Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim
Eisenbahn-Bundesamt

Berichte
des Deutschen Zentrums
für Schienenverkehrsforschung

Bericht 11 (2021)

# Bewertung des Einschleppungs- und Vermehrungspotentials der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) auf Bahnanlagen in Deutschland

Berichte des Deutschen Zentrums
für Schienenverkehrsforschung, Nr. 10 (2021)
Projektnummer 2018-U-9-1217

# Bewertung des Einschleppungs- und Vermehrungspotentials der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) auf Bahnanlagen in Deutschland

von

Björn Pluskota, Xenia Augsten, Artur Jöst und Norbert Becker
Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung (GFS), Speyer

Im Auftrag des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt

# Impressum

HERAUSGEBER
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt

August-Bebel-Straße 10
01219 Dresden

www.dzsf.bund.de

DURCHFÜHRUNG DER STUDIE
Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung (GFS)
Georg-Peter-Süß-Str. 3
67346 Speyer

ABSCHLUSS DER STUDIE
Oktober 2020

REDAKTION
Eisenbahn-Bundesamt
Dr. Marion Leiblein-Wild, Referat Umwelt

DZSF
Dr. Lars Symmank, Forschungsbereich Umwelt und nachhaltige Mobilität

BILDNACHWEIS
Xenia Augsten / KABS e.V. / S. 20, 44, 45, 48, 54, 56, 59, 62
Björn Pluskota / KABS e.V. / Titelinnenseite, S. 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 51, 53, 57, 63, 73, 74
Julian Vahl / KABS e.V. / S. 35, 37
Deutscher Wetterdienst / S. 60
incontext.technology GmbH / S. 46, 47

PUBLIKATION ALS PDF
http://www.dzsf.bund.de/veröffentlichungen

ISSN 2629-7973

Dresden, Mai 2021

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

# Inhaltsverzeichnis

**Kurzbeschreibung** ..... **7**

**1 Einleitung** ..... **9**

1.1 Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) ..... 9

1.1.1 Taxonomie und Erscheinungsbild ..... 9

1.1.2 Lebenszyklus und Entwicklung ..... 9

1.1.3 Lebensbereiche und Brutstättenbiologie ..... 11

1.1.4 Verbreitungsgebiet und Verschleppung durch den Menschen ..... 12

1.1.5 Bedeutung für den Menschen ..... 14

1.1.6 Bekämpfung und Kontrolle ..... 15

1.2 Fragestellung und Zielsetzung ..... 17

**2 Erfassung des Brutstättenangebotes an Bahnanlagen** ..... **19**

2.1 Material und Methoden ..... 19

2.1.1 Untersuchte Bahnanlagen ..... 19

2.1.2 Festgelegte Brutstätten-Parameter und daraus resultierende Wertungsklassen ..... 22

2.1.3 Brutstättenmonitoring ..... 30

2.1.4 Stechmückenmonitoring ..... 32

2.2 Ergebnisse ..... 33

2.2.1 An Bahnanlagen gefundene Stechmückenarten ..... 33

2.2.2 Brutstättenkatalog ..... 34

**3 Risikoanalyse** ..... **55**

3.1 Beurteilung des Vermehrungspotentials an Bahnanlagen ..... 55

3.1.1 Material und Methoden ..... 56

3.1.2 Ergebnisse, Datenlage und Beurteilung ..... 62

3.1.3 Abschließende Bewertung des Vermehrungspotentials der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen ..... 77

3.2 Beurteilung des Einschleppungspotentials an Bahnanlagen ..... 79

3.2.1 Material und Methoden ..... 79

3.2.2 Ergebnisse, Datenlage und Beurteilung ..... 80

3.2.3 Abschließende Bewertung des Einschleppungspotentials an Bahnanlagen ..... 89

3.3 Beurteilung der klimatischen Bedingungen ..... 92

3.3.1 Material und Methoden ..... 92

3.3.2 Ergebnisse und Beurteilung ..... 93

**4 Handlungsempfehlungen ..... 95**
4.1 Zweistufiges prophylaktisches Brutstätten-Managementkonzept ..... 95
4.2 Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements ..... 96
4.3 Maßnahmenkatalog (einzelne Brutstättentypen) ..... 99
4.3.1 Senkrechte Hohlprofile ..... 99
4.3.2 Oberflächenwasserabläufe ..... 101
4.3.3 Schachtbauwerke ..... 102
4.3.4 Kabelkanäle ..... 103
4.3.5 Dachrinnen ..... 104
4.3.6 Nicht verbaute Brutstätten ..... 104
4.3.7 Flach auslaufende, offene Wasseransammlungen ..... 105
4.3.8 Gräben und Naturteiche ..... 105
**5 Fazit und Ausblick ..... 106**
**6 Abbildungsverzeichnis ..... 108**
**7 Tabellenverzeichnis ..... 111**
**8 Quellenverzeichnis ..... 113**
**9 Anhänge ..... 123**
9.1 Liste der untersuchten Bahnanlagen ..... 123
9.2 Übersicht der bisherigen Arbeiten des Auftragsnehmers mit Bezug zum vorliegenden Projekt ..... 124
9.3 Informationen für Kleingartenanlagen ..... 127
9.4 Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *Bacillus thuringiensis israelensis – B.t.i.* ..... 129

# Kurzbeschreibung

Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) ist ein potentieller Vektor zahlreicher humanmedizinisch relevanter Viruserkrankungen. Zusätzlich kann die Art bei hohen Populationsdichten durch ihr sehr aggressives und ausdauerndes Stechverhalten massiven Einfluss auf die Lebensqualität der Bevölkerung nehmen. Durch menschliche Aktivität wird die Asiatische Tigermücke selbst über größere Distanzen passiv verschleppt und kann durch ihre Anpassungsfähigkeit bei der Wahl der Brutstätten vor allem im Bereich von menschlichen Siedlungen schnell hohe Populationsdichten aufbauen.

Aufgrund der raschen anthropogenen Verbreitung von *Aedes albopictus* besteht in Deutschland prinzipiell auch im Bereich von Bahnanlagen die Gefahr einer Etablierung, Stichbelästigung und Übertragung von Krankheiten durch diesen potentiellen Vektor. Hierbei stellen sich die beiden grundlegenden Fragen, inwieweit es durch die Tätigkeit der Deutschen Bahn AG und die infrastrukturellen Gegebenheiten im Bereich von Bahnanlagen zu einer Ansiedelung der Asiatischen Tigermücke in bisher nicht von der Art befallenen Gebieten oder zu einer Vermehrung und letztendlich zu einem Belästigungs- und Gesundheitsrisiko durch die Asiatische Tigermücke kommen kann.

Entscheidend für die Beantwortung dieser beiden Fragestellungen ist die Beurteilung des Brutstättenangebotes, welches sowohl einen maßgeblichen Einfluss auf die Etablierungswahrscheinlichkeit nach einer erfolgten Einschleppung als auch auf die maximale Populationsdichte schon bestehender Ansiedelungen der Asiatischen Tigermücke hat.

Daher erfolgte im Zeitraum vom Juli 2019 bis Januar 2020 eine Begehung der Außenbereiche von 35 verschiedenen Bahnanlagen und die Erfassung aller potentiellen Stechmückenbrutstätten. Alle gefundenen potentiell wasserführenden Strukturen wurden klassifiziert und anhand der Parameter „Volumen“, „Abschirmung in Abhängigkeit des Volumens“, „Zulauf“, „Größe der Einflugöffnung“ und „Material“ bezüglich der Eignung als Stechmückenbrutstätte gewertet. Als Ergebnis dieser Brutstättenbewertung kann für jede Brutstätte die durchschnittliche Anzahl der innerhalb eines Monats ausfliegenden Weibchen der Asiatischen Tigermücke angegeben werden.

Insgesamt konnte im Bereich der untersuchten Bahnanlagen nur ein geringes Spektrum verschiedenartiger potentieller Brutstätten der Asiatischen Tigermücke gefunden werden. So lassen sich alle 505 kartierten Brutstätten in die fünf grundlegenden Strukturkategorien „Oberflächenwasserabläufe“, „Schachtbauwerke“, „Dachrinnen“, „senkrechte Rohrsysteme“ und „unverbaute temporäre Brutstätten“ einteilen.

Für die Klärung der Fragestellungen zum Belästigungs- und Gesundheitsrisiko, welches von den „frei beweglichen“ erwachsenen Weibchen der Asiatischen Tigermücke ausgeht, war eine alleinige Darstellung und Berechnung der räumlichen Verteilung der „stationären“ Brutstätten nicht ausreichend. Daher wurde ein Modell erstellt, welches anhand der quantitativen sowie qualitativen Daten des Brutstättenmonitorings und der Auftrittswahrscheinlichkeit von Asiatischen Tigermückenweibchen in Abhängigkeit zur Ursprungs-Brutstätte über ein numerisches Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen die räumliche Verteilung von Asiatischen Tigermücken-Weibchen berechnet. Diese als Dichtepotential bezeichnete punktuelle Belastung wurde als Weibchen der Asiatischen Tigermücke pro Monat und Quadratmeter (Weibchen/Monat/$m^2$) definiert.

Anhand der berechneten Dichtepotentiale war es möglich, das Vermehrungspotential im Bereich der Bahnanlagen mit Daten vorausgegangener Monitoring- und Bekämpfungsprojekte der Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung (GFS) zu vergleichen. So ist das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen je nach Nutzungstyp zwischen äußerst gering bis ge-

ring einzuschätzen. Insgesamt scheint daher durch das nutzungstypische Brutstättenangebot der Bahnanlagen keine prinzipielle Gefahr einer Massenentwicklung oder einer erfolgreichen Etablierung der Asiatischen Tigermücke auszugehen. Die mit insgesamt 35 untersuchten Bahnanlagen umfassende Stichprobe ist zu klein, um das Vorhandensein unbekannter Massenbrutstätten oder Konzentrationen einer größeren Anzahl an kleineren Brutstätten an Bahnanlagen kategorisch auszuschließen. So wiesen alle untersuchten Bahnanlagen viele bahnnutzungsbedingte strukturelle Gemeinsamkeiten auf, unterschieden sich jedoch wiederum erheblich aufgrund architektonischer oder anderer Gegebenheiten, wodurch es zu einer großen Spannbreite der berechneten Dichtepotentiale kam. In diesem Zusammenhang ist auch der gelegentlich in großen Mengen im Bereich von Bahnanlagen gefundene Müll in Form von z. B. weggeworfenen Bechern, Dosen, Flaschen und Folien zu nennen. Dieser nicht nutzungsbedingte und temporäre Brutstättentyp wurde innerhalb der Brutstättenkartierung nicht erfasst.

Zur Beurteilung des Einschleppungspotentials der Asiatischen Tigermücke an Bahnanlagen wurden die schon verfügbaren Daten aus früheren Forschungsprojekten der GFS, Literaturdaten und die im Rahmen dieses Projektes generierten Ergebnisse eines parallel bei der Erfassung der Brutstätten durchgeführten Stechmückenmonitorings herangezogen. Mit Ausnahme des Bahnanlagennutzungstyps „begleiteter kombinierter Verkehr“ ist die Einschleppungsrate von Individuen der Asiatischen Tigermücke innerhalb von Bahnanlagen in Deutschland eher gering einzuschätzen. In Zukunft ist jedoch mit einer zunehmenden Anzahl an Gründerpopulationen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland, zusätzlich zu der Einschleppung der Art aus Südeuropa, mit einer vermehrten regionalen Weiterverschleppung von blutsuchenden Weibchen der Asiatischen Tigermücke zwischen den verschiedenen Bahnanlagen des Personen- und vor allem des Nahverkehrs zu rechnen. Nur bei Betriebsbahnanlagen ohne öffentlichen Zugang oder Umschlag von Waren kann prinzipiell von einem zu vernachlässigenden Einschleppungspotential ausgegangen werden.

