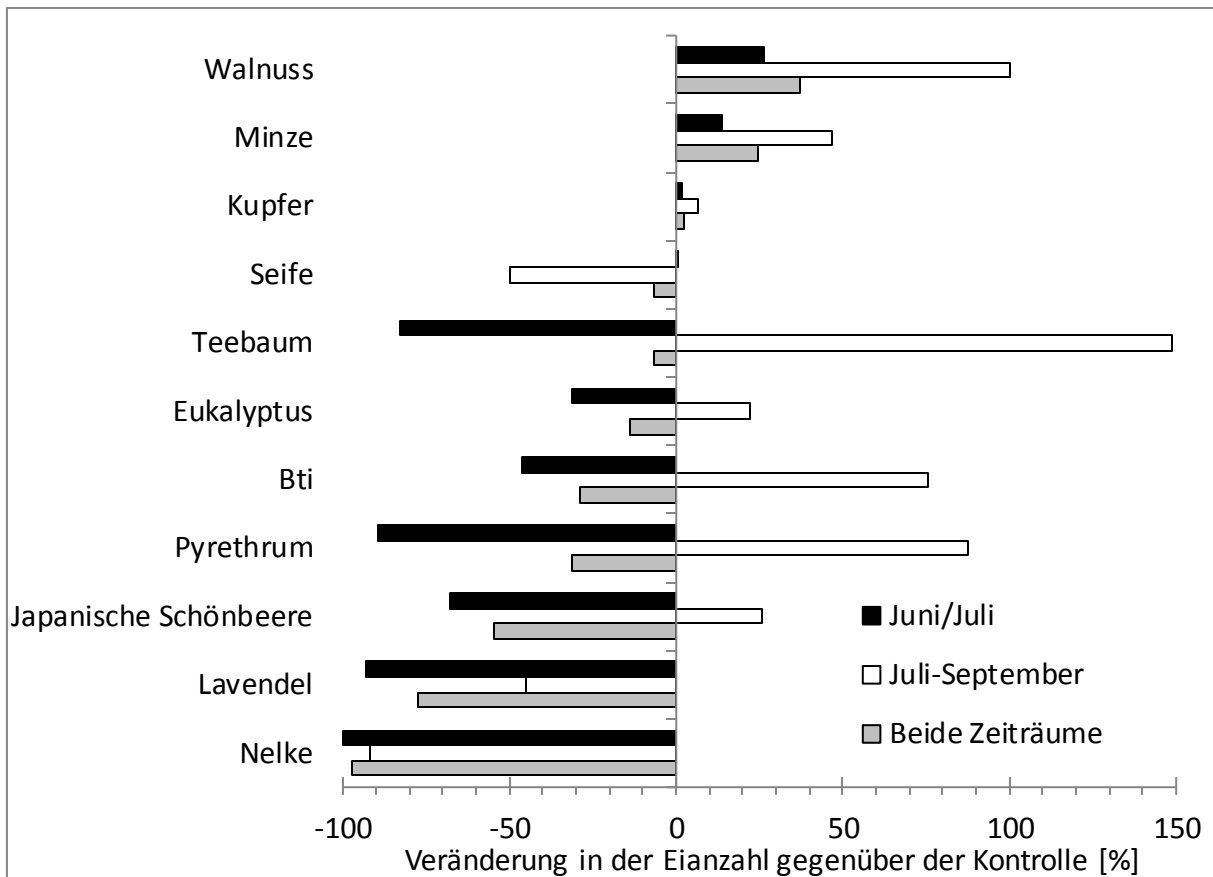


Abb. 9: Die repellente Wirkung von 11 Substanzen auf die Eiablage der Asiatischen Buschmücke. Gezeigt werden die Mittelwerte aus drei Replikaten.

Diskussion: Die positive Wirkung von Walnuss ist darauf zurückzuführen, dass gemahlene Blätter eingesetzt wurden und diese als Futter dienen (siehe 3.1.5 Nährstoffe). Minzöl beförderte die Anzahl abgelegter Eier, obwohl Pfefferminzöl eine Verminderung der Eiablage in *Aedes aegypti* aufweist (Warikoo et al. 2011). Hier wurde allerdings nicht Pfefferminzöl (*Mentha piperita*), sondern das Öl der Ackermintze (*Mentha arvensis*) verwendet. Dies zeigt, dass die Wirkung artspezifisch ist (dies betrifft sowohl die Stechmückenart, als auch die Pflanzenart). Weiterhin kann noch der Zeitpunkt der Ernte der Pflanze, deren geographischer und demographischer Hintergrund sowie das zur Ölgewinnung verwendete Pflanzenteil (Blüte, Blätter, Stängel) ausschlaggebend sein. Kupfer wurde als Stück eines Klebebands in das Wasser gelegt und zeigte nur eine geringe Wirkung. Kupfergefäße, 5 Cent-Münzen und Kup-

ferspray zeigen dagegen hohe Mortalitäten von Larven der Asiatischen Buschmücke, Arten des *Culex pipiens*-Komplexes und *Aedes aegypti* (Becker et al. 2015). Eine mögliche Erklärung ist, dass die Weibchen der Asiatischen Buschmücke das Kupfer nicht detektieren konnten. Bei verminderter Oberflächenspannung steigt die Mortalität von *Anopheles*- und *Culex*-Larven durch Ertrinken (Russell & Rao 1941). Hier wurde gezeigt, dass durch Seife die Eiablage abnimmt. Es wurde hier allerdings nicht untersucht, ob dies durch eine verminderte Oberflächenspannung bedingt ist. Teebaumöl, Eukalyptusöl, Bti, Pyrethrum und Japanische Schönbeere hatten früh im Jahr eine abweisende Wirkung, während sie später im Jahr die Eiablage beförderten. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Präferenz von Weibchen sich im Jahresverlauf verändert, oder dass die Eiablagepräferenz dichte-abhängig ist und später im Jahr, wenn mehr Larven oder Eier in den Brutgefäßen vorkommen, andere Gefäße bevorzugt werden. Eine variierende, saison-spezifische Eiablage wurde auch im Experiment zur Gefäßfarbe (3.1.1.) festgestellt. Lavendel- und Nelkenöl waren die einzigen Substanzen, die während beider saisonaler Wiederholungen effektiv die Eiablage geschwächt haben, wobei Nelkenöl immer eine Reduktion um mehr als 90% (gegenüber der Kontrolle) hervorgerufen hat. Daher wurde Nelkenöl auch auf seine larvizide Wirkung untersucht (siehe Abschnitt 4.3).

3.1.5 Nährstoffe

Mit den während dieses Projektes durchgeführten Versuchen zur Entwicklung der Asiatischen Buschmücke unter verschiedenen Futterregimes konnte eine Standardisierung der Fütterung unter Laborbedingungen vorgeschlagen werden, siehe Bock et al. 2015. Als optimales Futter wurde TetraMin (Tetra, Melle, Deutschland) aufgrund seines hohen kalorischen Gehaltes ausgewählt. Die Quantität sollte 10 mg pro Larve gefüttert in sieben Portionen betragen, da dann die Sterblichkeit und Entwicklungszeit minimal sind. Das Futterprotokoll sieht 10% der Menge Futter am Tag des Ansetzens des Experiments vor sowie nach 2, 4 und 5 Tagen. Danach werden 20% an den Tagen 7, 8 und 10 gefüttert.

4 Temperaturabhängigkeit (Arbeitspaket 2)

4.1 Eier

Stand der Forschung: Die Eier der Asiatischen Buschmücke sind wahrscheinlich das Stadium, das in neue Gebiete eingeführt wurde und das vornehmliche Stadium, das überwintert (Diapausestadium). Daher ist das Wissen über Austrocknungsresistenz und Resistenz gegenüber Wintertemperaturen der Eier wichtig. Letzteres wurde im folgenden Experiment untersucht.

Material und Methoden: Eiablagefallen wurden vom 21.-26. Juli 2016 für das +5°C-Experiment, vom 7.-21. Juli 2016 für das $\pm 0^\circ\text{C}$ Experiment und das -9°C Experiment in Biberach (Baden) aufgestellt. Die Eier wurden im Sommer gesammelt, um sicherzustellen, dass sie nicht-diapausierend sind. Die Eier werden auf mit 200 μL vollentsalztem Wasser angefeuchteten Kreisen (\varnothing 2 cm) aus Kaffeefiltern platziert. Der Kaffeefilterkreis wird in Plastik-Urinbecher (Gesamtvolumen von 100 mL), mit den Eiern nach oben orientiert gegeben. Der Becher wird mit einem Plastikschaubdeckel verschlossen und im Gefrierschrank oder Kühlbrutschrank (Rumed 304 von Rubarth Apparate, Laatzen) unterschiedlich lange (0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 2; 3; 4; 7 und 14 Tage) den drei Temperaturen +5°C, $\pm 0^\circ\text{C}$, -9°C ausgesetzt. Pro Inkubationsperiode und Temperatur wurden fünf Replikate à 20 Eier angesetzt, dies entspricht für die zehn Inkubationsperioden 1000 Eiern pro Temperatur. Nach Ende der jeweiligen Inkubationsperiode wurden die Eier mit 80 mL vollentsalztem Wasser geflutet und auf 25°C gehalten. Nach 24, 48 und 72 Stunden wurde die Anzahl geschlüpfter Larven gezählt. Dabei wurden nur vollständig aus dem Ei geschlüpfte, sich bewegende Larven gezählt und die Summe der drei Zeitpunkte gebildet. Der erfolgte Larvenschlupf wird in Prozent angegeben.