Abschließend wurde auf der Basis der Beurteilungen des Vermehrungs- und Einschleppungspotentials und unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen in Deutschland ein zweistufiges prophylaktisches Brutstätten-Managementkonzept erstellt. Die Relevanz und die Intensität von gegebenenfalls empfohlenen Bekämpfungsmaßnahmen kann von den zuständigen Mitarbeitern jeder beliebigen Bahnanlage Schritt für Schritt über einen Entscheidungsbaum selbstständig und einfach ermittelt werden. Für alle typischen im Bereich von Bahnanlagen gefundenen Brutstättentypen werden verschiedene Arten von leicht durchzuführenden Einzelmaßnahmen vorgeschlagen, welche entweder einmalig oder regelmäßig durchzuführen sind.

Mit Hilfe dieser selbst durchzuführenden Risikoeinschätzung und den prophylaktischen Maßnahmen steht der Deutschen Bahn AG eine fundierte Handlungsgrundlage zur Verfügung, mit welcher es möglich ist, eigenständig und ökonomisch die Wahrscheinlichkeit einer Etablierung oder Massenentwicklung der Asiatischen Tigermücke innerhalb relevanter Bahnanlagen entscheidend zu verringern.

# 1 Einleitung

## 1.1 Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*)

### 1.1.1 Taxonomie und Erscheinungsbild

Innerhalb der Ordnung Diptera, den zweiflügeligen Insekten, bildet die Familie der Stechmücken (Culicidae) eine Gruppe von weltweit ca. 3500 Arten (Clements 1992). Die als Asiatische Tigermücke bezeichnete Stechmückenart *Aedes albopictus* wurde das erste Mal im Jahr 1894 beschrieben (Skuse 1894). Innerhalb der Gattung *Aedes* wird die Asiatische Tigermücke der Untergattung *Stegomyia* zugeordnet (Watson 1967), in welcher sich viele bedeutende Überträger humanmedizinisch relevanter Viruserkrankungen und Filariosen befinden (Becker, Petric et al. 2010).

Die Asiatische Tigermücke ist eine kleine bis mittelgroße Stechmückenart (Becker, Petric et al. 2010), welche eine Körpergröße von etwa 3,5-8 mm erreicht (Skuse 1894). Sowohl weibliche als auch männliche adulte Individuen von *Aedes albopictus* sind schwarz bis schwarz-braun gefärbt (Savage and Smith 1994) und weisen eine sehr auffällige Musterung auf (Huang 1968). Alle Tarsenglieder der schwarzen Hinterbeine besitzen an ihrer Basis silberweiße Schuppen, wodurch sich insgesamt fünf deutlich helle Ringe ergeben. An den beiden vorderen Beinpaaren ist diese Ringelung nicht so breit angelegt und lediglich an den ersten beiden Tarsenglieder vorhanden (Skuse 1894).

Ebenfalls sehr markant ist die aus eng aneinander liegenden Schuppen bestehende silberweiße Acrostichal-Linie, welche sich vom Kopf zwischen den Augen mittig bis auf den Thorax fortsetzt (Huang 1968). Auch die Palpenspitzen von *Aedes albopictus* sind auffällig weiß, wodurch die Art sich von vielen anderen *Aedes*-Arten unterscheidet (Savage and Smith 1994).

### 1.1.2 Lebenszyklus und Entwicklung

Wie bei allen Stechmücken durchlaufen die Larven von *Aedes albopictus* insgesamt vier Larvenstadien, deren Entwicklung komplett an das Wasser gebunden ist (Clements 1992). In jedem Larvenstadium erfolgt eine schrittweise Größenzunahme, welche am Ende eines jeden Stadiums durch eine Häutung der Larve abgeschlossen wird. Für die Luftaufnahme besitzt die Larve am achten Abdominalsegment ein Atemrohr, mit welchem sie sich an der Wasseroberfläche verankern kann (Clements 1992). Diese Luftatmung ist jedoch fakultativ, einen Teil des Sauerstoffbedarfs decken die Larven über Hautatmung direkt aus dem Wasser (Clements 1992). Die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven der Stechmücken ist von der Temperatur abhängig. So dauert die komplette Larvenentwicklung von *Aedes albopictus* bei 30 °C nur etwa sechs bis acht, bei 20 °C hingegen jedoch elf bis fünfzehn Tage (Hien 1975). Auch das Nahrungsangebot und die Larvendichte beeinflussen die Entwicklungsgeschwindigkeit von Stechmückenlarven (Mori 1979, Tuchman, Wahtera et al. 2003). Letztere spielt vor allem in den größenmäßig oft beschränkten Larvenbrutstätten von *Aedes albopictus* eine große Rolle. Als Nahrung dienen Mikroorganismen und organisches Material. Die Nahrung wird überwiegend als Feinstpartikel aus dem Wasserkörper eingestrudelt oder vom Substrat abgeweidet (Clements 1992).

Im vierten Larvenstadium erfolgt dann eine massive Zunahme der Körpergröße, welche am Ende durch die Larven-Puppenhäutung abgeschlossen wird. Stechmücken vollziehen wie alle holometabolen Insekten in ihrer juvenilen Entwicklung eine vollständige Metamorphose (Clements 1992). Auch wenn innerhalb der Stechmückenlarve schon einige der späteren Imagines-Organe heranwachsen, werden diese Metamorphose-Prozesse erst mit der Verpuppung offensichtlich (Clements 1992). Das Puppenstadium

ist im Gegensatz zu den Larvenstadien nicht zur Nahrungsaufnahme und zu Wachstum befähigt. Die Haut der Puppen ist stark sklerotisiert und mit Wachs durchsetzt, wodurch die Puppe tolerant gegenüber verschiedenen Wasserinhaltsstoffen und -qualitäten ist (Christophers 1960). Andererseits bedeutet dies jedoch auch den Verlust der Hautatmungsfähigkeit (Clements 1992). Im dorsalen Bereich des Cephalothorax befindet sich ein Paar Atemhörnchen, mit welchem die Puppe an der Wasseroberfläche Luft aufnimmt (Clements 1992). Das Puppenstadium ist deutlich kürzer als die Larvenentwicklung, wird aber wie diese ebenfalls stark durch die Wassertemperatur beeinflusst. So ist die vollständige Puppenentwicklung bei einer Wassertemperatur von 30 °C schon nach ca. 1,8 Tagen abgeschlossen, während sie bei 20 °C etwa fünf Tage dauert.

Wie bei allen Stechmücken schlüpfen auch bei *Aedes albopictus* die männlichen Imagines vor den Weibchen (Hawley 1988). Beim Schlüpfen platzt die Puppenhülle entlang einer dorsalen Naht in der Mitte des Thorax auf und die Imago schiebt sich innerhalb von 15 Minuten aus der Puppenhülle. Bereits zehn Minuten nach dem Schlüpfen sind Stechmücken zu kurzen Flügen fähig, die volle Flugfähigkeit erreichen sie nach ungefähr einer Stunde (Clements 1992). Im Allgemeinen gilt die Asiatische Tigermücke jedoch als schlechter Flieger, welcher sich meist in Bodennähe aufhält und stärkere Winde meidet (Hawley 1988, Niebylski, Savage et al. 1994).

Etwa zwei bis drei Tage nach dem Schlüpfen der Imagines erfolgt die Paarung (Hawley 1988). Die Männchen fliegen um mögliche Wirte herum und versuchen, sich mit Weibchen zu paaren, welche eine Blutmahlzeit aufnehmen wollen. Dabei erkennen die Männchen die Weibchen an ihrem charakteristischen Flugton und fliegen diese direkt an. Die Paarung dauert etwa zwölf Sekunden und findet üblicherweise im Fluge statt, wobei das Männchen unter dem Weibchen hängt (Gubler and Bhattacharya 1971).

Die Hauptstechaktivität von *Aedes albopictus* findet am Tage statt (Xue and Barnard 1996). Obwohl diese Art auch bei hellem Tageslicht sticht (Adhami and Reiter 1998), ist die Stechaktivität eine Stunde nach Sonnenaufgang und eine Stunde vor Sonnenuntergang am höchsten (Abu Hassan, Adanan et al. 1996). Die durchschnittliche bei einer Blutmahlzeit aufgenommene Blutmenge beträgt in etwa 2,1 µl (Hawley 1988). Die Asiatische Tigermücke besitzt ein breites Wirtsspektrum, welches nach Saison und Mikrohabitat variieren kann (Niebylski, Savage et al. 1994). Bevorzugt werden Säugetiere gestochen (Savage, Niebylski et al. 1993), allerdings wurden auch Blutmahlzeiten an Vögeln, Reptilien und Amphibien nachgewiesen (Sullivan, Gould et al. 1971, Savage, Niebylski et al. 1993, Niebylski, Savage et al. 1994). Eine hohe Attraktanz scheint vom Menschen auszugehen (Heard, Niebylski et al. 1991).

Etwa drei bis fünf Tage nach der Blutmahlzeit erfolgt die Eiablage (Hawley 1988). Innerhalb eines Lebens legen Weibchen der Asiatischen Tigermücke etwa 300–345 Eier ab (Hawley 1988), die Gelegegröße einer einzelnen Eiablage beträgt durchschnittlich 63 Eier (Gubler 1970). Hierbei werden die Eier eines Eiablagezyklus nicht innerhalb einer Brutstätte abgelegt, sondern meist auf mehrere verteilt (Hawley 1988). Ein Großteil der Weibchen nimmt schon 24 h nach der Eiablage eine neue Blutmahlzeit zu sich (Mori 1977). Der Zeitraum zwischen zwei Eiablagen mit aus verschiedenen Blutmahlzeiten entwickelten Eiern wird als gonotrophischer Zyklus bezeichnet (Hawley 1988) und dauert bei *Aedes albopictus* etwa 4,6 Tage bei 26 °C (Gubler and Bhattacharya 1971).

Die Lebensdauer erwachsener Individuen der Asiatischen Tigermücken ist abhängig von zahlreichen biotischen und abiotischen Faktoren, wie z. B. Geschlecht, Nahrungsangebot, Prädationsdruck, Temperatur und Luftfeuchte. So konnten im Labor bei nahezu optimalen Bedingungen eine durchschnittliche Lebensdauer von 29 bis 45 Tage für die Weibchen festgestellt werden (Hylton 1969, Gubler and Bhattacharya 1971, Helleck, Hartbeck et al. 1993, Jahangir, Yap et al. 2003, Pluskota 2011). Wie bei allen Stechmücken sind die Mortalitätsraten der Männchen bei gleichen Bedingungen höher (Liles and Delong 1960, Hawley 1988). Die Verfügbarkeit von Pflanzenzucker führte zu einer signifikanten Erhöhung der Überlebenswahrscheinlichkeit gegenüber nur mit Wasser versorgten Tieren. Ohne Wasser überleben keine Imago länger als vier Tage (Jahangir et al. 2003).

### 1.1.3 Lebensbereiche und Brutstättenbiologie

Bei der Wahl der Brutstätten zeigt die Asiatische Tigermücke eine bemerkenswerte Anpassungsfähigkeit und nutzt eine große Bandbreite natürlicher und künstlicher, wassergefüllter Gefäße (Hawley 1988). Als eigentliche Waldart angesehen, stellen die als Phytotelmen bezeichneten Wasseransammlungen in Vertiefungen und Aushöhlungen von lebenden Pflanzen die ursprünglichste Form der Brutstätten von *Aedes albopictus* dar (O'Meara, Evans et al. 1995, Kolivras 2006). Hiervon sind in Mitteleuropa wassergefüllte Baumhöhlungen (Dendrotelmen) als häufigste natürliche Brutstätten der Art anzusehen. Grundsätzlich können von der Asiatischen Tigermücke jedoch auch andere natürliche Wasseransammlungen wie z. B. Felsaushöhlungen (O'Meara, Evans et al. 1997) und Schneckenschalen (Rozeboom and Bridges 1972) als Brutstätte genutzt werden.

In der Umgebung menschlicher Aktivitäten nutzt die Art eine große Fülle an künstlichen Brutgefäßen und ist in Siedlungsnähe deutlich häufiger und in größerer Dichte anzutreffen (Sardelis, Turell et al. 2002). So machten künstliche Wasseransammlungen in Singapur 95 % aller Brutstätten der Art aus (Chan, Ho et al. 1971). Ihre Larven wurden in weggeworfenen Flaschen (Adhami and Reiter 1998), Haushaltsgeräten (Hobbs, Hughes et al. 1991) und Ameisenfallen (Kittayapong and Strickman 1993) gefunden.

Als besondere Anpassung an die natürlichen Brutstätten der Art, in welchen Wasserstandsschwankungen und Austrocknungen saisonal oder unberechenbar vorkommen, besitzt die Asiatische Tigermücke trockenresistente Eier (Clements 1992, Sota 1993). Der äußerst effektive Verdunstungsschutz der Eier ist auf die embryonale Serosahaut zurückzuführen, welche wie das Exoskelett der Imagines Chitin und eine Wachsschicht enthält (Rezende, Martins et al. 2008). Ist nach der Eiablage die Embryogenese vollständig abgeschlossen, können in den trockenresistenten Eiern die schlupffertigen Larven über mehrere Monate überleben (Gubler 1970, Hien 1975). Da die Serosahaut jedoch erst im Laufe der Embryogenese nach ungefähr 24 Stunden vom Embryo unterhalb des Chorions gebildet wird (Clements 1992), erfolgt die Eiablage durch die Weibchen obligatorisch im feuchten Milieu. So wird innerhalb der Brutstätte von den Weibchen der Hauptteil der Eier in den feuchten Bereich oberhalb (Amerasinghe and Alagoda 1984) und etwa 10 % direkt auf die Wasseroberfläche (Hawley 1988, Pluskota 2011) abgelegt. Der Besitz von trockenresistenter Eiern hängt signifikant mit der Wahrscheinlichkeit zusammen, eine neozoische Stechmückenart zu werden (Juliano and Lounibos 2005). Daher ist das Vorhandensein von ausreichenden Wassermengen das Hauptkriterium bzw. obligatorisch für die Auswahl der Brutstätten der eiablagebereiten weiblichen Asiatischen Tigermücken.

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Attraktivität der wassergefüllten Brutstätten, was sich in der unterschiedlichen Anzahl der darin abgelegten Eier widerspiegelt. So erfolgt die Eiablage von *Aedes albopictus* bevorzugt in bodennahen Brutstätten, jedoch wurden auch Eiablagestellen in sieben Meter gefunden (Amerasinghe and Alagoda 1984). Eiablagemöglichkeiten mit dunklerem Wasser werden denen mit klarem Wasser vorgezogen. Ebenso haben Infusionen aus Heu und Laub einen positiven Einfluss auf die Anzahl der abgelegten Eier (Hawley 1988). Befinden sich in den Wasseransammlungen gelöste Kupferionen, ist eine deutliche Reduktion der Eiablagerate festzustellen (Romi, Di Luca et al. 2000, Kühnlenz 2017).

Zusätzlich besitzt *Aedes albopictus* die Fähigkeit, Diapause-Eier abzulegen (Hawley 1988). Als ursprünglich tropische Art (Hawley 1988) konnte sie sich dadurch auch in gemäßigten Klimaten ansiedeln, da diese Diapause-Eier gegenüber den Nicht-Diapause-Eiern eine höhere Kältetoleranz aufweisen (Hanson and Craig 1994). Zusätzlich wird durch die Schlupfhemmung der Larven in den Diapause-Eiern verhindert, dass diese im Spätsommer und Anfang Herbst in die kalte Jahreszeit hineinschlüpfen und sterben (Mori and Oda 1981).

Obwohl die Diapause im Ei-Stadium zum Ausdruck kommt, wird sie während des Puppen- und vor allem während des Imaginalstadiums initiiert (Mori and Oda 1981, Hawley 1988). Hierbei spielt vor allem die Tageslänge eine entscheidende Rolle, die Temperaturen wirken zusätzlich modifizierend (Focks, Linda et al. 1994). So werden abhängig von Temperatur und *Aedes albopictus*-Stamm bei einer Tageslänge von etwa 14 Stunden und darunter Diapause-Eier von den Weibchen abgelegt (Pumpuni, Knepler et al. 1992).

### 1.1.4 Verbreitungsgebiet und Verschleppung durch den Menschen

Die Asiatische Tigermücke stammt ursprünglich aus Südostasien (Hawley 1988) und ist dort eine der häufigsten und am weitesten verbreiteten Stechmückenarten (Huang 1968). Vermutlich schon sehr früh wurde die Art durch menschliche Immigration über den Seeweg (Mattingly 1969) oder Seefahrer (Mitchell 1991) auch in Madagaskar heimisch. Ende des 19. Jahrhunderts breitete sie sich nach Osten aus und erreichte Hawaii, wo sie 1902 schon eine häufig anzutreffende Art war.

Ende des 20. Jahrhunderts vollzog die Art innerhalb weniger Jahrzehnte eine erstaunliche Expansion ihres Verbreitungsgebietes (Hawley 1988). Hauptsächlich mit Hilfe des internationalen Warenhandels schaffte es *Aedes albopictus*, selbst große Distanzen zwischen Kontinenten zu überbrücken. Hierbei spielen vor allem der Handel mit Gebrauchtreifen (Reiter 1998) und Pflanzen (Madon, Mulla et al. 2002) eine wichtige Rolle, jedoch ist generell eine Verschleppung der Art in Frachtcontainern möglich (Reiter and Darsie 1984). Durch ihre Fähigkeit, eine große Bandbreite an natürlichen und künstlichen Brutstätten zu nutzen, durch die Trockenresistenz ihrer Eier und den geringen Anspruch bei der Auswahl eines Blutwirtes konnte *Aedes albopictus* in neuen Gebieten schnell stabile Populationen aufbauen. Über kürzere Distanzen kann eine Verbreitung der Asiatischen Tigermücke über den Straßenverkehr durch Mittransport der Imagines in LKWs und PKWs erfolgen (Flacio, Lüthy et al. 2006). So erfolgt nach der ersten Etablierung der Art eine Weiterverschleppung mit nationalem Verkehr und Warenhandel in umliegende Regionen oder benachbarte Länder.

In Europa wurde *Aedes albopictus* das erste Mal 1979 in Albanien nachgewiesen (Adhami and Reiter 1998). Sehr wahrscheinlich aufgrund der isolierten geografischen und politischen Lage des Landes konnte sich die Art allerdings zuerst nicht weiter ausbreiten. Eine weitere, für Europa sehr bedeutende Einschleppung erfolgte 1990 nach Italien. Dabei wurden Gebrauchtreifen aus den USA mittels Schiffs in die Hafenstadt Genua transportiert und unter freiem Himmel gelagert (Dalla Pozza and Majori 1992).

Innerhalb weniger Jahre verbreitete sich die Art in weiteren Regionen Italiens und wurde mittlerweile schon in Frankreich (2000), Serbien-Montenegro (2001), der Schweiz (2003), Belgien (2004), Griechenland (2005), Kroatien (2006), Slowenien (2006), Bosnien und Herzegowina (2006), Spanien (2006), den Niederlanden (2007), Deutschland (2007), Malta (2009), Vatikanstaat (2010), Bulgarien (2011), Russland (2011), Österreich (2011), Tschechien (2012), Türkei (2012), Rumänien (2012), Slowakei (2012) und Ungarn (2015) nachgewiesen. Dabei handelt es sich jedoch oft um Nachweise einzelner Individuen oder noch nicht etablierter kleiner Gründerpopulationen. Eine dauerhafte Etablierung und ein Aufbau höherer Populationsdichten der Art haben in Europa bisher nur in mediterranen oder sehr wärmebegünstigten Bereichen der gemäßigten Klimate stattgefunden.

Nach der Etablierung und Ausbreitung der Asiatischen Tigermücke in Italien (Dalla Pozza and Majori 1992) wurde die Art in Deutschland das erste Mal im Jahr 2007 im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie der Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) in Kooperation mit der Universität Heidelberg nachgewiesen (Pluskota, Storch et al. 2008). Seitdem wurden mehrere Untersuchungen durchgeführt, welche wiederholte Einschleppungen der Art aus Südeuropa nachweisen konnten (Kampen, Kronefeld et al. 2012, Werner, Kronefeld et al. 2012, Becker, Geier et al. 2013). Dabei ist das Bundesland Baden-Württemberg aufgrund der kurzen Einschleppungswege zu den bestehenden

Populationen in Norditalien und dem stark wärmebegünstigten Oberrheingraben das Bundesland mit dem größten Etablierungsrisiko für die Asiatische Tigermücke in Deutschland. So wurden in Deutschland bisher alle größeren, selbstständig brütenden Populationen von *Aedes albopictus* in Freiburg (2014), Heidelberg (2015), Lörrach (2017), Karlsruhe (2017), Weil am Rhein (2019) und Ludwigshafen am Rhein (2019) nur innerhalb der aus klimatischer Sicht äußerst begünstigten Oberrheinebene festgestellt.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass die wärmeliebende Art in Deutschland an ihre nördlichste Ausbreitungsgrenze stößt (Mitchell 1995, Pluskota 2011). Aufgrund der bisherigen weltweiten Verbreitung der Asiatischen Tigermücke kann man davon ausgehen, dass die Art aufgrund ihrer kältetoleranten Eier in weiten Teilen Deutschland überwintern kann (Pluskota 2011, Werner and Kampen 2015, Pluskota, Jöst et al. 2016). Jedoch stirbt ein nicht unerheblicher Anteil der Diapause-Eier auch bei einer erfolgreichen Überwinterung unter verhältnismäßig milden Bedingungen ab (Pluskota, Fischer et al. 2018). Für eine dauerhafte Etablierung benötigt die ursprünglich tropische Art ausreichend hohe Temperaturen während der Sommermonate, um Populationsverluste während der Überwinterungsphase zu kompensieren.

So wäre in Bezug auf die durchschnittlichen klimatischen Verhältnisse während der aktuellen internationalen klimatologischen Referenzperiode (Clino-Periode) von 1961 bis 1990 (Müller-Westermeier, Rocznik et al. 2006) davon auszugehen, dass eine dauerhafte Etablierung und großflächige Ausbreitung der Asiatischen Tigermücke in Deutschland nicht zu erwarten ist (Pluskota 2011). Im langfristigen Mittel der aktuellen Clino-Periode besitzt in Deutschland kein Gebiet eine Durchschnittstemperatur von 19 °C während der drei wärmsten Sommermonate, welche als Minimumvoraussetzung für eine ausreichende Reproduktion und dauerhafte Etablierung in Deutschland anzusehen ist (Pluskota 2011).

Jedoch kommt es durch den Temperaturanstieg des anthropogen verursachten Klimawandels (Schönwiese 2003) vor allem während der Sommermonate in Deutschland zu einer Annäherung der klimatischen Bedingungen an die thermalen Ansprüche der Art. So kam es in den Jahren von 1981-2010 zu einer Temperaturabweichung von + 0,7 °C gegenüber des internationalen klimatologischen Referenzzeitraums (Böttcher, Deutschländer et al. 2016) und zu den ersten kleineren selbstständig brütenden Populationen der Asiatischen Tigermücke innerhalb der klimatisch begünstigten Oberrheinebene im Südwesten Deutschlands (Becker, Geier et al. 2013). Vor allem der wiederum überdurchschnittlich starke Temperaturanstieg der durchschnittlichen Sommertemperaturen in den letzten Jahren begünstigte einen starken Populationszuwachs, was die ersten größeren Ansiedelungen von *Aedes albopictus* innerhalb der Oberrheinebene ermöglichte. So lag in Mannheim im nördlichen Bereich der Oberrheinebene in den Jahren von 2012 bis 2019 die Durchschnittstemperatur der drei wärmsten Sommermonate im Mittel mit 20,1 °C (CDC/DWD 2020) deutlich über dem von (Pluskota 2011) veranschlagten Grenzwert von 19 °C.