Ergebnisse: Bei +5°C Exposition variiert die Inhibition des Larvenschlupfes zwischen 34% (0,5 Tage Exposition) und 90% (4 Tage Exposition). Die Eier der Kontrollgruppe (0 Tage) haben eine mittlere Mortalität von 53%. Es ist kein Trend bezüglich der Expositionsdauer zu

erkennen. Bei $\pm 0^{\circ}\text{C}$ Exposition ist die zunehmende Expositionsdauer von 0,25 Tagen bis 7 Tagen mit einer Abnahme der Inhibition des Larvenschlupfes korreliert. Allerdings ist die Inhibition des Larvenschlupfes der Kontrollgruppe (0 Tage) und der Gruppe mit der längsten Expositionsdauer (14 Tage) nahezu gleich (50% und 45%). Bei -9°C nimmt die Inhibition des Larvenschlupfes exponentiell mit zunehmender Expositionsdauer zu. Bei der Gruppe mit einer Expositionsdauer von 3 Tagen ist der nicht-erfolgte Larvenschlupf unerwartet niedrig

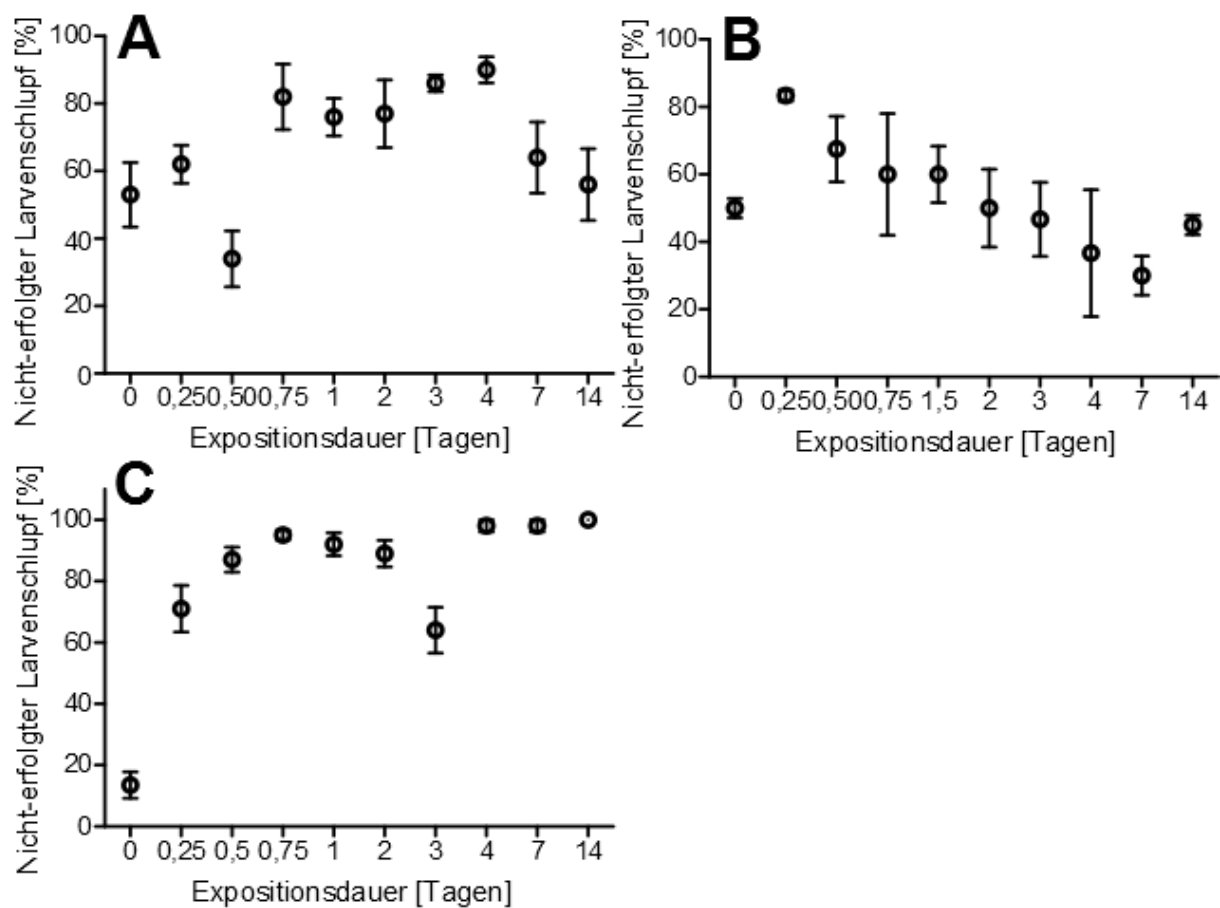


Abb. 10: Nicht-erfolgter Larvenschlupf nach 0 Tagen bis 14 Tagen (A) bei $+5^{\circ}\text{C}$, (B) bei $\pm 0^{\circ}\text{C}$ und (C) bei -9°C .

Diskussion: Eier der Asiatischen Buschmücke sind in der Lage, Temperaturen von -9°C für bis zu 3 Tage zu überdauern. Danach steigt die Anzahl der Eier, aus denen keine Larven schlüpfen auf fast 100% an. Die hier getestete Temperatur von -9°C ist ein realistischer Wert für winterliche Minimumtemperaturen in großen Teilen Hessens (Tab. 5).

Tab. 5: **Die Jahresminimumtemperaturen im Jahr 2016 ausgewählter Stationen in Hessen.** Daten von der Internetseite <https://www.hlnug.de/messwerte/wetterextreme.html>

Station	Temperatur Jahresminimum [$^{\circ}\text{C}$]
Frankfurt/Main-Stadt	-7,0
Eschwege	-16,6
Beerfelden	-8,2
Schaafheim-Schlierbach	-8,7

Bei der Inkubation bei 5°C und einer Expositionsdauer von 7 bzw. 14 Tagen und bei 0°C und einer Exposition zwischen 0,25 Tagen und 7 Tagen ist eine Abnahme des nicht-erfolgten Larvenschlupfes bei zunehmender Expositionsdauer zu sehen. Expositionsdauern länger als 14 Tage würden Aufschluss darüber geben, ob dieser Trend wirklich vorliegt. Da die hier untersuchten Eier alle im Sommer im Freiland gesammelt wurden, konnten wir hier zeigen, dass Sommereier wahrscheinlich drastische Temperatureinbrüche überleben und die Larven schlüpfen, wenn danach optimale Schlupftemperaturen (von 25°C) herrschen.

4.2 Larven und Imagines

Stand der Forschung: In ektothermen Organismen beeinflusst die Umgebungstemperatur alle metabolischen Prozesse und damit das Wachstum, die Körpergröße oder die Anhäufung von Mutationen. In Stechmücken beeinflusst die Umgebungstemperatur der Larven die Entwicklungsdauer und das Überleben der Larven, die Lebensdauer der Imagines sowie Interaktionen zwischen Viren und Stechmücken, wie die Empfänglichkeit für Virusbefall oder Übertragungsarten. Weiterhin haben Stechmücken bestimmte Temperaturgrenzen, in denen sie überleben, sich entwickeln oder sich fortpflanzen können. Dabei können verschiedene

Populationen einer Art lokal unterschiedlich an die Temperatur angepasst sein. Dies hängt z. B. von ihrer demographischen Geschichte oder genetischen Konstitution ab. Dadurch bestimmt die Umgebungstemperatur die Verbreitung von Stechmückenarten sowie die Begrenzung von Gebieten, in denen Viren übertragen werden. Bei Stechmücken ist der Temperaturbereich für die Entwicklung stadienabhängig. So können Eier besser negative Temperaturen überdauern als Larven und sind daher das Stadium, das die Wintermonate überlebt. Daher wurde hier die Temperaturabhängigkeit von Larven und Eiern untersucht.

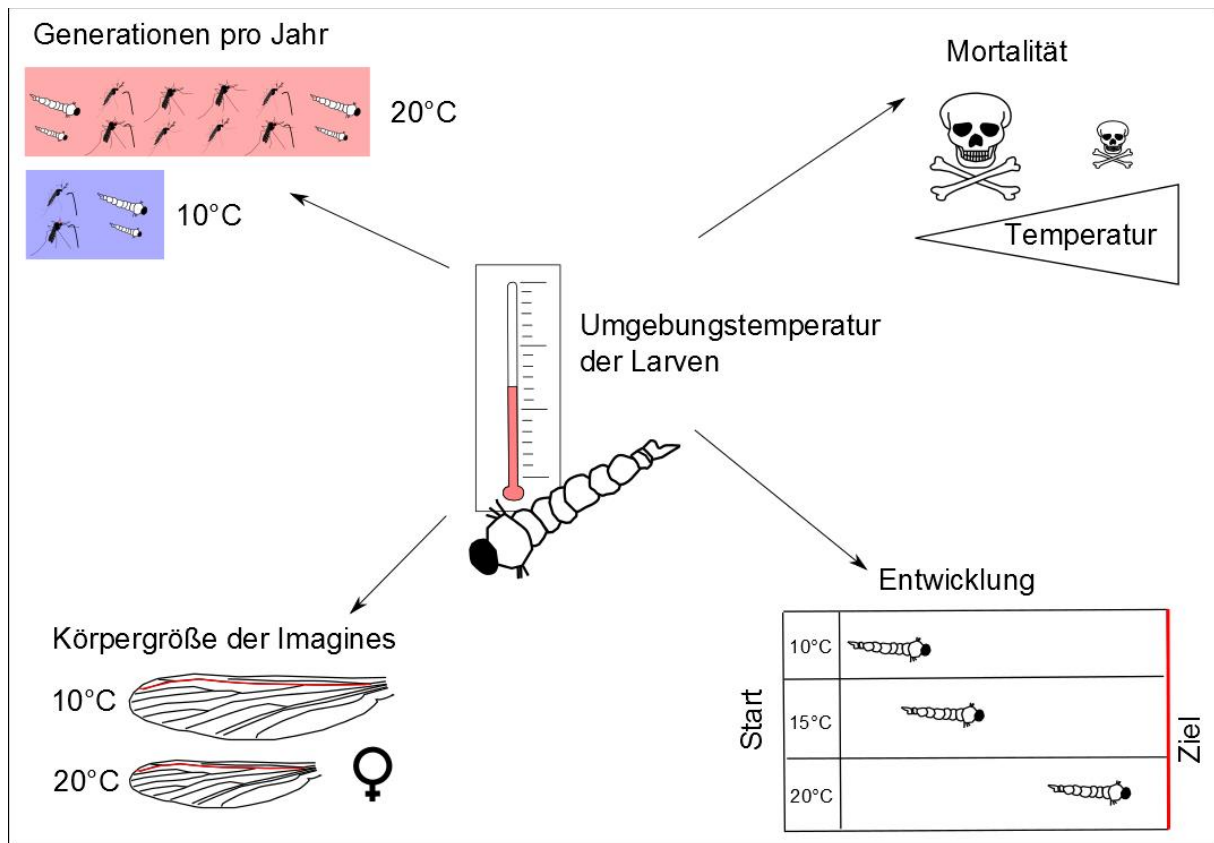


Abb. 11: Die hier in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur der Larven untersuchten Parameter: potentielle Generationen pro Jahr, Mortalität, Körpergröße der Imagines sowie Entwicklungsdauer.

Material und Methoden: Eier der Asiatischen Buschmücke wurden im Mai bis Juni 2015 sowie im August 2016 in Biberach (Baden) mithilfe von Eiablagefallen gesammelt und für mindestens acht Tage in geschlossenen Plastiktüten bei 25°C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit gelagert, um sicher zu sein, dass die Embryonalentwicklung abgeschlossen ist. Der larvale Schlupf wurde ausgelöst, in dem die Eier in vollentsalztes Wasser gelegt wurden. Es wurden nur Larven jünger als 24 Stunden in die Experimente eingesetzt. Fünf 1 Liter-Plastikbecher wurden mit 800 mL vollentsalztem Wasser gefüllt und jeweils 40 Larven pro Temperatur eingesetzt. Folgende Temperaturen wurden getestet: 0°C, 5°C, 10°C, 12°C, 14°C, 15°C, 17°C, 19°C, 20°C, 23°C, 25°C, 26°C, 27°C, 28°C, 29°C and 31°C. Eine Photoperiode von 16:8 Stunden (Licht:Dunkelheit) ohne Dämmerungsübergänge wurde eingehalten. Die Larven wurden mit 10 mg TetraMin pro Larven in sieben Portionen gefüttert (siehe 3.1.5 für eine Beschreibung des standardisierten Futterplans). Puppen wurden am Tag der Verpuppung einzeln in 5 mL Glasfläschchen überführt und in vollentsalztem Wasser ohne Futter gehalten, da dieses Stadium nicht frisst und um Schimmelbildung durch Bakterien zu vermeiden. Das Wasser wurde am Tag der Emergenz entfernt. Imagines wurden in den Gläschen ohne Zugang zu Wasser, Zuckerwasser oder einer Blutmahlzeit gehalten, um eine Minimalschätzung ihrer Lebensdauer auf individueller Basis zu erhalten. Puppen und Imagines wurden auf den gleichen Temperaturen gehalten wie im Larvalstadium. Die Zeitpunkte der Verpuppung, Emergenz und Tod der Imagines wurden täglich geprüft. Als weitere Parameter wurden das Geschlecht und die Mortalität erfasst sowie die Länge der R1 Flügellänge der Imagines als Proxy für die Körpergröße gemessen. Alle Imagines wurden morphologisch bestimmt, um das Vorkommen einer anderen Art in den Experimenten auszuschließen.

Ergebnisse: Mortalitäten von mehr als 50% sind bei niedrigen (0°C, 5°C) und hohen (29°C, 31°C) hier untersuchten Temperaturen zu finden (Tab. 6). Die hier gefundene untere Temperaturgrenze für die Entwicklung zur Imago liegt zwischen 5°C-10°C und die Obergrenze bei 31°C.

Tab. 6: **Mortalität in Abhängigkeit von den 16 untersuchten Temperaturen.**

Temperatur [°C]	Mortalität MW ± SD [%]
0	100.0 ± 0.0
5 [§]	99.5 ± 1.1
10	16.0 ± 5.5
12	38.5 ± 14.2
14	18.0 ± 4.8
15	15.0 ± 7.9
17	19.0 ± 9.6
19	29.5 ± 12.4
20	11.3 ± 6.5
23	48.5 ± 27.6
25	13.8 ± 8.4
26	6.0 ± 5.2
27	41.5 ± 31.1
28	12.5 ± 7.7
29	70.5 ± 22.2
31	87.5 ± 6.4

§: Für die Temperaturgruppe von 5°C wurde die Mortalität am Tag 113 des Experiments berechnet. Ein Individuum überlebte als Larve bis zu diesem Zeitpunkt. Für alle anderen Temperaturen entspricht die Mortalität der Summe gestorbener Larven und Puppen, ausgedrückt in Prozent.

Die Entwicklungsrate pro Tag der Asiatischen Buschmücke in Abhängigkeit der Temperatur wurde mit der Briere-Funktion (Briere et al. 1999) ausgewertet und die Minimum- (T_{min}), Maximum- (T_{max}) und Optimaltemperatur (T_{opt}) berechnet: $T_{min}=7^{\circ}\text{C}$, $T_{opt}=26^{\circ}\text{C}$ und $T_{max}=31^{\circ}\text{C}$. Dies spiegelt die Temperaturgrenzen in Tab. 6 wider. Die Entwicklungszeiten der Asiatischen Buschmücke sind temperaturabhängig. 10°C war die niedrigste Temperatur, bei der die Verpuppung stattfand. Die erste Verpuppung fand an Tag 8 bei Männchen und bei Weibchen einen Tag später statt (26°C bis 29°C) während die Verpuppung bei 10°C erst nach Tag 40 einsetzte (Tab. 7).

Tab. 7: **Entwicklungszeiten pro Temperatur der Asiatischen Buschmücke getrennt nach Geschlechtern.** Die Entwicklungszeiten werden als Alter nach Larvenschlupf zum Zeitpunkt des jeweiligen Stadiumswechsels bzw. das Alter am Todestag wiedergegeben.

Temperatur [°C]	Verpuppung MW ± SD [Tagen]	Emergenz MW ± SD [Tagen]	Tod der Imagines MW ± SD [Tagen]
Männchen			
10	43.1 ± 2.5	57.5 ± 2.5	67.1 ± 5.0
12	35.9 ± 2.6	46.0 ± 2.6	54.8 ± 5.3
14	23.9 ± 2.1	30.7 ± 2.1	40.1 ± 3.9
15	25.2 ± 2.0	31.1 ± 2.1	40.1 ± 3.0
17	20.8 ± 2.1	25.4 ± 2.1	33.5 ± 2.2
19	11.8 ± 0.9	15.0 ± 0.9	21.0 ± 2.6
20	13.0 ± 1.2	16.3 ± 1.3	22.8 ± 2.2
23	10.5 ± 0.9	13.3 ± 1.2	18.6 ± 1.5
25	9.7 ± 1.1	12.0 ± 1.2	17.2 ± 1.5
26	8.4 ± 0.6	10.7 ± 0.6	15.8 ± 1.8
27	8.2 ± 1.0	10.5 ± 1.3	15.1 ± 2.0
28	8.0 ± 0.8	10.3 ± 0.6	15.3 ± 1.5
29	8.0 ± 0.8	10.0 ± 0.9	12.4 ± 1.6
31	11.0 ± 1.4	12.5 ± 2.1	15.0 ± 1.4
Weibchen			
10	45.1 ± 3.0	59.3 ± 3.1	73.3 ± 3.8
12	37.9 ± 3.1	47.8 ± 3.2	59.5 ± 3.9
14	25.6 ± 2.2	32.4 ± 2.2	42.7 ± 3.6
15	26.1 ± 2.3	32.1 ± 2.4	42.4 ± 2.5
17	21.4 ± 1.7	26.2 ± 1.8	34.5 ± 2.0
19	12.8 ± 1.2	15.8 ± 1.4	22.8 ± 3.0
20	14.0 ± 1.3	17.5 ± 1.5	26.0 ± 2.4
23	11.0 ± 0.8	13.9 ± 0.9	19.5 ± 2.0
25	10.2 ± 1.2	12.6 ± 1.3	18.3 ± 1.6
26	8.8 ± 0.7	11.1 ± 0.7	16.8 ± 1.0
27	8.8 ± 1.1	11.0 ± 1.2	15.8 ± 1.8
28	8.7 ± 1.0	10.8 ± 0.9	16.3 ± 1.6
29	8.8 ± 1.0	10.8 ± 1.1	13.5 ± 1.7
31	9.7 ± 1.2	11.2 ± 1.3	14.4 ± 1.3

Die Asiatische Buschmücke zeigt damit Protandrie, d.h. Männchen emergieren vor den Weibchen. Weiterhin zeigt die Art einen Sexualdimorphismus in der Körpergröße, bei dem Weibchen größer werden als Männchen (Abb. 12). Dieser wird bei allen Temperaturen beibehalten, allerdings wird der Unterschied zwischen der Körpergröße von Männchen und Weibchen bei zunehmender Temperatur geringer.

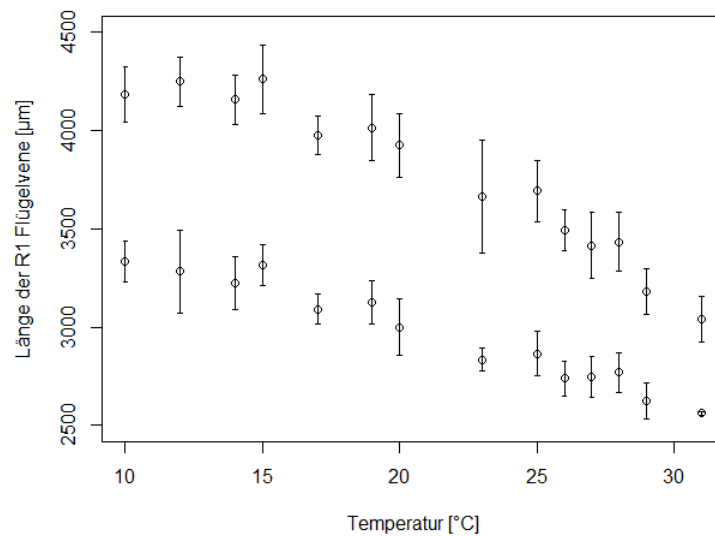


Abb. 12: **Körpergröße von Männchen und Weibchen der Asiatischen Buschmücke in Abhängigkeit der Temperatur.** Die Körpergröße wurde als Länge der R1 Flügelvene gemessen. Obere Datenreihe: Weibchen, untere Datenreihe: Männchen.

Mit Hilfe der in Tab. 7 aufgeführten Daten wurde die Generationszeit angenähert. Dazu wurde eine nicht-lineare Regression durch den Datensatz des Alters bei Emergenz in Abhängigkeit von der Temperatur gelegt. Diese hat die Funktion $E=290.75 \cdot e^{(-0.17 \cdot T)} + 8.32$ mit E: Alter zum Zeitpunkt der Emergenz [Tagen] und T: Temperatur [°C]. Diese wurde um 14 Tage nach oben verschoben, um die Generationszeit (Abb. 13) zu erhalten. Die Verschiebung der Funktion wurde vorgenommen, um Zeit für die Verpaarung und für das Aufsuchen eines Wirts zur Blutmahlzeit einzubeziehen. Dieser Wert wurde in unserem Labor ermittelt, basiert allerdings auf nur einer Observation.

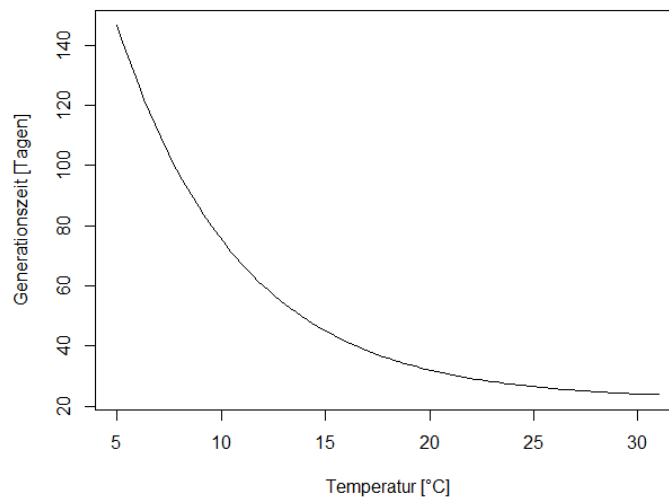


Abb. 13: **Die Länge der Generationszeit in Abhängigkeit der Temperatur.** Die Kurve hat die Gleichung $G=290.75 \cdot e^{(-0.17 \cdot T)} + 22.32$, bei der G die Generationszeit [Tagen] und T die Temperatur [°C] ist.