Insgesamt müssen nach einer Einschleppung der Asiatischen Tigermücke in Deutschland für einen erfolgreichen Aufbau einer dauerhaft selbstständig brütenden Gründerpopulation folgende Voraussetzungen erfüllt sein (Pluskota 2011):

- Hohe Einschleppungsrate einzelner Individuen (meist erwachsene Weibchen) oder hohe Anzahl gleichzeitig eingeschleppter Individuen (meist Eier) an einen bestimmten Einschleppungsort
- Einschleppungsort in Bereichen mit langfristig durchschnittlichen Hochsommertemperaturen von mindestens 19 °C
- Einschleppungsort im urbanen bis suburbanen Umfeld, mit größerer Anzahl an künstlichen Brutstätten
- Kein unterdurchschnittlicher, kühler Witterungsverlauf während der Sommer- und Wintermonate in den ersten Jahren nach der Einschleppung

Da die Asiatische Tigermücke keine starken Ausbreitungstendenzen durch direkte Migrationsbewegungen aufweist (Jiggins 2017) und sich die Art trotz der durch den Klimawandel angestiegenen Sommertemperaturen in Deutschland noch im Grenzbereich ihrer klimatischen Ausbreitungsgrenze befindet, können rechtzeitig ausgeführte geeignete Bekämpfungsmaßnahmen zu einer kompletten Auslöschung von noch lokal begrenzten Populationen führen. Ohne Bekämpfung ist vor allem bei weiteren überdurchschnittlich warmen Jahren von einer stetigen Ausbreitung der Art auszugehen.

### 1.1.5 Bedeutung für den Menschen

Stechmücken sind blutsaugende Insekten und können bei einem Stich verschiedene Krankheitserreger wie Viren, Bakterien, Einzeller oder Würmer übertragen. So ist auch die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) ein kompetenter Vektor zahlreicher humanpathogener Viren und Filarien und gilt neben der Afrikanischen Tigermücke (*Aedes aegypti*) als wichtigster Überträger von Arboviren (Huang 1968). Durch ihre Fähigkeit, alle möglichen künstlichen Brutgewässer zu besiedeln (Hawley 1988), ist *Aedes albopictus* besonders häufig in der Nähe menschlicher Siedlungen zu finden (Sardelis, Turell et al. 2002). Hier kann die Asiatische Tigermücke bei guten Bedingungen in hohen Populationsdichten auftreten (Mekuria and Hyatt 1995). Als opportunistischer Blutsauger mit einem breiten Wirtsspektrum ist die Art zusätzlich ein potentieller Brückenvektor zahlreicher Arboviren, solche mit Vögeln als Zwischenwirt eingeschlossen (Savage, Niebylski et al. 1993, Niebylski, Savage et al. 1994). Die Asiatische Tigermücke zeichnet sich durch eine große Vektorkapazität aus, da sie in einem kurzen Zeitraum sehr häufig und viele verschiedene Wirte sticht, vorrangig Menschen und Säugetiere. Die Gesamtanzahl der möglichen von *Aedes albopictus* übertragenen Viren wird mit mindestens 23 angegeben. Darunter sind die Erreger von bedeutenden humanmedizinisch relevanten Erkrankungen wie das Dengue-Virus, das Chikungunya-Virus, das West-Nil-Virus, das St.-Louis-Enzephalitis-Virus, das Gelbfieber-Virus, das Rifttalfieber-Virus und das Zika-Virus (Tan, Abdin et al. 1981, Mitchell, Miller et al. 1987, Turell, Beaman et al. 1992, Heitmann, Jansen et al. 2017).

Die Asiatische Tigermücke besitzt zudem die Fähigkeit, einige Viren vertikal von Generation zu Generation über die abgelegten Eier zu übertragen (Gratz 2004). Es ist jedoch unklar, welche Rolle diese transovarielle Übertragung im Transmissionszyklus der jeweiligen Viren spielt (Shroyer 1986). Für Dengue Fieber-Viren wurde diese Übertragungsform bereits mehrfach im Labor nachgewiesen (Boromisa, Rai et al. 1987, Mitchell and Miller 1990). Ebenfalls konnten selbige Viren in im Freiland gesammelten Eiern und Männchen nachgewiesen werden (Ibáñez-Bernal, Briseño et al. 1997). Für Viren der bekannteren Krankheiten LaCrosse-Fieber, Japanische-Enzephalitis, St-Louis Enzephalitis, Keystone-Fieber und Jamestown-Canyon-Fieber konnte der Nachweis einer möglichen transovariellen Übertragung ebenfalls erbracht werden (Gottfried, Gerhardt et al. 2002).

Neben der Fähigkeit Arboviren zu übertragen, ist *Aedes albopictus* auch kompetenter Vektor der Herzwurmerkrankung und kutanen Dirofilariose von Hunden. Die Übertragung der beiden Erreger *Dirofilaria immitis* und *Dirofilaria repens* wurde im Labor und in Freilandfängen der Asiatischen Tigermücke nachgewiesen (Lai, Tung et al. 2001). Der Mensch ist ein Fehlwirt, so dass es bei einer Infektion meist zu subkutaner Knotenbildung, aber auch zur Abwanderung in andere Bereiche des Körpers kommt. In Europa sind die Parasiten vor allem in südlichen und südöstlichen Ländern verbreitet (Gratz 2004).

Neben der Gefahr einer Krankheitsübertragung durch *Aedes albopictus* kann die Einschleppung dieser Art noch weitere mögliche Folgen haben. Sie vermag sich rasch auszubreiten und kann massiven Einfluss auf einheimische Arten, das Ökosystem oder menschliche Aktivität haben (Juliano and Lounibos 2005). So zeigt *Aedes albopictus* auch am hellen Tage ein sehr aggressives und ausdauerndes Stechverhalten (Hawley 1988) und kann bei höheren Populationsdichten zu starker Belästigung führen (Nasci, Hare et al. 1989). Schon wenige Jahre nach ihrer Einbürgerung galt die Asiatische Tigermücke als wichtigste plageerregende Art in weiten Bereichen von Italien und im Südosten der USA (Moore and Mitchell

1997, Gratz 2004). In Deutschland kam es im Verbreitungsgebiet der beiden ersten größeren brütenden Populationen in Freiburg und Heidelberg bis zu ihrer Entdeckung und Bekämpfung teilweise zu extrem starker Belästigung, sodass einzelne Bürger über die Aufgabe ihre Kleingartenparzelle oder sogar über den Verkauf ihres Hauses im Falle einer weiterhin bestehenden Einschränkung ihrer Lebensqualität durch *Aedes albopictus* nachdachten.

### 1.1.6 Bekämpfung und Kontrolle

Traditionell umfassen Bekämpfungsmaßnahmen gegen Stechmücken physikalische, biologische und chemische Methoden, wobei insbesondere bei der Bekämpfung der in kleinen Aushöhlungen brütenden Stechmückenarten die Unterstützung der Bevölkerung eingefordert werden muss. Auch neue Methoden, wie z. B. die genetische Methode der "Sterilen-Insekten-Technik (SIT)" oder die durch das symbiontische Bakterium *Wolbachia* hervorgerufene cytoplasmatische Inkompatibilität könnten in Zukunft gegen die Tigermücken eingesetzt werden.

**Beteiligung der Bevölkerung**

Bei der Bekämpfung der Tigermücken ist die Einbeziehung der Bevölkerung das wichtigste Element, da sich viele der Brutstätten auf Privatgrundstücken befinden. Es ist daher unerlässlich, dass man durch gezielte Informationen die Bevölkerung mobilisiert und ihr Hilfe zur Selbsthilfe zur Vermeidung von Brutstätten und Bekämpfung der Tigermücken zukommen lässt. Diese Informationen können über Flyer, die in den betroffenen Gebieten verteilt werden, regelmäßige Publikationen in den Printmedien und TV, Webseiten und soziale Plattformen vermittelt werden. Es sollten Kontaktadressen von Spezialisten bekannt gemacht werden, an welche Tigermücken oder andere verdächtige Stechmücken zur genauen Bestimmung eingeschickt werden können.

**Physikalische Bekämpfung - Umweltsanierung**

Bei der Umweltsanierung unter Beteiligung der Bevölkerung handelt es sich vorwiegend um die Beseitigung aller unnötigen Brutstätten, in denen sich Regenwasser ansammeln kann (z. B. wassergefüllte Eimer, Altreifen, ungenutzte Vasen, Untersetzer von Blumentöpfen und andere Kleinstbrutstätten).

Ist die Beseitigung von potentiellen Brutstätten nicht möglich, sollten diese so modifiziert werden, dass sie von Stechmücken nicht mehr zur Vermehrung genutzt werden können.

**Biologische Bekämpfung**

Biologische Bekämpfungsmaßnahmen beruhen ausschließlich auf dem Einsatz von Produkten auf der Basis von *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i)*. *B.t.i*. ist ein aerobes, gram-positives, sporenbildendes Bakterium, das weltweit auf allen Kontinenten vorkommt (Bernhard, Jarrett et al. 1997). Sogar in der Antarktis konnte es nachgewiesen werden (ubiquitäre Verbreitung) (Forsyth and Logan 2000).

Unter normalen Bedingungen vermehrt sich *B.t.i.* wie alle anderen Bakterien auch durch Zellteilung. Dieses bezeichnet man als den vegetativen Zyklus. Die Bakterien sind in diesem Zustand stäbchenförmig und begeißelt. Ihre Länge beträgt ca. 2-5 µm bei einem Durchmesser von ca. 1 µm (Krieg 1986).

Verschlechtern sich die Umweltbedingungen, z. B. bei Nährstoffmangel oder hoher Zelldichte, setzt der reproduktive Zyklus ein. Dabei werden neben den überdauerungsfähigen Endosporen auch fünf kristalline Proteine gebildet, die ins Cytoplasma der Zelle eingelagert werden und für den eigentlichen Wirkmechanismus verantwortlich sind (Krieg 1986).

Ist dieser Prozess der Sporulation abgeschlossen, werden die Endosporen und die Kristallproteine durch Auflösen der Zelle (Autolyse) freigesetzt (Krieg 1986). Diese werden nun von der Stechmückenlarve zusammen mit der Nahrung, die üblicherweise aus zerfallender organischer Substanz (Detritus) besteht, welche aus dem Habitatwasser gefiltert wird, aufgenommen.

Das im Kristall befindliche Toxin stellt zunächst ein inaktives Protoxin dar, welches keinerlei Wirkung entfalten kann. Erst im alkalischen Milieu des Stechmückendarms werden die Kristallproteine gelöst und mit Hilfe artspezifischer Proteasen gespalten (de Maagd, A. et al. 2001). Dadurch wird das inaktive Protoxin in die aktive Toxinform transferiert. Diese ist nun in der Lage, an spezifische Rezeptorstellen der Darmwandzellen zu binden, wobei sich ein Teil des Toxins in die Zellmembran senkt (de Maagd, A. et al. 2001). Es kommt zur Bildung von Poren, wodurch das Darmepithel aufgelöst wird. Als Folge strömt Wasser in die Zellen, die daraufhin anschwellen und schließlich platzen. Es kommt zum Tod der Stechmückenlarve. Durch die Zerstörung des Darmepithels können die auskeimenden Endosporen in die Leibeshöhle eindringen und sich dort vermehren (Federici, Lüthy et al. 1990).