Mit dieser Generationszeit wurde die potenzielle Anzahl an Generationen pro Jahr in Deutschland berechnet. Dazu wurden Daten der WorldClim-Datenbank (Hijmans et al. 2005) in einer Auflösung von 2,5' verwendet. Für die Gegenwart wurden die Monatsmitteltemperaturen verwendet und für die nahe Zukunft (2041-2050) wurde der Mittelwert der monatlichen Minimum- und Maximumtemperaturen des CCSM4-Modells (WorldClim) mit einem niedrigen und einem hohen Treibhausgasszenario (RCP2.6 und RCP8.5) verwendet. Die gegenwärtige mittlere potentielle Anzahl an Generationen pro Jahr für die Asiatische Buschmücke beträgt 4,72 Generationen. Die minimale potentielle Anzahl an Generationen pro Jahr ist 1,92 Generationen und die maximale Anzahl ist 5,77 potentielle Generationen pro Jahr. Für das Zukunftsmodell mit niedrigem Treibhausgasausstoß ist der Mittelwert 5,47 potentielle Generationen pro Jahr (min: 2,34 Generationen, max: 6,57 Generationen) und mit hohem Treibhausgasausstoß 5,75 Generationen (min: 2,74 Generationen, max: 6,97 Generationen).

Diskussion: Zum ersten Mal wurde eine Population der Asiatischen Buschmücke in ihrem gesamten Temperaturbereich unter Laborbedingungen untersucht. Dadurch konnte die Optimum-, Minimum- und Maximumtemperatur für die Entwicklung zur Imago bestimmt werden. Diese Daten stimmen mit denen einer US-amerikanischen Population (Scott 2003) überein. Der breite Temperaturbereich, in dem sich die Asiatische Buschmücke entwickeln kann, kann ihr einen Vorteil gegenüber anderen Stechmückenarten verschaffen: die Populationsgröße der Asiatischen Buschmücke steigt im Frühjahr früher an, als bei anderen Stechmückenarten. Daher ist die Asiatische Buschmücke nur wenigen Konkurrenten ausgesetzt (Kaufman & Fonseca 2014, Murrell et al. 2015). Diese Beobachtungen aus Nordamerika wurden in Europa noch nicht repliziert.

4.3 Temperaturabhängige Insektizidwirkung

Stand der Forschung: Die Verhinderung von Ausbrüchen arboviraler Krankheiten erfolgt größtenteils über die Bekämpfung des Überträgers, d.h. der Stechmücken. Eine Maßnahme zur Bekämpfung von Stechmücken ist die Ausbringung von Larviziden, da die Larven an ihr aquatisches Bruthabitat gebunden sind und nicht, wie beispielsweise die Imagines, einer Bekämpfungsmaßnahme ausweichen können. Durch das Auftreten von Resistenzen gegenüber Insektiziden, z. B. gegenüber Pyrethroiden, wird ständig nach neuen Insektiziden gesucht. Eine Quelle für Insektizide können Sekundärstoffe von Pflanzen sein, wie sie beispielsweise in ätherischen Ölen vorhanden sind. Diese bestehen in der Regel aus vielen Bestandteilen, wodurch die Ausbildung von Resistenzen erschwert ist.

Material und Methoden: Außer Nelkenöl, das im Feldversuch die Eiablage der Asiatischen Buschmücke reduziert hat (siehe 3.1.4), wurden Zitronengrasöl und Pyrethrumextrakt auf ihre larvizide Wirkung bei unterschiedlicher Temperaturexposition untersucht. Dazu wurden Eier mithilfe von Eiablagefallen und Eiablagestäbchen im Juli 2016 in Biberach (Baden) gesammelt. Fünf Pyrethrumkonzentrationen (0.1 µg pro Liter, 1.0 µg pro Liter, 50.0 µg pro Liter, 100 µg pro Liter, 250 µg pro Liter) zusammen mit Acetonkontrollen ($5 \cdot 10^{-5}$ %) wurden getestet, ebenso wie fünf Nelkenölkonzentrationen (10.4 mg pro Liter, 20.8 mg pro Liter, 41.6 mg

pro Liter, 83.2 mg pro Liter, 104.0 mg pro Liter) und fünf Zitronengrasölkonzentrationen (17.6 mg pro Liter, 35.2 mg pro Liter, 70.4 mg pro Liter, 88.0 mg pro Liter, 132.0 mg pro Liter). Die Kontrollen für beide Öle bestanden aus vollentsalztem Wasser. Für den Pyrethrumversuch wurden 1 Liter-Plastikbecher verwendet, befüllt mit 800 mL Pyrethrumlösung und 40 Larven pro Becher, die nach dem standardisierten Futterplan gefüttert wurden (3.1.5). Für die beiden Ölversuche wurden 100 mL-Plastikbecher mit jeweils 10 Larven pro Becher und 60 mL der Öllösungen angesetzt. Alle Experimente wurden mit fünf Replikaten bei den drei Temperaturen 17°C, 21°C und 25°C durchgeführt. Als Parameter wurden die Mortalität, die Zeitpunkte der Verpuppung, Emergenz und Tod der Imagines aufgenommen sowie die Länge der R1 Flügelvene als Annäherung an die Körpergröße vermessen. Der LC₅₀ Wert für die Substanzen wurde mit einer nicht-linearen Regression, die auf *sum-of-squares*-Methode beruht, berechnet. Er gibt die Konzentration an, bei der 50% der eingesetzten Larven sterben. Der Einfluss der Temperatur und der Konzentration der eingesetzten Substanz auf die Dauer der Stadien wurde mit einer zweifachen ANOVA mit Bonferroni-Posttests getestet.

Ergebnisse: Alle drei untersuchten Substanzen zeigen eine larvizide Wirkung auf die Asiatische Buschmücke (Tab. 8).

Tab. 8: **Mortalität der drei untersuchten Substanzen in Abhängigkeit von der Temperatur.**

Substanz	Temperatur [°C]	LC ₅₀ [mg pro Liter]	95% KI [mg pro Liter]
Pyrethrum	17	0.014	NA
	21	0.006	0.003 – 0.012
	25	0.049	NA
Nelkenöl	17	23.32	19.90 – 27.33
	21	27.14	20.96 – 35.15
	25	24.47	19.12 – 31.32
Zitronengrasöl	17	39.00	32.75 – 46.44
	21	38.29	25.10 – 58.27
	25	39.55	32.05 – 48.81

KI: Konfidenzintervall. NA: nicht berechnete Konfidenzintervalle aufgrund sehr weiter KIs.

Die LC_{50} -Werte zeigen eine ansteigende Toxizität von Zitronengrasöl < Nelkenöl < Pyrethrumextrakt. Dabei ist Pyrethrumextrakt signifikant toxischer als die beiden ätherischen Öle ($F=398,50$, $P < 0.0001$, 1-way-ANOVA mit Tukey-Posttest). Die Unterschiede zwischen den Temperaturen sind gering. Der sublethale Parameter „Dauer der Stadien“ ist dagegen stark temperaturabhängig (Abb. 14).

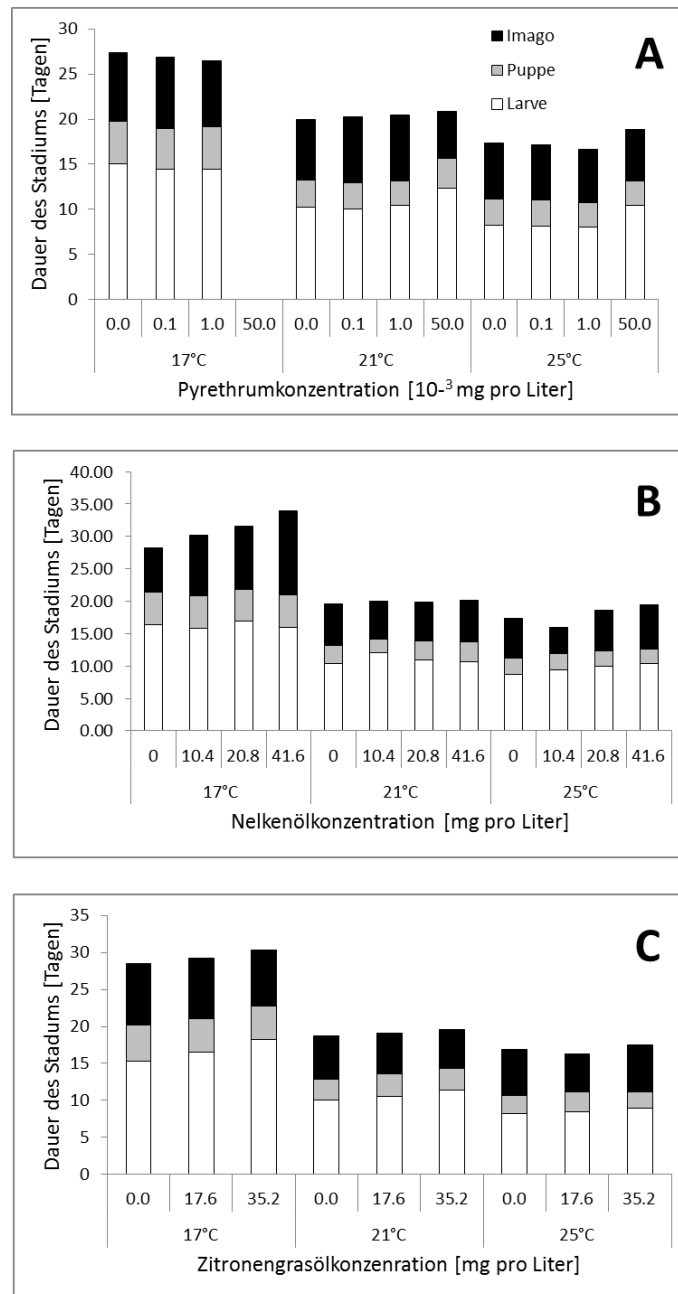


Abb. 14: Dauer des Larven-, Puppen- und Imagoalstadiums der Asiatischen Buschmücke in Abhängigkeit der Temperatur und verschiedener Konzentrationen (A) Pyrethrumextrakts, (B) Nelkenöls und (C) Zitronengrasöls. Bei 50 μ g pro Liter Pyrethrumextrakt haben keine Individuen bis zum adulten Stadium überlebt.

In den Kontrollen fand die Verpuppung bei 25°C frühestens an Tag 8 nach Larvenschlupf statt, bei 21 °C an Tag 10 und bei 17°C an Tag 14. Die erste Emergenz von Imagines wurde

zwei Tage später bei 25°C und 21°C und vier Tage später bei 17°C aufgezeichnet. Imagines überlebten vier bis sechs Tage bei 25°C, fünf bis sieben Tage bei 21°C und fünf bis 13 Tage bei 17°C (Abb. 14). Bei allen drei pflanzlichen Substanzen hat die Temperatur einen statistisch hoch signifikanten Einfluss auf das Alter bei Verpuppung, das Alter bei Emergenz sowie das Alter am Todestag ($df=2$, $F=18$ bis 2900 , $p<0,001$), die Konzentration der Substanz hat aber nur einen signifikanten Einfluss auf das Alter bei Verpuppung und auf das Alter bei Emergenz ($df=2$, $F=3$ bis 46 , $p<0,05$).

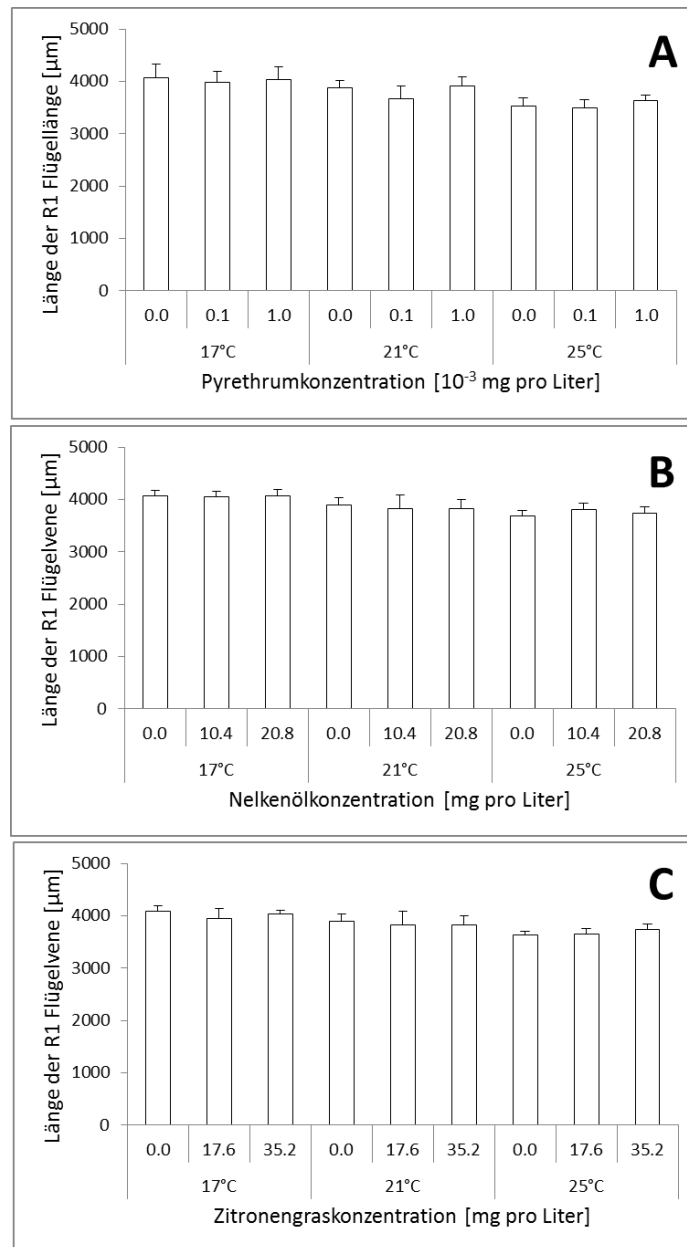


Abb. 15: R1 Länge der Weibchen der Asiatischen Buschmücke in Abhängigkeit der Temperatur und verschiedener Konzentrationen (A) Pyrethrumextrakts, (B) Nelkenöls und (C) Zitronengrasöls.

Die Länge der R1 Flügelvene von Weibchen ist temperaturabhängig mit größeren Individuen bei niedrigerer Temperatur. Es ist kein Trend bezüglich der Konzentrationsabhängigkeit zu sehen.

Diskussion: Als potenzielle, pflanzliche Insektizide wurden hier Pyrethrumextrakt und ätherische Öle aus Nelke und Zitronengras untersucht. Alle drei zeigen eine larvizide Wirkung auf die Asiatische Buschmücke. Diese Wirkung ist im untersuchten Temperaturbereich zwischen 17°C und 25°C stabil (Tab. 8). Nelkenöl ist weiterhin sehr effektiv in der Reduktion abgelegter Eier. Da Bestandteile von Pyrethroiden gefährlich für Katzen sind und da Zitronengrasöl eine geringere larvizide Wirkung als Nelkenöl hat, empfehlen wir Nelkenöl als potentielle Substanz für die Prävention und Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke. Dabei ist allerdings zu beachten, dass Nelkenöl phyto- und fischtoxisch ist. Daher sollte untersucht werden, ob allein der Duft von Nelkenöl repellent auf eierlegende Weibchen wirkt, sodass eine Zugabe ins Wasser vermieden werden kann. Dann würden nur vereinzelte Gefäße mit Nelkenöl im Wasser behandelt.

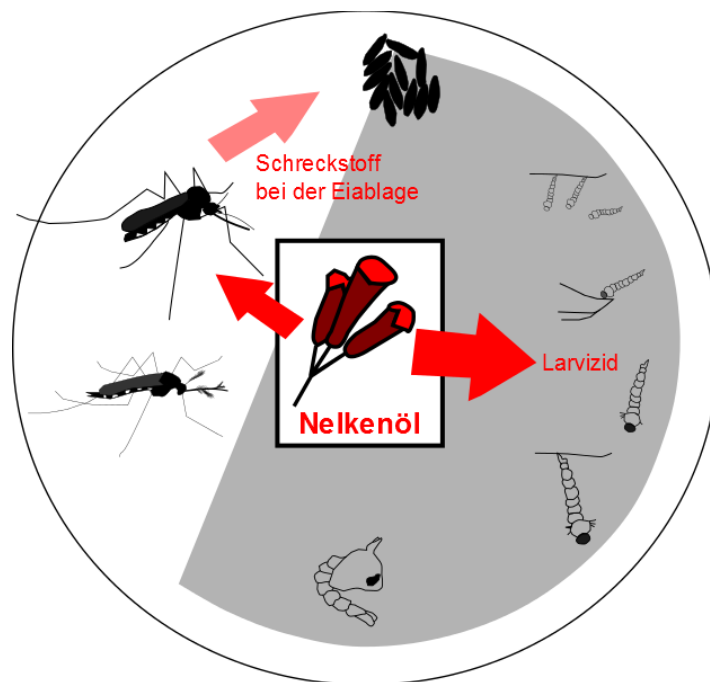


Abb. 16: Nelkenöl mit seiner repellenten Wirkung auf die Eiablage und seiner insektiziden Wirkung auf Larven ist eine vielversprechende Substanz für die Prävention der Ansiedlung und Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke.

5 Konkurrenzstärke (Arbeitspaket 3)

Die Konkurrenz zwischen Stechmückenarten, die das gleiche Bruthabitat teilen, kann die eine Art befördern (die Art ist der bessere Konkurrent), ausschließen (die Art ist der Konkurrenz nicht gewachsen) oder beide Arten koexistieren. Die Konkurrenzsituation kann die erfolgreiche Ansiedlung einer exotischen Art ausschlaggebend beeinflussen. Heimische Konkurrenten können dabei eine exotische Art in ihrer Ansiedlung oder Ausbreitung hemmen. Dies geschieht durch direkte Beeinflussung, Konkurrenz um Ressourcen, aber auch durch räuberisches oder parasitisches Verhalten.

5.1 Änderungen gegenüber dem Projektantrag

Im Projektantrag wurde vorgeschlagen, die Konkurrenz zwischen der Asiatischen Buschmücke und einer einheimischen Stechmückenart (*Culex pipiens*) sowie der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*), einer weiteren exotischen Art, zu untersuchen. Aufgrund des Problems, den konzentrierten Schlupf von zwei oder drei Stechmückenarten im Labor so zu koordinieren, sodass zeitgleich Larven zur Verfügung stehen, wurde dieses Arbeitspaket abgeändert (2.3). Die zeitgleiche Verfügbarkeit von biologischem Material wurde weiterhin dadurch erschwert, dass wir keine –wie im Antrag beschriebene- Mischpopulation der Asiatischen Buschmücke halten, sondern die Eier aus dem Freiland holen. Dadurch können auch keine Fertilitätsparameter (z. B. Anzahl Eier pro Weibchen) untersucht werden, da im Labor keine Fortpflanzung bzw. Eiablage stattfand. Der Vorteil dieses Vorgehens gegenüber einer Labor(misch-)population ist, dass die genetische Verarmung der in Experimenten eingesetzten Individuen minimiert wurde und eine größere Variabilität von nicht-verwandten Individuen erreicht wird.

5.2 *Culiseta annulata*

Stand der Forschung: Anstelle von *Culex pipiens* haben wir *Culiseta annulata* als Konkurrent der Asiatischen Buschmücke untersucht. *Culiseta annulata* ist eine große, braun gefärbte, einheimische Stechmückenart, die –ebenso wie die Asiatische Buschmücke- eine lange

Flugperiode mit einem Populationsmaximum im Herbst hat. Weiterhin kommt *Culiseta annulata* in ähnlichen Bruthabitaten wie die Asiatische Buschmücke vor: natürliche und künstliche Gefäße wie Regentonnen. Weiterhin kommen auch sie an schattigen Plätzen vor (Becker et al. 2010). Zeitlich und räumlich können die Larven beider Arten daher miteinander vorkommen.

Material und Methoden: Eier wurden vom 26. 8. 2016 bis 30. 9. 2016 in Biberach (Baden) mithilfe von Eiablagefallen und Eiablagestäbchen gesammelt. Das Experiment wurde am 12. 10. 2016 angesetzt. Für den Konkurrenzversuch wurden 1 Liter-Plastikbecher verwendet, die mit 400 mL vollentsalztem Wasser befüllt wurden. Zwanzig Dichteverhältnisse (*Aedes japonicus japonicus* (A): *Culiseta annulata* (C)) wurden in drei bis fünf Replikaten angesetzt: 10:0, 20:0, 30:0, 40:0, 0:10, 0:20, 0:30, 0:40 5:15, 5:25, 10:10, 10:20, 10:30, 15:15, 15:25, 20:10, 20:20, 25:5, 25:15, 30:10. Dadurch wurden sowohl symmetrische als auch asymmetrische Verhältnisse sowie unterschiedliche Gesamtdichten untersucht. Die Fütterung erfolgte nach dem standardisierten Futterprotokoll für die Asiatische Buschmücke, das Experiment wurde bei 19°C durchgeführt. Als Parameter wurde die Mortalität als Summe larvaler und pupaler Mortalität aufgenommen.