Die industrielle Produktion von *B.t.i.* erfolgt als Submerskultur in gut belüfteten Fermentern mit Nährmedien bei einer Temperatur von 25-30 °C (Kaiser-Alexnat 2012). Bei Nährstoffmangel und in Anwesenheit von Sauerstoff bilden sich Endosporen und Kristallproteine. Durch Zentrifugation werden diese aktiven Bestandteile vom Kulturmedium getrennt und anschließend gewaschen. Um eine Lagerfähigkeit bis zum Gebrauch zu gewährleisten, wird die verbleibende Biomasse getrocknet. Präparate auf Basis von *B.t.i.* sollen keine lebenden Sporen beinhalten, da diese keine Bedeutung für den Wirkmechanismus besitzen. Außerdem wird dadurch eine Anreicherung von *B.t.i.* am Gewässerboden verhindert. Daher werden diese Präparate Gamma-bestrahlt, wodurch die Sporen inaktiviert, die Toxinkristalle hingegen erhalten bleiben (Kaiser-Alexnat 2012). Daher werden in Deutschland grundsätzlich nur die Eiweißkristalle als Wirkstoff, jedoch keine Bakteriensporen oder lebensfähige Bakterien ausgebracht.

Die hohe Selektivität von *B.t.i.* beruht darauf, dass die oben beschriebenen Aktivierungs- und Andockprozesse grundsätzlich nur im alkalischen Milieu des larvalen Mückendarms stattfinden können (Charles, Delécluse et al. 2000, Bravo, Gill et al. 2007). Die Mücken (Nematocera) sind neben den Fliegen (Brachycera) eine von zwei Unterordnungen der Zweiflügler (Diptera), zu der ca. 160.000 Arten aus 226 Familien gehören. Aber auch innerhalb der Unterordnung der Mücken sind es nur 8 von 45 Familien, die überhaupt sensitiv gegen über *B.t.i.* sein können (Colbo and Undeen 1980, Miura, M. et al. 1980, Mulla, Federici et al. 1982).

Dabei existieren inter- aber auch intrafamiliär durchaus größere Unterschiede hinsichtlich der Sensitivität gegenüber *B.t.i.*, was sich in einer unterschiedlichen Empfindlichkeit gegenüber der *B.t.i.*-Dosierung ausdrückt. Neben der Zielgruppe der Stechmücken (Culicidae) sind es insbesondere die Kriebelmücken (Simuliidae), die Schmetterlingsmücken (Psychodidae) und die Zuckmücken (Chironomidae), die bei entsprechend höherer Dosierung getroffen werden können (World Health Organization & International Programme on Chemical Safety 1999).

Von großer Bedeutung ist, dass die oben erwähnten Familien größtenteils sehr unterschiedliche Brutgewässer besiedeln. Die Stechmücken, die bei der biologischen Stechmückenbekämpfung reduziert werden, brüten in den lediglich bei Hochwasser temporär überschwemmten Auen und Wiesen des Rheins und seiner Nebenflüsse (Überschwemmungsmücken, *Aedes* spec.) bzw. in Klein- und Kleinstbehältnissen (Regentonnen, Gullys, Topfuntersetzer) in unmittelbarer Nähe des Menschen („Hausmücken“ *Culex pipiens*, Asiatische Tigermücken *Aedes albopictus*).

Die Larven der Kriebelmücken entwickeln sich ausschließlich in Fließgewässern, die Larven der Schmetterlingsmücken hingegen in sehr nährstoffreichen Gewässern wie z. B. Jauchegruben und Kläranlagen. Die Massenbrutstätten der Zuckmücken sind Dauergewässer wie z. B. Altrheinarme und Baggerseen, die keine Brutstätten für Stechmücken darstellen.

Für eine fachgerechte Behandlung ist daher die Einhaltung der vom Hersteller empfohlenen Dosierung ebenso wichtig wie die Kenntnis der Brutgewässer von *B.t.i.*-sensitiven Arten.

In Deutschland sind derzeit mehrere *B.t.i.*-Formulierungen wie z. B. als Pulver, Suspension oder Tabletten zugelassen (Biozid-Verordnung der Bundesstelle für Chemikalien an der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)).

Die Mittel können entweder direkt in die Brutstätten ausgebracht oder zuvor in Wasser aufgelöst und mit Hilfe einer Gießkanne oder Gartenspritze verteilt werden.

Der besondere Vorteil von *B.t.i.*-Präparaten liegt in ihrer selektiven Wirkung, die einen gezielten Einsatz ermöglichen. Im Gegensatz zu den in der Regel breit wirkenden chemischen Insektiziden bleiben so die Nichtzielorganismen, die Nützlinge und der Mensch verschont. Bei standardisierter Herstellung und fachgerechter Anwendung ist das Risiko für Mensch und Umwelt äußerst gering.

## 1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Die Asiatische Tigermücke ist ein potentieller Vektor zahlreicher humanmedizinisch relevanter Viruserkrankungen (Sardelis, Turell et al. 2002). Zusätzlich kann die Art bei hohen Populationsdichten durch ihr sehr aggressives und ausdauerndes Stechverhalten massiven Einfluss auf die Lebensqualität der Bevölkerung nehmen (Juliano and Lounibos 2005). Nach § 2 Ziffer 12 Infektionsschutzgesetz (IfSG)[1] zählt die Asiatische Tigermücke als potentieller Krankheitsüberträger zu den Gesundheitsschädlingen.

Durch menschliche Aktivität wird *Aedes albopictus* selbst über größere Distanzen passiv verschleppt und kann durch ihre Anpassungsfähigkeit bei der Wahl der Brutstätten vor allem im Bereich von menschlichen Siedlungen schnell hohe Populationsdichten aufbauen (Sardelis, Turell et al. 2002). Sollte nach einem Nachweis der Asiatischen Tigermücke die Gefahr einer Krankheitsübertragung durch die Art begründet sein, so hat nach § 17 Abs. 2 IfSG die zuständige Behörde die zu ihrer Bekämpfung erforderlichen Maßnahmen anzuordnen.

Durch die rasche anthropogene Verbreitung des potentiellen Vektors *Aedes albopictus* ergeben sich in Deutschland im Bereich von Bahnanlagen zwei Problemfelder und daraus resultierende grundlegende Fragestellungen.

Im Problemfeld „Etablierung“ ist die grundlegende Frage, inwieweit es durch die Tätigkeit der Deutschen Bahn AG im Bereich von Bahnanlagen zu einer Neuansiedelung der Asiatischen Tigermücke in bisher nicht von der Art befallenen Gebieten kommen kann.

Im Problemfeld „Stichbelästigung und Gesundheitsgefahr“ ist die grundlegende Frage, inwieweit es durch die infrastrukturellen Gegebenheiten im Bereich von Bahnanlagen zu einer Vermehrung und in Folge zu einem Belästigungs- und Gesundheitsrisiko durch die Asiatischen Tigermücke kommen kann.

Dass es auch in Deutschland nach Einschleppungen der Asiatischen Tigermücke zu etablierten Populationen mit hoher Populationsdichte kommen kann, wurde in den letzten Jahren in mehreren Forschungs- und Bekämpfungsprojekten aufgezeigt (Stelzner 2016, Becker, Schön et al. 2017, Ferstl and Jöst 2017,

[1] Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 4a des Gesetzes vom 21. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3136) geändert worden ist.

Ferstl and Jöst 2018, Pluskota 2018, Ferstl and Jöst 2019). Derzeit können diese momentan noch auf lokale Bereiche beschränkten Insel-Populationen mit intensiven biologischen Bekämpfungsmaßnahmen wieder ausgelöscht werden (Pluskota, Augsten et al. 2018). Jedoch ist aufgrund des voranschreitenden Klimawandels langfristig davon auszugehen, dass nur durch eine Regulierung der relevanten infrastrukturellen Bedingungen eine Einschleppung und dauerhafte Etablierung der Asiatischen Tigermücke in Deutschland verhindert werden (Pluskota, Fischer et al. 2018).

In diesem Projekt soll den Akteuren an Bahnanlagen eine grundlegende Risikoeinschätzung und eine Handlungsgrundlage für leicht durchzuführende prophylaktische Maßnahmen zur Verfügung gestellt werden. Mit Hilfe eines einfach anzuwendenden Maßnahmenkatalogs soll es den Verantworlichen an Bahnanlagen ermöglicht werden, eigenständig und ökonomisch die Wahrscheinlichkeit einer Etablierung oder Massenentwicklung der Asiatischen Tigermücke innerhalb relevanter Bahnanlagen entscheidend zu verringern.

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des BMVI-Expertennetzwerks erarbeitet, gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur. Weitere Informationen: www.bmvi-expertennetzwerk.de.

# 2 Erfassung des Brutstättenangebotes an Bahnanlagen

## 2.1 Material und Methoden

### 2.1.1 Untersuchte Bahnanlagen

Im Hinblick auf die späteren Brutstättenkartierungen und des daraus resultierenden Risikoprofils für Bahngelände wurden im Vorfeld der Untersuchungen verschiedene Nutzungstypen von Bahnanlagen festgelegt (Tabelle 1). Dadurch sollten die verschiedenen Funktionen und bautechnischen Gestaltungen der jeweiligen Nutzungstypen berücksichtigt und gegebenenfalls deren unterschiedlich starke Einflüsse auf das Einschleppungs- und Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke aufgezeigt werden.

TABELLE 1: KATEGORIEN UND NUTZUNGSTYPEN VON BAHNANLAGEN

| Kategorie | Nutzungstypen |
|---|---|
| Personenbahnhof | Haltepunkt Personenverkehr<br>Entladepunkt Autozüge |
| Betriebsbahnanlage | Rangierbahnhof, Wartegleise |
| Güterbahnhof | Railport, Freiladegleis |
| Umschlagbahnhof | Begleiteter kombinierter Verkehr<br>Unbegleiteter kombinierter Verkehr |

Für den Nutzungstyp „Haltepunkt Personenverkehr“ der Bahnhofskategorie „Personenbahnhof“ wurde eine weitere Unterteilung in drei Größenklassen festgelegt. Dadurch sollten mögliche Unterschiede bezüglich des Brutstättenangebotes zwischen sehr kleinen und größeren Personenbahnhöfen aufgezeigt werden. Die Zuordnung der Bahnhöfe in die einzelnen Größenklassen erfolgte nach der Anzahl an vorhandenen Bahngleise.

Die Auswahl der exemplarisch zu untersuchenden Bahnhofsanlagen richtete sich nach verschiedene Kriterien, die bei den ausgewählten Nutzungstypen bzw. jeder Größenklasse berücksichtigt wurden. Soweit ausreichend Bahnanlagen der verschiedenen Nutzungstypen zur Verfügung standen, wurden bei der Vorauswahl diejenigen favorisiert, welche die nachfolgenden Auswahlkriterien am häufigsten erfüllten:

**Bahnanlagen-Auswahlkriterium 1**: Klimatisch günstiger Bereich

Bei der Auswahl der exemplarisch zu untersuchenden Bahnanlagen wurden bevorzugt nur Bahnhöfe in Bereichen berücksichtigt, welche nach Pluskota (2011) in den letzten fünf Jahren geeignete klimatische Bedingungen für eine erfolgreiche Etablierung der Asiatischen Tigermücke aufwiesen. Durch Untersu-

chung exemplarischer Bahnanlagen in Gebieten mit geeignete klimatischen Bedingungen sollten zusätzlich Hinweise bezüglich des Einschleppungsrisikos der untersuchten Bahnanlagen erhalten werden. Sollten sich im Laufe der intensiven Brutstätten-Kartierung bei entsprechend ausreichendem Brutstättenangebot keinerlei Vorkommen der Asiatischen Tigermücke im Bereich der untersuchten Bahnhöfe entdecken lassen, kann dies als Indiz für eine eher geringere Einschleppungsrate betrachtet werden.