Ergebnisse: Die Sterblichkeit von *Culiseta annulata* ist bei allen Dichteverhältnissen höher als die der Asiatischen Buschmücke (Abb. 17).

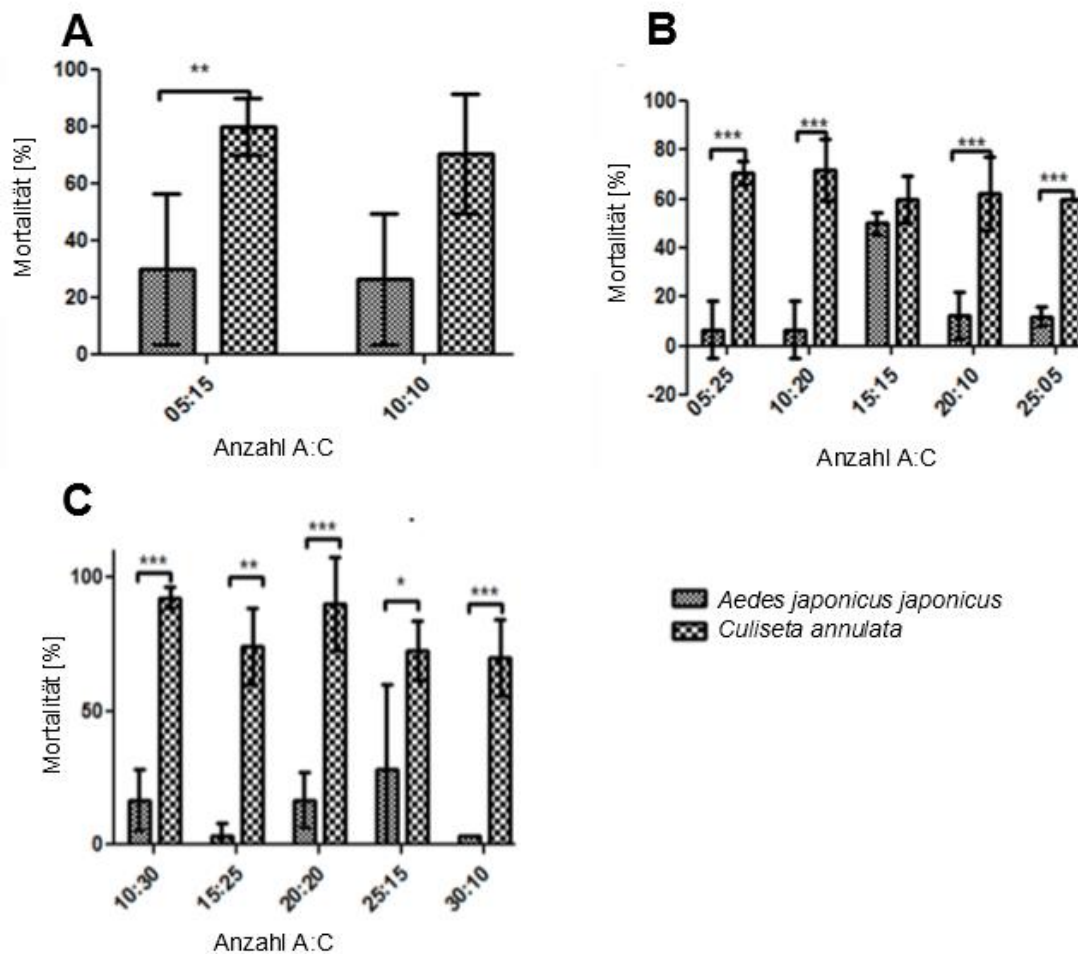


Abb. 17: Mortalität von *Aedes japonicus japonicus* und *Culiseta annulata* bei verschiedenen Dichteverhältnissen bei (A) einer Gesamtdichte von 20 Larven pro Becher, (B) einer Gesamtdichte von 30 Larven pro Becher und (C) einer Gesamtdichte von 40 Larven pro Becher. Sterne geben die Ergebnisse einer ANOVA und Bonferroni-Posttests wieder. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Dabei fällt auf, dass die Mortalität der beiden symmetrischen Dichten 10:10 und 15:15 die einzigen nicht signifikanten Unterschiede zwischen der Mortalität der beiden Arten sind. Die Dichteverhältnisse innerhalb einer Gesamtdichte sind nicht signifikant unterschiedlich. Auch die Gesamtdichte hat keinen signifikanten Einfluss. Die Mortalität von *Culiseta annulata* bei Abwesenheit der Asiatischen Buschmücke zeigt eine Mortalität zwischen 50% bis 100% bei

den Dichten 10, 20, 30, 40 Larven pro Becher, während die Asiatische Buschmücke eine Mortalität <40% zeigt.

Diskussion: Die Asiatische Buschmücke überlebt unter den getesteten Bedingungen besser als *Culiseta annulata*. Dabei ist zu beachten, dass *Culiseta annulata* eine hohe Sterblichkeit auch bei Abwesenheit der Asiatischen Buschmücke aufweist. Daher schließen wir, dass die Laborbedingungen, insbesondere die auf die Asiatische Buschmücke optimierte Fütterung, nachteilig für *Culiseta annulata* sind, eher als dass die Asiatische Buschmücke der überlegene Konkurrent ist. Um zu überprüfen, ob die Asiatische Buschmücke im Freiland bevorzugt in nährstoffreichen Brutgefäßen vorkommt, haben wir ein Freilandexperiment (5.3) mit und ohne Futter durchgeführt.

5.3 Besiedlungen von Brutgewässern

Material und Methoden: Am 18. April und am 2. Mai 2017 wurde der Freilandversuch mit jeweils 20 Eiablagefallen in einem Privatgarten in Biberach (Baden) aufgebaut. Paarweise wurden mit weißer Folie ausgekleidete schwarze Becher (schwarze Unterteile der BG-GAT Falle von Biogents, Regensburg) mit jeweils drei Eiablagestäbchen und 2 Litern einer 1:1-Mischung aus vollentsalztem Wasser und Brunnengrundwasser (18. 4. 2017) bzw. einer 1:1-Mischung aus vollentsalztem Wasser und Leitungswasser (am 2. 5. 2017) aufgestellt. Innerhalb jedes Paares wurde eine Falle mit Futter (2,4 g TetraMin mit einer Partikelgröße < 300 µm × 300 µm) und eine ohne Futter (nur Wasser) bestückt (Abb. 18).

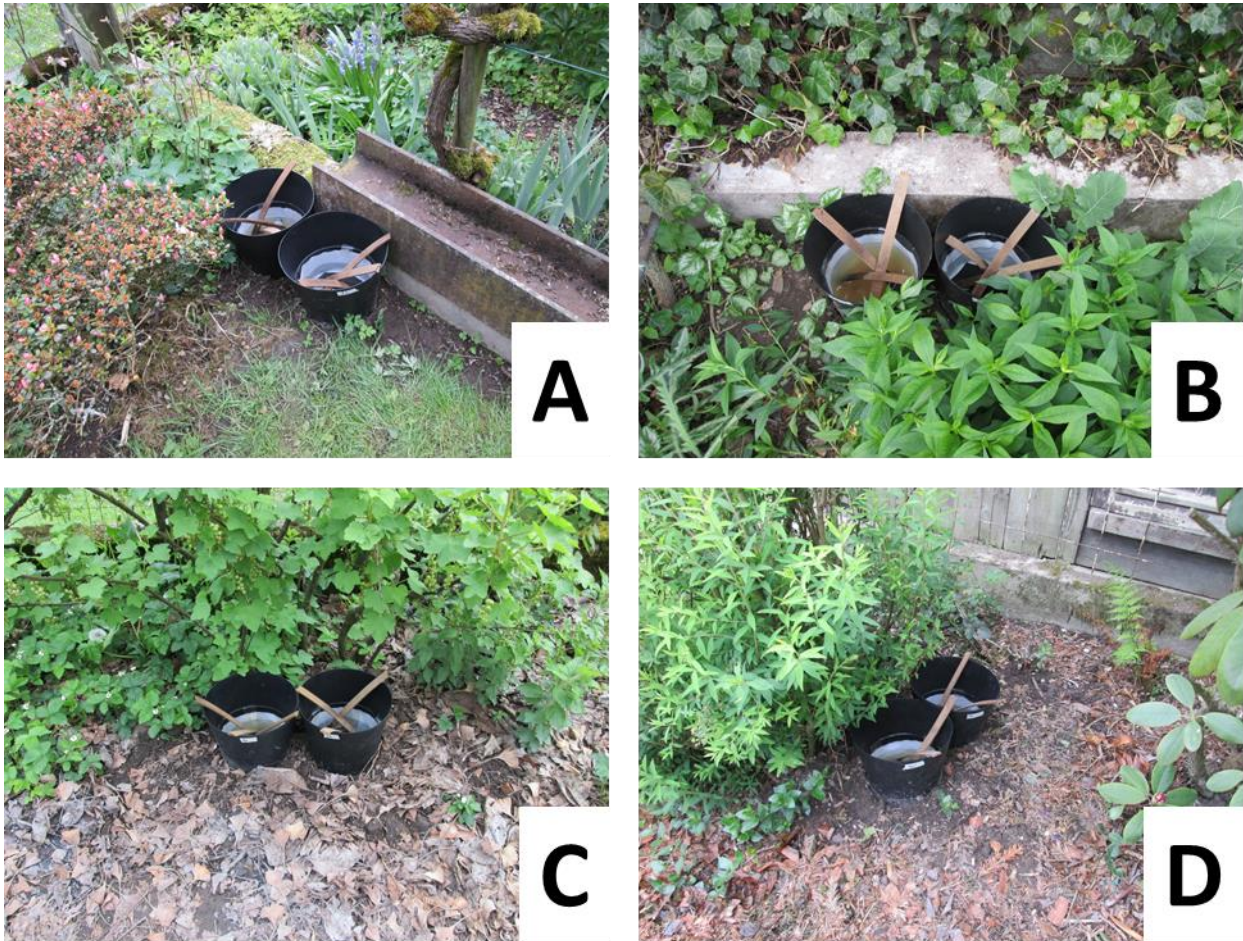


Abb. 18: **Vier beispielhafte Anordnungen für den paarweisen Aufbau der Fallen.** Jeder Becher wurde mit 2 Litern Wasser befüllt, die innere Gefäßwand mit einer weißen Folie ausgekleidet und drei Eiablagestäbchen zugefügt. Zu jeweils einem Becher pro Paar wurde Futter zugefügt.