Insgesamt 28 der untersuchten 35 Bahnanlagen lagen innerhalb der Oberrheinischen Tiefebene, ein aus mitteleuropäischer Sicht klimatisch äußerst begünstigtes Gebiet (Liedke and Marcinek 2002), welches in Deutschland die besten klimatischen Bedingungen für eine Etablierung der Asiatischen Tigermücke bietet (Pluskota 2011). Diese 28 Bahnanlagen liegen in Bereichen, in denen die klimatischen Bedingungen in den letzten Jahren als optimal für die Entwicklung der wärmeliebenden Asiatischen Tigermücke angesehen werden können. Alle übrigen untersuchten Bahnanlagen liegen in Bereichen, welche als suboptimal, und bei Bahnanlagen im Bereich städtischer Wärmeinseln als nahezu optimal für die Entwicklung der Asiatischen Tigermücke angesehen werden können. Auch im Bereich dieser Bahnanlagen sind die klimatischen Bedingungen der letzten fünf Jahre als ausreichend geeignet für eine Etablierung von zumindest lokal begrenzten Populationen mit geringerer Populationsdichte von *Aedes albopictus* anzusehen.

**Bahnanlagen-Auswahlkriterium 2:** Nähe zu bekannten größeren Populationen von *Aedes albopictus*

Durch gezielte Auswahl exemplarischer Bahnanlagen mit direkter und kurzer Schienennetzverbindung zu den Bahnanlagen innerhalb der bekannten Vorkommen der Asiatischen Tigermücke sollen Hinweise bezüglich des Weiterverschleppungsrisikos der Art gewonnen werden. Sollten sich im Verlauf der intensiven Brutstätten-Kartierung bei ausreichendem Brutstättenangebot und klimatisch günstigen Bedingungen (Auswahlkriterium 1) keinerlei Vorkommen der Asiatischen Tigermücke im Bereich der untersuchten Bahnhöfe entdecken lassen, kann dies als Indiz für eine eher geringere Weiterverschleppungsrate betrachtet werden. Ausgehend von der Population der Asiatischen Tigermücke im Bereich und im Umfeld der beiden Bahnhöfe Pfaffengrund/Wieblingen und Kirchheim/Rohrbach in Heidelberg, erfüllten insgesamt zehn untersuchte Bahnanlagen das vorgegebene Auswahlkriterium „Nähe zu bekannten größeren Populationen von *Aedes albopictus*“. Wiederum bei acht dieser Bahnanlagen handelt es sich um Personenbahnhöfe, welche jeweils in einem Abstand von ein, zwei, vier, sechs, zehn, elf, vierzehn und siebzehn Haltepunkten hinter den mit *Aedes albopictus* besiedelten Heidelberger Ausgangsbahnhöfen liegen.

**Bahnanlagen-Auswahlkriterium 3:** Innerhalb der Vorkommen von *Aedes japonicus*

Auf Grund einer sehr ähnlichen Brutstättenbiologie der Japanische Buschmücke (*Aedes japonicus japonicus*) und der Asiatischen Tigermücke ist es möglich, die Japanische Buschmücke als Stellvertreterart für die Asiatische Tigermücke heranzuziehen. Die Japanische Buschmücke ist eine exotische Stechmückenart, welche sich in den letzten Jahren erfolgreich in weiten Teilen Deutschlands in teilweise hohen Populationsdichten angesiedelt hat (Becker, Beck et al. 2018). Daher wurden bei der Auswahl der exemplarischen Bahnanlagen bevorzugt Bahnhöfe innerhalb der Vorkommen der Japanischen Buschmücke berücksichtigt. Durch Erfassen des Vorhandenseins und der Anzahl der Larven der Japanischen Buschmücke und Berücksichtigung der gegebenen Habitat-Strukturen soll das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke innerhalb der gefundenen Brutstätten eingeschätzt werden. Insgesamt 31 der untersuchten Bahnanlagen lagen innerhalb des Verbreitungsgebietes der Japanischen Buschmücke und erfüllten das vorgegebene Auswahlkriterium „Innerhalb der Vorkommen von *Aedes japonicus*“.

Anhand dieser drei Auswahlkriterien wurde zunächst für alle Bahnhofskategorien und Nutzungstypen eine Vorauswahl von insgesamt 47 Bahnanlagen vorgenommen, welche als Basis zur weiteren Planung, Kontaktaufnahme und Vorbereitung der Brutstättenkartierung diente. Im Laufe der Kartierungen wurde

aufgrund der ersten gewonnenen Erfahrungen und der Hinweise von Mitarbeitern der Deutschen Bahn AG diese Vorauswahl modifiziert.

Abschließend wurden im Laufe des Projektes insgesamt 35 verschiedene Bahnanlagen und eine Gesamtfläche von 142,4 Hektar untersucht (Anhang 9.1). Aufgrund der Unterteilung der Personenbahnhöfe in drei verschiedene Größenklassen wurden mit 22 Untersuchungen innerhalb des Nutzungstyps „Haltepunkt Personenverkehr“ die meisten Bahnanlagen überprüft. Weiterhin wurden von den Nutzungstypen „Betriebsbahnanlage“ vier, „Güterbahnhof“ zwei, „Umschlagbahnhof“ drei und weiterhin insgesamt vier Bahnbrachen untersucht.

Zur Abklärung, inwieweit es historienbedingte relevante strukturelle Unterschiede zwischen den Bahnanlagen der neuen und alten Bundesländer gibt, wurden außerdem vier Personenbahnhöfe in den ostdeutschen Bundesländern untersucht (Abbildung 1).

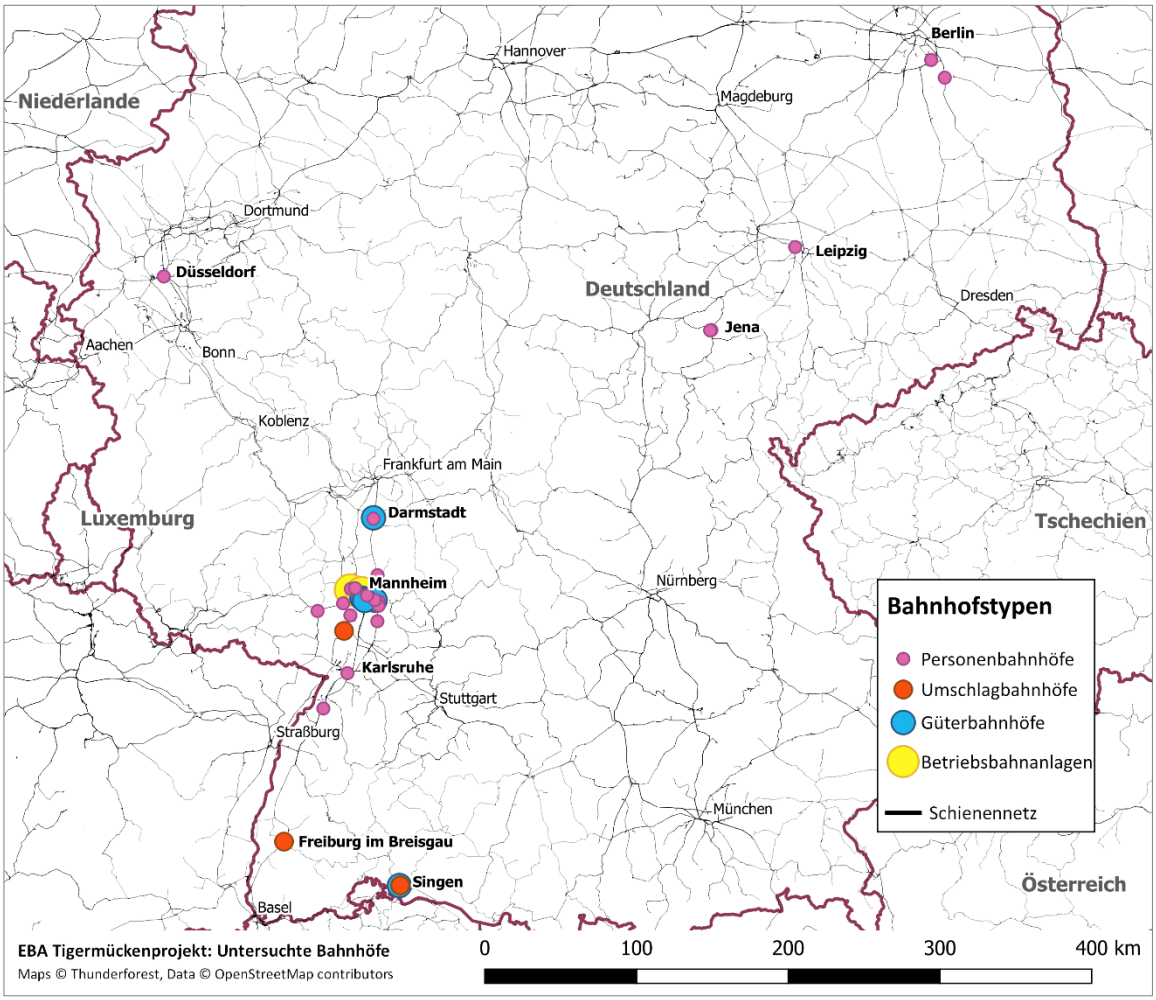


Abbildung 1: Im Projekt untersuchte Bahnanlagen der verschiedenen Nutzungstypen.

### 2.1.2 Festgelegte Brutstätten-Parameter und daraus resultierende Wertungsklassen

Zur Beurteilung der Eignung von Wasseransammlungen für die Vermehrung der Asiatischen Tigermücke wurden im Vorfeld bestimmte Eigenschaften und Einflussgrößen (Brutstätten-Parameter) ausgewählt. Bei der Auswahl dieser Brutstätten-Parameter wurden lediglich solche Parameter berücksichtigt, welche sich durch die Brutstätte selbst und nicht durch das jeweilige Umfeld der Brutstätte ergeben. Dadurch ist gewährleistet, dass die festgelegte Wertung der Parameter eines erfassten und katalogisierten Brutstätten-Typs für jede beliebige Bahnanlage in Deutschland unverändert bleibt.

So besitzen z. B. die Beschattung und der Eintrag organischen Materials als Nahrungsquelle einen deutlichen Einfluss auf die Überlebensrate der Stechmückenbrut innerhalb der Brutstätten (Hawley 1988, Washburn and Hartmann 1992, Tuchman, Wahtera et al. 2003). Beispielsweise durch Pflanzenbestände im Umfeld der Brutstätte kann der Einfluss auf die jeweilige Brutstätte zwischen verschiedenen Bahnanlagen und sogar innerhalb einer Bahnanlage voneinander abweichen. Nur durch die Beschränkung auf ortsungebundene Parameter ist es daher möglich, eine einfach durchzuführende Risikoeinschätzung und einen deutschlandweit generell anwendbaren Maßnahmenkatalog bereitzustellen.

Generell können Brutstätten-Parameter herangezogen werden, um (1) die Attraktivität der Brutstätte für die Eiablage oder (2) die Überlebenswahrscheinlichkeit der Larvenbrut innerhalb der Brutstätte zu charakterisieren. Für die Beurteilung der Eignung von Wasseransammlungen für die Vermehrung der Asiatischen Tigermücke wurden Parameter mit direkten Einfluss auf die Überlebensrate der Larvenbrut höher gewertet als Parameter, die lediglich die Attraktivität der Brutstätte für eiablagebereite Weibchen beeinflussen (Hien 1976, Hawley 1988, Yap, Lee et al. 1995). Farbe, Struktur und Ausrichtung des Eiablagesubstrates üben beispielsweise nur einen geringen Einfluss in der Berechnung des Vermehrungspotentials potentieller Brutstätten aus. Zwar nimmt mit zunehmender Attraktivität einer Brutstätte die Anzahl der darin abgelegten Eier und prinzipiell damit das Vermehrungspotential zu, jedoch erfolgt auch eine Eiablage in weniger attraktive Brutstätten.

Ebenso kommt es in vielen Fällen zu einer Überschneidung der beiden Einflüsse, da für die Larvenaufzucht geeignete Brutstätten oft eine höhere Attraktivität für eiablagebereite Weibchen der Asiatischen Tigermücke aufweisen. So beeinflusst das Nahrungsangebot die Entwicklungsgeschwindigkeit von Stechmückenlarven (Mori 1979) und damit die Wahrscheinlichkeit, erfolgreich vor dem Austrocknen der Brutstätte das Imaginalstadium zu erreichen. Als Nahrung dienen Mikroorganismen und organisches Material, welche überwiegend als Feinstpartikel aus dem Wasserkörper eingestrudelt oder vom Grund abgeweidet werden (Clements 1992). In Untersuchungen wiesen Eiablagefallen, die mit Heu- oder Laubaufgüssen befüllt waren, eine höhere Attraktivität gegenüber Fallen mit klarem Wasser auf. Dieser Effekt ist auf die höhere mikrobiologische Aktivität und das höhere Futterangebot zurückzuführen (Hien 1976, Lampman and Novak 1996). Noch deutlicher zeigt sich dies bei der Verwendung von gefiltertem und wiederverwendetem Larvenwasser aus dem Labor für die Befüllung der Fallen. Die von den Larven in den Wasserkörper abgegebenen Ausscheidungen signalisieren den eiablagebereiten Weibchen eine anscheinend sichere und produktive Brutstätte und führten im Laborversuch zu erhöhten Eiablageraten (Trexler, Apperson et al. 2003).

Zur Beurteilung des Vermehrungspotentials von potentiellen Brutstätten wurden die fünf Parameter Volumen, Abschirmung, Zulauf, Einflugsöffnung und Material festgelegt (Abb. 2), mit welchen die Eignung von Wasseransammlungen für die Vermehrung der Asiatischen Tigermücke auf Bahnanlagen beschrieben werden sollte. Hierfür wurden weiterhin für jeden der ausgewählten Brutstätten-Parameter verschiedene mögliche Zustandskategorien zugewiesen und diese in Hinblick auf ihren positiven oder negativen Einfluss auf das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke gewertet.

Die fünf Brutstätten-Parameter wirken sich zu gleichen Teilen auf die Bewertung und den daraus resultierenden Parameterkoeffizienten aus (Abbildung 2).

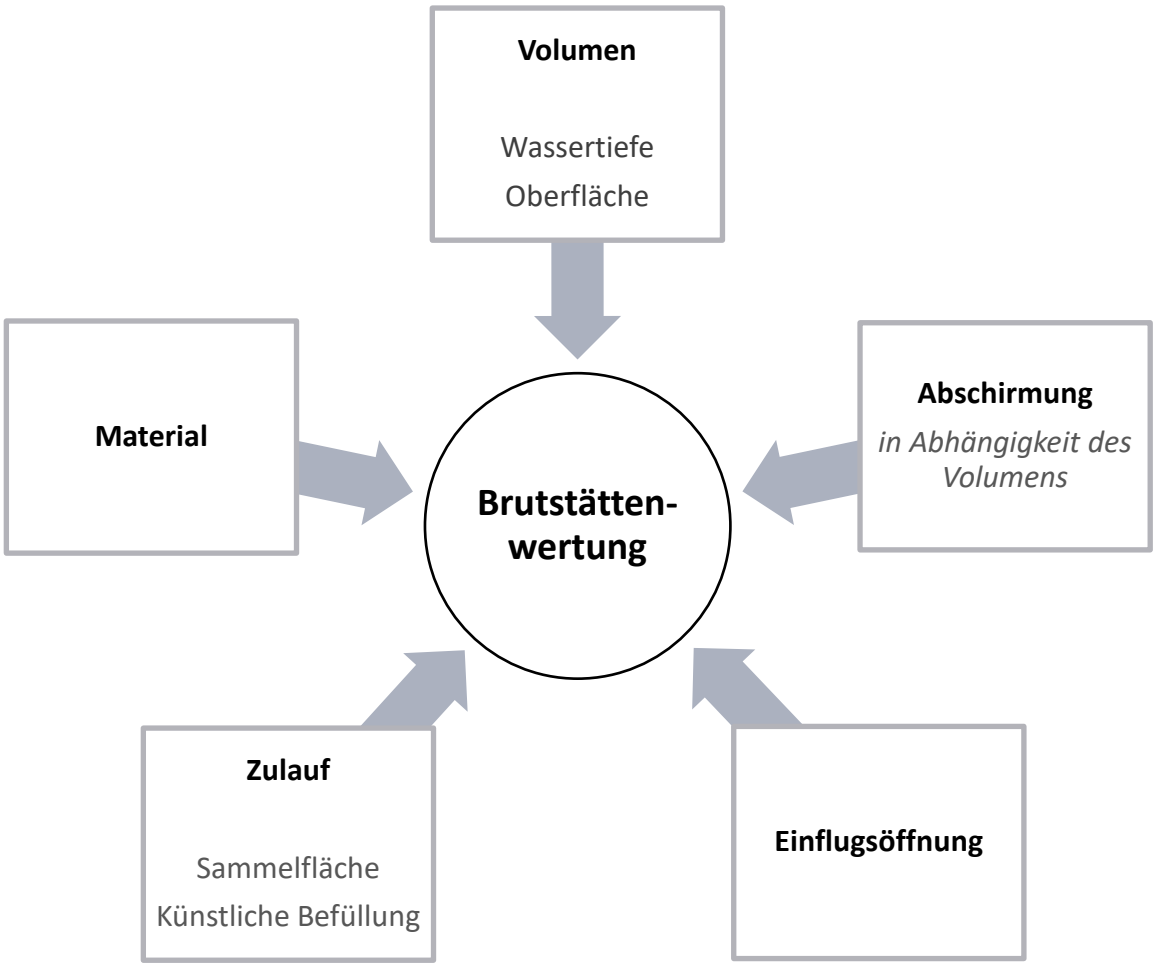


Abbildung 2: Schematische Übersicht der Brutstätten-Parameter und die Auswirkung auf die Brutstättenbewertung.

**Brutstätten-Parameter: Volumen**

Der Brutstätten-Parameter Volumen setzt sich aus den zwei Zustandskategorien Wassertiefe und Oberfläche einer Brutstätte zusammen. Beide sind ortsunabhängig und spezifisch für die jeweilige Brutstätte ermittelbar.

Zustandskategorie Wassertiefe: Die Wassertiefe spielt eine wichtige Rolle bei der Überlebenswahrscheinlichkeit der Larvenbrut, die in ihrer Entwicklung auf Wasser angewiesen ist (Clements 1992). Bei einer sehr geringen Wassertiefe von 1-2 cm, wie beispielsweise einer flachen Rinne, muss bei hochsommerlichen Temperaturen von einer vollständigen Verdunstung des Wassers ausgegangen werden. Tritt ein vollkommener Verlust des Wassers in einer Brutstätte ein, können Eier der Asiatischen Tigermücke diese ungünstigen Entwicklungsbedingungen überdauern, indem der Schlupf nicht eingeleitet wird

(Vitek and Livdahl 2009). Larven- und Puppenstadien sind jedoch nicht trockentolerant, weshalb bei vollständiger Austrocknung der Brutstätte mit einem rapiden Anstieg der Letalität zu rechnen ist. Um die Überlebenswahrscheinlichkeit zu erhöhen, werden Brutstätten mit einer größeren Wassertiefe von weiblichen Asiatischen Tigermücken für eine Eiablage bevorzugt. Dabei wurden mehr als doppelt so viele Eier in einen Behälter mit einer größeren Wassermenge abgelegt als in einem identischen Gefäß mit geringerer Wassertiefe (Reiskind and Zarrabi 2012). Bei einem geringen Brutstätten-Angebot ist das Kriterium Attraktivität von geringerer Relevanz als das Kriterium Überlebensrate (bedingt durch die Austrocknung der Brutstätte). Deshalb wird als Kategorie die Wassertiefe nicht mit 4,5 cm, sondern mit 2 cm festgelegt. In der Zustandskategorie wird demnach unterschieden, ob die Wassertiefe mehr oder weniger als 2 cm beträgt. Um die hohe Wahrscheinlichkeit der Larven-Letalität darzustellen, werden geringe Wassertiefen von weniger als 2 cm nachfolgend mit einem reduzierenden Faktor von 0,2 bewertet.

Zustandskategorie Oberfläche: Die Oberfläche bezieht sich in erster Instanz auch auf die Überlebenswahrscheinlichkeit: Große Wasseroberflächen bieten ausreichend Platz für eine hohe Anzahl von Larven und bieten im Normalfall einen größeren Substrateintrag, der als Nahrungsquelle dienen kann, was sich wiederum positiv auf die Entwicklung auswirkt. So besitzt neben dem Nahrungsangebot auch die Larvendichte einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklungsgeschwindigkeit und Sterberate von Stechmückenlarven (Hien 1975, Mori 1979, Clements 1992, Tuchman, Wahtera et al. 2003).

Zur Definition verschiedener Oberflächengrößen wurden in Deutschland typische, artifizielle Brutstätten der Asiatischen Tigermücke herangezogen. So entspricht die Öffnung eines Zaunrohres einer Oberfläche von weniger als 50 cm². Kleinere bis mittlere Brutstätten wie Spielzeug- oder Baustoffeimer werden in der Kategorie 50-500 cm² erfasst. 500-900 cm² und 900-2000 cm² sind Oberflächenmaße, die typischerweise bei handelsüblichen Regentonnen vorkommen (500-900 cm² für Deckelfässer und 900-2000 cm² für größere kreiskegelförmige Regentonnen). Als größte Kategorie mit der höchsten Wertung von 1,0 wurden Behältnisse mit mehr als 2000 cm² festgelegt, die als Zisternen oder größere Wasserbecken aus der Brutstätten-Ökologie der Tigermücke bekannt sind. Absteigend der höchsten Wertung von 1,0, wurde mit sinkender Oberfläche die Wertung reduziert um den verminderten Substrateintrag und Fläche für Larven zu simulieren (Tabelle 2).

Der Volumen-Parameter ergibt sich aus Multiplikation des der Wassertiefe zugeordneten Parameter-Wertes und des der Oberfläche zugeordneten Parameter-Wertes.

TABELLE 2: ZUSTANDSKATEGORIEN WASSERTIEFE UND OBERFLÄCHE DES BRUTSTÄTTEN-PARAMETERS VOLUMEN.

**Brutstättenparameter Volumen**

| **Zustandskategorie Wassertiefe** | |
|---|---|
| **Kategorie** | **Wertung** |
| > 2 cm | 1 |
| < 2 cm | 0,2 |

| **Zustandskategorie Oberfläche** | |
|---|---|
| **Kategorie** | **Wertung** |
| > 2000 cm² | 1 |
| 901-2000 cm² | 0,98 |
| 501-900 cm² | 0,94 |
| 50-500 cm² | 0,8 |
| < 50 cm² | 0,25 |

**Brutstätten-Parameter: Abschirmung**

Der Parameter Abschirmung steht in direkter Abhängigkeit zum Volumen-Parameter. Die Abschirmung ist dabei nicht von externen Faktoren aus beeinflussbar, wie beispielweise dem Grad der Beschattung durch benachbarte Strukturen oder Vegetation, sondern entsteht dabei durch die Form und Lage der Brutstätte selbst. So kann ortsunabhängig eine Aussage für die Einschätzung für die Etablierung der Asiatischen Tigermücke getroffen werden. Je nach Volumen der Brutstätte lassen sich unterschiedliche Wertungen für die Abschirmung ermitteln (Tabelle 3).

TABELLE 3: BRUTSTÄTTEN-PARAMETER: ABSCHIRMUNG. IN ABHÄNGIGKEIT DES ERMITTELTEN VOLUMENPARAMETERS ERFOLGT DIE WERTUNG IN EINER DER DREI KATEGORIEN.