Die Eiablagestäbchen wurden mit der rauen Seite nach oben gerichtet nach Süden, Osten und Westen ausgerichtet. Die Wassertemperatur, der Sauerstoffgehalt, der pH und die Leitfähigkeit wurden mit Sensoren (WTW, Weilheim) beim Aufbau und nach 14 Tagen gemessen. In vier Fallen wurden außerdem die Wassertemperatur und Lichtintensität während der gesamten Zeit (zweimal 14 Tage) mit HOB0 Pendant Datenlogger (HOB0, Bourne, MA; USA) aufgenommen. Beim Auf- und Abbau wurden die Art der Bodenbedeckung, Pflanzen der Umgebung und die Anwesenheit von konkurrierenden Bruthabitaten erfasst. Beim Abbau

wurden mit bloßem Auge zu erkennende Eier, Larven und Puppen ins Labor überführt und dort zum Schlüpfen gebracht. Weiterhin wurden die Eiablagestäbe und Folien mitgenommen. Am 16. Mai 2017, beim zweiten Abbau, wurden zusätzlich noch 90 Stechmückenlarven und alle zu erkennenden Nicht-Zielorganismen in zwei im Garten vorhandenen Bruthabitaten ((a) mit Regen befüllte Poolplane, (b) als Regentonne genutzte Betonwanne) gesammelt. Alle wurden im Labor aufgezogen und als Imagines in 100% Ethanol bei -20°C eingefroren. Wasserproben zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von Algen und zur Bestimmung von Nitrat, Ammonium und Phosphat wurden ins Labor mitgenommen. Die gesammelten Individuen sollen morphologisch und ggf. molekularbiologisch bestimmt werden.

Ergebnisse: Die hier präsentierten Ergebnisse wurden noch nicht vollständig ausgearbeitet. Das Experiment ist Teil einer Masterarbeit im Masterstudiengang „Umweltwissenschaften“ der Goethe Universität Frankfurt von Johannes Wilhelm. Gerne können wir eine Zusammenfassung der Arbeit nach Beendigung im September/Oktober 2017 nachreichen.

Derzeitig lässt sich sagen, dass in den Fällen des Experiments vornehmlich Stadien der Asiatischen Buschmücke gefunden wurden. Weiterhin wurden Stechmücken der Gattung *Culex* und Chironomiden (Zuckmücken) gefunden, in einer Falle wurde ein Coleoptera (Käfer) gefunden. In den im Garten vorhandenen beiden Brutgewässern wurde ebenfalls die Asiatische Buschmücke gefangen, weiterhin Stechmücken der Gattungen *Culex* und *Anopheles* sowie Coleoptera und Chironomidae.

Diskussion: Dies ist das erste Mal, dass das gemeinsame Vorkommen von Arten, die nicht der Familie Culicidae angehören, mit der Asiatischen Buschmücke untersucht wurde. Dadurch vervollständigt sich unser Bild davon, welche Nicht-Zielorganismen bei einer möglichen Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke betroffen wären.

6 Evaluierung von Bekämpfungsmaßnahmen (Arbeitspaket 4)

Gründe für Bekämpfungsmaßnahmen gegen eine exotische Art sind deren (a) negative Auswirkung auf bestehende Artgemeinschaften, Arten oder Ökosysteme (ökologische Folgen), (b) negative Effekte auf die menschliche Gesundheit (medizinische Folgen) oder (c) negative Folgen auf die Wirtschaft (ökonomische Folgen, z. B. durch Forstschädlinge). In frühen Stadien des Invasionsprozesses (Abb. 4) kann weiterhin eine Prävention der Ansiedlung einer Art in Frage kommen, wenn oben genannte Auswirkungen befürchtet werden. Wie in der Einleitung (2.2) beschrieben, sind die Verbreitung und der Stand des Invasionsprozesses der Asiatischen Buschmücke in den beiden Bundesländern Rheinland-Pfalz und Hessen unterschiedlich.

Ein Integratives Stechmückenmanagement setzt sich aus verschiedenen Maßnahmen zusammen: Monitoring, Prävention (Monitoring der Präventionsmaßnahmen), Bekämpfung (Monitoring der Bekämpfungsmaßnahmen).

Über Monitoringmaßnahmen die Asiatische Buschmücke oder andere Stechmückenarten betreffend in Hessen und Rheinland-Pfalz ist uns derzeit nichts bekannt. Es gibt allerdings die deutschlandweite Maßnahme „Mückenatlas“ (Kampen & Werner 2014), ein *citizen science*-Projekt, über das beispielsweise die Populationen der Asiatischen Buschmücke in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen entdeckt wurden (Abb. 3). Bei Monitoringmaßnahmen zur Prävention sollte allerdings flächendeckend gesammelt und die Proben zeitnah ausgewertet werden.

Die Prävention der Ansiedlung der Asiatischen Buschmücke ist, in Hessen, evtl. noch möglich, vorausgesetzt, die Monitoringergebnisse zum Vorkommen in Hessen (Abb. 3) sind nicht fehlerhaft, z. B. könnten aufgrund der geringen Monitoringaktivität Populationen unerkannt sein und die Art bereits flächendeckend vorkommen. Informationsangebote für die Bevölkerung und Aufklärung können präventiv erfolgen und beispielsweise mit Präventionsmaßnahmen zur Asiatischen Tigermücke verbunden werden. Präventiv können auf Haushaltsebene

Wassergefäße vermieden werden und auf kommunaler Ebene z. B. verbunden mit Flurbereinigungsaktionen auf das Vermeiden von Wasseransammlungen, und damit Stechmücken, durch Vermeidung von Müll (Abb. 8) hingewiesen werden.

Die Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke ist auf verschiedenen geografischen Ebenen (Haushalt, Kommune, Bundesland) möglich. Ein Problem bei der Bekämpfung ist, dass viele einzelne, kleine Bruthabitate behandelt werden müssen, was ein wesentlich detaillierteres Vorgehen erfordert als beispielsweise die großflächige Behandlung von Auen mit großem Gerät aus der Luft (Hubschrauber, Drohnen). Gute Anknüpfungspunkte wären Friedhöfe und Privatgärten. Bei einer Umfrage auf Friedhöfen zeigte sich, dass die verantwortlichen Verwalter bzw. Gärtner sich der Situation bewusst sind, dass Stechmücken auf Friedhöfen häufig anzutreffen sind. Hier könnten Wasserzapfstellen mit stehendem Wasser vermieden werden und evtl. könnten Verbote gegen Kunstblumen gelockert werden, um die Anzahl möglicher Brutgefäße zu reduzieren. Weiterhin könnten sich Kommunen in Vereinen/Bündnissen zusammenschließen, um die Bekämpfung von Stechmücken zu stemmen. Die bereits existierende „Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V.“, in der auch einige hessische Kommunen Mitglieder sind, hat zum Ziel, die Stechmückenplage in der Rheinebene zu bekämpfen, sie führt aber auch ein umfassendes Stechmückenmonitoring durch, währenddessen im Jahr 2015 eine brütende Population der Asiatischen Tigermücke in Freiburg (Breisgau) nachgewiesen wurde. Diese wird derzeit durch das Entfernen von Brutgewässern, Larven- und Fallenmonitoring, Befragung und Aufklärung der Bevölkerung sowie das Ausbringen steriler Männchen (sterile Insektentechnik) bekämpft ([kabsev.de; http://www.kabsev.de/1/1_6/1_6_1/update09092016.php](http://www.kabsev.de/1/1_6/1_6_1/update09092016.php)).

Ausblick:

Zusammenfassend ist zu sagen, dass dieses Projekt Erkenntnisse zur grundlegenden Biologie, insbesondere der Temperaturtoleranz und der Eiablagepräferenz, der Asiatische Buschmücke geliefert hat sowie erste Ansätze für Präventions- und Bekämpfungsmaßnahmen, z. B. Nelkenöl als Abschreckungsstoff und Larvizid. In Nachfolgeprojekten (AJAPII und

PEST) werden nun die saisonale Entwicklung der Populationsgröße sowie die genetische und genomische Auswirkung einer Bekämpfung mit Nelkenöl auf die Asiatische Buschmücke untersucht. Letzteres erfolgt unter besonderer Berücksichtigung einer möglichen Resistenzbildung. Weiterhin soll im Projekt AJAPII untersucht werden, wie die Bereitstellung von Nelkenöl erfolgen könnte und ob und in welchem Umfang die Öffentlichkeit auch bereit ist, dieses anzuwenden. Ergebnisse des hier vorliegenden Projektes (und der Folgeprojekte) könnten auch auf weitere Stechmückenarten und Bundesländer übertragen werden. Derzeit ist es noch nicht möglich, den Status (schädlich, invasiv gemäß EU-Verordnung Nr. 1143/2014) oder die Gefährlichkeit als Krankheitsüberträger für Mensch und (Haus-)Tier der Asiatischen Buschmücke zu beurteilen, da Daten insbesondere zu ökologischen und gesundheitlichen Folgen der Einschleppung fehlen.

7 Abschließende Bemerkungen

Als Hauptprojektbearbeiter waren Friederike Reuß, Prof. Dr. Markus Pfenninger (beide: Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Abteilung „Molekulare Ökologie“) und Dr. Ruth Müller (Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin der Medizinischen Fakultät der Goethe Universität Frankfurt) beteiligt. Weiterhin waren Dr. Ulrich Kuch als Projektleiter, Prof. Dr. Dr. David A. Groneberg und Markus Braun (alle vom Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin der Medizinischen Fakultät der Goethe Universität Frankfurt) als Projektbearbeiter beteiligt.

Innerhalb des Projektes AJAP wurden folgende (Abschluss-) Arbeiten und Praktika erfolgreich abgeschlossen: Anastasia Swonkow, Ronja Heinemann und Johannes Wilhelm haben innerhalb des Mastermoduls „Gewässerökologie“ der Abteilung „Aquatische Ökotoxikologie“ (Leitung: Prof. Dr. Jörg Oehlmann) im Studiengang „Umweltwissenschaften“ der Goethe Universität Frankfurt Praktika in der Abteilung „Molekulare Ökologie“ des Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrums Frankfurt (Leitung: Prof. Dr. Markus Pfenninger) absolviert. Johannes Wilhelm hat das Modul „Einführung in die wissenschaftliche Arbeit“ in der Abteilung „Molekulare Ökologie“ (Leitung: Prof. Dr. Markus Pfenninger) des Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrums Frankfurt erfolgreich durchgeführt und wird seine Masterarbeit (vorläufiger Titel: Konkurrenzexperimente im Labor und im Freiland mit der Stechmücke *Aedes japonicus japonicus*) voraussichtlich im September 2017 abschließen. Am Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin der Medizinischen Fakultät der Goethe Universität Frankfurt wurden durch Dr. Ruth Müller folgende Arbeiten und Praktika betreut (Name des Studenten, Art der Arbeit, *Titel der Arbeit*)

- Dennis Knauß, Praktikum, „*Ecofriendly larval control of the West Nile virus vector Aedes japonicus japonicus*“

- Akhinur Mahbuba, Masterarbeit (an der Universität Duisburg-Essen), „*Metabolic resistance of the invasive mosquitoes Aedes albopictus and Aedes japonicus japonicus under abiotic stress*“

- Yvonne Päbst, Praktikum (in Kooperation mit der Universität Marburg), „*Economic burden of mosquitoes for private households – a case study in Germany*“

Als Produkt des AJAP Projektes wurde folgende Publikation und Vorträge veröffentlicht. Die Auftraggeber sind in der Danksagung ausdrücklich erwähnt. Die Namen von Projektleitern und –bearbeitern wurden unterstrichen.

Bock F, Kuch U, Pfenninger M, Müller R (2015) Standardized laboratory feeding of larval *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Insect Science* **15**(1):144. Doi: 10.1093/jisesa/iev126

Vorträge

Müller R, Bock F, Pfenninger M, Kuch U (2015) Prävention und Bekämpfung der Asiatischen Buschmücke *Aedes japonicus*. – Statuskonferenz „Anpassung an den Klimawandel in Rheinland-Pfalz“. Vortrag, 30.01.2015 in Koblenz.

Reuss F, Wilhelm J, Knauß D, Kuch U, Pfenninger M, Müller R (2016) Insecticides and essential oils against the Asian bush mosquito. – Facing the invasion of alien arthropods species: ecology, modelling and control of their economic impact and public health implication. Vortrag, 07.11.2016-09.11.2016 in Trento, Italien.

Reuss F, Pfenninger M, Kuch U, Müller R (2017) Thermal reaction norm of larvae of a German population of *Aedes japonicus japonicus*. – DGaaE Entomologentagung. Vortrag, 13.03.2017-16.03.2017 in Freising.

An der Durchführung von Experimenten waren außer den Projektbearbeitern Ronja Heine-
mann, Marcel Rose und Cornelia Rücklé als Hilfwissenschaftler beteiligt; ihnen gilt unser
Dank.

Unseren Dank für die kompetente Betreuung des Projektes möchten wir gegenüber Frau Susanne Schroth seitens des Fachzentrum Klimawandel Hessen (FZK) im Hessischen Landesamt für Naturschutz (HLNUG) und Herrn Dr. Ulrich Matthes seitens des Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen beim Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz zum Ausdruck bringen.

Weiterhin danken wir unseren Kooperationspartnern Herrn Prof. Dr. Dr. David A. Groneberg und Herrn Markus Braun (Medizinische Fakultät der Goethe Universität Frankfurt, Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Umweltmedizin) und Herrn Prof. Dr. Jörg Oehlmann (Institut für Ökologie, Evolution und Diversität der Goethe Universität Frankfurt, Abteilung „Aquatische Ökotoxikologie“) für die Bereitstellung von Laborgeräten sowie Herrn Dr. Aljoscha Kreß und Frau Ann-Marie Oppold für ihre Stechmücken-spezifischen Expertisen.

8 Literaturliste

Alto BW (2011) Interspecific larval competition between invasive *Aedes japonicus* and native *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) and adult longevity. *Journal of Medical Entomology* 48(2):232-242.

Andreadis TG, Wolfe RJ (2010) Evidence of reduction of native mosquitoes with increased expansion of invasive *Ochlerotatus japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in the Northeastern United States. *Journal of Medical Entomology* 47(1): 43-52.

Armistead JS, Arias JR, et al. (2009) Interspecific larval competition between *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae) in Northern Virginia. *Journal of Medical Entomology* 45(4):629-637.

Armistead JS, Nishimuru N, et al. (2008) Larval competition between *Aedes japonicus* and *Aedes atropalpus* (Diptera: Culicidae) in simulated rock pools. *Journal of Vector Ecology* 33(2):238-246.

Bartlett-Healy K, Unlu I, et al. (2012) Larval mosquito habitat utilization and community dynamics of *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 49(4):813-824.

Becker N, Huber K, et al. (2011) *Ochlerotatus japonicus japonicus* – a newly established neozoon in Germany and a revised list of the German mosquito fauna. *European Mosquito Bulletin* 29:88-102.

Becker N, Oo T, et al. (2015) Metallic copper spray – a new control technique to combat invasive container-inhabiting mosquitoes. *Parasites & Vectors* 8: 575.

Becker N, Petric D, et al. (2010) *Mosquitoes and their control*. 2. Auflage. Springer Verlag; Heidelberg.

Bock F, Kuch U, et al. (2015) Standardized laboratory feeding of larval *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Insect Science* 15(1):144.

Briere JF, Pracros P, et al. (1999) A novel rate model of temperature-dependent development for arthropods. *Environmental Entomology* 28(1): 22-29.

Cameron EC, Wilkerson RC, et al. (2010) Molecular phylogenetics of *Aedes japonicus*, a disease vector that recently invaded Western Europe, North America, and the Hawaiian islands. *Journal of Medical Entomology* 47(4):527-535.

Colautti RI, MacIsaac HJ (2004) A neutral terminology to define 'invasive' species. *Diversity and Distributions* 10: 135-141.

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union EU (2014) EU-Verordnung Nr. 1143/2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten. Aus: Amtsblatt der Europäischen Union vom 22. Oktober 2014. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014R1143&from=EN>. Zugriff am 24. Mai 2017.

European Centre for Disease Prevention and Control ECDC (2005-2017) Mosquitoes: *Aedes japonicus*. <http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/mosquitoes/Pages/aedes-japonicus.aspx>. Zugriff am 24. Mai 2017.

Hijmans RJ, Cameron SE, et al. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978. Doi: 10.1002/joc.1276

Hoshino K, Isawa H, et al. (2010) Laboratory colonization of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) collected in Narita, Japan and biological properties of the established colony. *Japanese Journal of Infectious Diseases* 63:401-404.

Huber K, Jansen S, 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. *Parasitology Research* 113(9):3195-3199.

Huber K, Schuldt K, et al. (2014) Distribution and genetic structure of *Aedes japonicus japonicus* populations (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitology Research* 113:3201-3210.

Kampen H, Kuhlisch C, et al. (2016) Occurrence and spread of the invasive Asian bush mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in west and north Germany since detection in 2012 and 2013, respectively. *Plos one* 11(12): e0167948.

Kampen H, Werner, D (2014) Der Mückenatlas. Forschungsreport 1/2014: 24-27

Kampen H, Zielke D, et al. (2012) A new focus of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera: Culicidae) distribution in Western Germany: rapid spread or a further introduction event? *Parasites & Vectors* 5:284.

Kaufman MG, Fonseca DM (2014) Invasion biology of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae). *Annual Review of Entomology* 59:31-49. Doi: 10.1146/annurev-ento-011613-162012

Kuhn C (2014) Exotische Stechmücken in Deutschland. Fortbildungsveranstaltung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst. Präsentation über <http://www.bfr.bund.de/cm/343/exotische-stechmuecken-in-deutschland.pdf> (letzter Zugriff am 7.6.2017).

Melaun C, Werblow A, et al. (2015) Modeling of the putative distribution of the arbovirus vector *Ochlerotatus japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitology Research* 114:1051-1061.

Murrell EG, Noden BH, et al. (2015) Contributions of temporal segregation, oviposition choice, and non-additive effects of competitors to invasion success of *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae) in North America. *Biological Invasions* 17(6): 1669-1681. Doi: 10.1007/s10530-014-0824-9.

Nationale Expertenkommission „Stechmücken als Überträger von Krankheiten“ (2016) *Aedes albopictus* in Deutschland. Handlungsbedarf und –optionen im Umgang mit der Asiatischen Tigermücke.

https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/Document_derivate_00015125/Handlungsempfehlung_Konzeptpapier_Ae-albopictus_19-04-2016_V2.pdf (letzter Zugriff am 7.6.2017).

Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Gesundheit und Gleichstellung (2016) Fremde Stechmückenarten in Niedersachsen – juckt uns das? Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung mit Antwort der Landesregierung. Drucksache17/6335. www.landtag-niedersachsen.de/drucksachen/drucksachen_17_7500/.../17-6335.pdf (letzter Zugriff am 7.6.2017).

Oliver J, Howard JJ (2005) Fecundity of naturally blood-fed *Ochlerotatus japonicus*. *Journal of Medical Entomology* 42(3):254-259.

Russell PF, Rao TR (1941) On surface tension of water in relation to behavior of *Anopheles* larvae. *American Journal of Tropical Medicine* 21(6): 767-777.

Sardelis MR, Turell MJ (2001) *Ochlerotatus j. japonicus* in Frederick County, Maryland: discovery, distribution, and vector competence for West Nile virus. *Journal of the American Mosquito Control Association* 17(2):137-141.

Sardelis MR, Turell MJ, et al. (2002) Laboratory transmission of La Crosse virus by *Ochlerotatus j. japonicus* (Diptera: Culicidae) *Journal of Medical Entomology* 39(4):635-639.

Schaffner F, Kaufmann C, et al. (2009) The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. *Medical and Veterinary Entomology* 23:448-451.

Schaffner F, Vazeille M, et al. (2011) Vector competence of *Aedes japonicus* for chikungunya and dengue viruses. *European Mosquito Bulletin* 29:141-142.

Schneider K (2011) Breeding of *Ochlerotatus japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) 80 km north of its known range in southern Germany. *European Mosquito Bulletin* 29:129-132.

Scott JJ (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. Doktorarbeit. Rutgers Universität, New Jersey.

Seebens H, Blackburn TM, et al. (2017) No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications* 8:14435.

Takashima K, Rosen L (1989) Horizontal and vertical transmission of Japanese Encephalitis virus by *Aedes japonicus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 26(5):454-458.

Tanaka K, Mizusawa K, et al. (1979) A revision of the adult and larval mosquitoes of Japan (including the Ryukyu Archipelago and the Ogasawara Islands) and Korea (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 16:1-989.

Warikoo R, Wahab M, et al. (2011) Oviposition-altering and ovidical potentials of five essential oils against female adults of the dengue vector, *Aedes aegypti* L. *Parasitology Research* 109(4): 1125-1131.

Werner D, Kampen H (2013) The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) towards northern Germany. *Parasitology Research* 112:3665-3668.

Williges E, Jarajollahi A, et al. (2008) Laboratory colonization of *Aedes japonicus japonicus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 24(4):591-593.

Wilton DP (1968) Oviposition site selection by the tree-hole mosquito, *Aedes triseriatus* (Say). *Journal of Medical Entomology* 5(2):189-194.

Zielke DE, Ibanez-Justicia A, et al. (2015) Recently discovered *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) populations in The Netherlands and northern Germany resulted from a new introduction event and from a split from an existing populations. *Parasites & Vectors* 8:40.

Zielke DE, Werner D, et al. (2014) Unexpected patterns of admixture in German populations of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) underscore the importance of human intervention. Plos one 9(7):e99093.