**Brutstättenparameter Abschirmung in Abhängigkeit des Volumens**

| **V ≤ 0,25** | | **0,25 < V < 0,94** | | **V ≥0,94** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kategorie** | **Wertung** | **Kategorie** | **Wertung** | **Kategorie** | **Wertung** |
| Oberfläche, ohne Schutz | 0,3 | Oberfläche, ohne Schutz | 0,6 | Oberfläche, ohne Schutz | 1,4 |
| Teilweise oberirdisch, mit Abschirmung | 1 | Teilweise oberirdisch, mit Abschirmung | 1 | Teilweise oberirdisch, mit Abschirmung | 1 |
| Unterirdisch, keine Einflüsse | 1 | Unterirdisch, keine Einflüsse | 0,9 | Unterirdisch, keine Einflüsse | 0,8 |

Für einen Volumen-Parameter, der kleiner als 0,25 ist, besitzt eine an der Oberfläche gelegene Brutstätte eine geringe Wertung. Sonnenlicht und Temperatur haben einen direkten Einfluss auf das niedrige Wasservolumen in der Brutstätte, weshalb sich das Wasser relativ schnell erwärmt. So können zwar im Frühjahr und Spätherbst ungünstige Lufttemperaturen zum Positiven abgepuffert werden. Während der reproduktionsreichen Sommermonate kommt es jedoch bei kleinen, an der Oberfläche offenliegenden Brutstätten durch die Erwärmung zu ungünstigen Wassertemperaturen von mehr als 31 °C. Diese hohen Wassertemperaturen wirken sich negativ auf die larvale Entwicklung der Asiatischen Tigermücke aus und können sogar zum Absterben der Larvenbrut führen (Smith, Eliason et al. 1988, Pluskota 2011). Hohe Temperaturen können so zu einer unmittelbaren Gefahr für Tiere werden, die in eingegrenzten Bereichen ohne Ausweichmöglichkeiten leben (Andrewartha 1970). So war der Verpuppungserfolg von *Aedes albopictus*-Larven in Altreifen, die im Schatten gelagert wurden, signifikant höher als in Altreifen, die eine hohe Sonnenexposition besaßen (Becnel, Garcia et al. 1996).

Auf dieser Basis erfolgte die Wertung von kleinen Brutstätten ohne Abschirmung (Exposition an Erdoberfläche) mit einem reduzierenden Faktor von 0,3. Neutral bewertet (Wert 1,0) wurde hingegen eine unterirdische Lage oder eine nur teilweise oberirdische Lage mit einer integrierten Abschirmung. Als Beispiel kann hier ein Gartenablauf (teilweise oberirdisch und nur flach in Boden eingebaut) mit einem Auffangkorb (Abschirmung) aufgeführt werden. Bei solchen Strukturen profitieren kleine Wasservolumen positiv von der Pufferleistung einer (teilweise) unterirdischen Lage: Oberirdische, kältere Lufttemperaturen werden ausgeglichen. Günstige Temperaturbereiche für die Entwicklung der Asiatischen Tigermücke bleiben zum Jahresende hin länger erhalten.

Genau umgekehrt verhält es sich bei besonders großen Wasservolumen wie größeren Regentonnen oder Zisternen. Aufgrund der großen Wassermenge können günstige Temperaturbereiche zwischen 20-27 °C bei Sonnenexposition nur sehr langsam erreicht, dafür umso länger gehalten werden. Unterirdische große Wassermengen hingegen erwärmen sich nur gering und entsprechen lange der kühlen Umgebungstemperatur des Erdreiches, was wiederum zu einer verzögerten Larvenentwicklung oder bei besonders niedrigen Temperaturen von 11 °C und darunter zum Stopp der Entwicklung führen kann (Washburn and Hartmann 1992). Daher fallen die Wertungsfaktoren hier genau umgekehrt aus: Eine exponierte Lage an der Oberfläche erhält einen addierenden Faktor von 1,4, wohingegen eine unterirdische Lage reduktiv mit 0,8 bewertet wird.

**Brutstätten-Parameter: Zulauf**

Beim Brutstätten-Parameter Zulauf wird die anlagetypische Struktur einer Brutstätte bewertet, um Faktoren für unterschiedliche Kategorien innerhalb der zwei Auswahlkriterien zu ermitteln (Tabelle 4).

TABELLE 4**:** VERHÄLTNIS DER REGENSAMMELFLÄCHE IM BEZUG ZUR BODENFLÄCHE DER BRUTSTÄTTE SOWIE DIE HÄUFIGKEIT UND UMFANG EINER KÜNSTLICHEN BEFÜLLUNG ALS EINWIRKENDE FAKTOREN AUF DEN BRUTSTÄTTEN-PARAMETER ZULAUF.

**Brutstättenparameter Zulauf**

| **Verhältnis Sammelfläche zu Bodenfläche Brutstätte** | |
|---|---|
| **Kategorie** | **Wertung** |
| > 10:1 | 0,85 |
| > 5:1 | 0,75 |
| ca. 1:1 | 0,5 |
| < 1:5 | 0,25 |
| abgeschirmt, Schlagregen nicht auszuschließen | 0,05 |

| **Häufigkeit und Umfang künstlicher Befüllungen** | |
|---|---|
| **Kategorie** | **Wertung** |
| regelmäßig größere Mengen | 1 |
| regelmäßig unterschiedliche Mengen | 0,9 |
| gelegentlich kleinere Mengen | 0,5 |
| nicht auszuschließen | 0,3 |

Verhältnis der Sammelfläche zur Bodenfläche: Als erste Zustandskategorie wird das Verhältnis der Sammelfläche zur Bodenfläche der Brutstätte bestimmt. Grundsätzlich stellt der Zulauf von Wasser einen positiven Faktor dar, durch den eine ausreichende Wassertiefe innerhalb des Fassungsvermögens der Brutstätte ermöglicht wird. Je nach baulicher Struktur der Brutstätte kann diese Sammelfläche äußerst gering ausfallen wie beispielsweise bei einer herumliegenden Getränkedose (kleine Öffnung durch die Regenwasser eindringt) oder besonders große Wassereinträge ermöglichen wie beispielsweise bei einer Entwässerungsrinne (Wasser von größerer benachbarter Fläche sammelt sich in der Rinne und wird über diese abtransportiert).

Besonders abgeschirmte Brutstätten oder solche, die nur über eine geringe Sammelfläche von einem Verhältnis von weniger als 1:5 (Sammelfläche zu Bodenfläche) verfügen, werden mit reduzierenden Faktoren von 0,05 oder 0,25 bewertet. Große Sammelflächen mit einem positiven Verhältnis von 5:1 oder 10:1 (Sammelfläche zu Bodenfläche) bieten einen Eintrag größerer Wassermengen, wodurch der Austrocknung der Brutstätte entgegengewirkt wird und es zu regelmäßigen Wasserstandschwankungen und Schlupf der Larvenbrut kommt. Jedoch werden diese nicht mit addierenden Faktoren von 1,0 und höher bewertet, da große Sammelflächen bei Starkregenereignissen zu starken Strömungen innerhalb der Brutstätte führen können oder diese zum Überlaufen bringen. Larven können dabei weggeschwemmt werden und sich in ungünstigeren Lebensbedingungen wiederfinden. Puppen, die aufgrund ihrer hohen Sklerotisierung nicht mehr zur Hautatmung fähig und explizit auf ihren Auftrieb zur Luftatmung angewiesen sind, leiden besonders unter rapiden Schwankungen der Hydrostatik und können bei Verlust ihrer Balance ertrinken (Romoser, Lerdthusnee et al. 1994). Daher wurden die Faktoren für größere Sammelflächen mit 0,75 und 0,85 bewertet.

Häufigkeit und Umfang der künstlichen Befüllung: Die zweite Zustandskategorie ermittelt die Häufigkeit und den Umfang der künstlichen Befüllung mit Wasser, das einer Brutstätte zugeführt wird. Häufigkeit und Umfang ergeben sich sowohl durch die bauliche Struktur wie auch der Funktion des Wassergefäßes selbst. So kann es z. B. im Bereich von Waschanlagen zu regelmäßiger künstlicher Bewässerung von potentiellen Brutstätten kommen. Ein Löschbecken zur Feuerbekämpfung sollte beispielsweise stets einsatzbereit sein, weshalb hier in regelmäßigen Abständen eine größere Menge Wasser zugeführt wird.

Da bereits im ersten Auswahlkriterium die negative Auswirkung auf die Hydrostatik einkalkuliert wurde, erfolgt im zweiten Auswahlkriterium eine rein positive Bewertung für den Zulauf von größeren Wassermengen. Regelmäßige Befüllung mit größeren oder unterschiedlichen Mengen an Wasser werden mit den Faktoren 1,0 und 0,9 bewertet. Je geringer die Wahrscheinlichkeit einer Befüllung mit Wasser ist, umso negativer erfolgt die Bewertung des Faktors, weshalb bei gelegentlich kleineren Mengen der Faktor 0,5 Anwendung findet.

**Brutstätten-Parameter: Einflugöffnung**

Die Einflugöffnung in eine Brutstätte ist ein weiterer ortsunabhängiger Brutstätten-Parameter, der in starker Abhängigkeit zur baulichen Struktur steht. Als in Phyto- und Dendrotelmen brütende Art (Hawley 1988) spielt der Parameter Einflugöffnung für Asiatischen Tigermücke eine entscheidende Rolle. Die Art gilt als opportunistisch, was die Wahl der Brutstätten anbelangt, gleichwohl hat sich nach Erfahrungen (Kapitel 9.2) der Autoren gezeigt, dass geschütztere Brutstätten bevorzugt zur Larvenaufzucht verwendet wurden als exponierte Wasserflächen.

Dendrotelmen besitzen durch nahegelegene Äste oder durch die Aushöhlung des Stammes einen geschützten Charakter, der eine dunkle und vor Prädatoren sichere Brutstätte darstellt. Ein ähnlicher Vorteil kann auch in artifiziellen Brutstätten zum Schutz der Larvenbrut dienen. Eine durch einen Deckel fest verschlossene Regentonne ist für eine Asiatische Tigermücke nicht zugänglich. Besitzt die Regentonne jedoch einen lochartigen Überlaufschutz, so finden weibliche Asiatische Tigermücken Zugang zum dunklen und vor Fraßfeinden geschützten Inneren. Aus diesem Grund werden vollständig offene Wassergefäße mit einem reduzierenden Faktor von 0,65 bewertet, wohingegen ein addierender Faktor von 1,5 für potentielle Brutstätten Verwendung findet, deren Einflugöffnung deutlich kleiner ist als die Wasseroberfläche (Tabelle 5).

TABELLE 5:BRUTSTÄTTEN-PARAMETER: EINFLUGSÖFFNUNG UND MATERIAL

**Brutstättenparameter Einflugöffnung**

| Kategorie | Wertung |
|---|---|
| vollständig geöffnet | 0,65 |
| halb geöffnet | 1 |
| deutlich kleiner als Oberfläche | 1,5 |

**Brutstättenparameter Material**

| Kategorie | Wertung |
|---|---|
| Holz | 1 |
| Stein | 1 |
| Kunststoff | 1 |
| Glas (transparent) | 0,8 |
| Eisen, Stahl, Gusseisen, Blech, Zink | 0,9 |
| Kupfer Messing | 0 2 |

**Brutstätten-Parameter: Material**

Der Brutstätten-Parameter Material basiert auf der baulichen Struktur des Wassergefäßes. Je nach Material der Brutstätte wird ein unterschiedlicher Wertungsfaktor dem Parameter zugeordnet (Tabelle 5). Das Material einer Brutstätte spielt überwiegend eine untergeordnete Rolle. Die Attraktivität eines Wassergefäßes für ein Weibchen der Asiatischen Tigermücke wird vornehmlich durch die Farbe als das Material beeinflusst (Yap, Lee et al. 1995). Zwischen unterschiedlichen Baumaterialien lassen sich in Studien keine signifikanten Unterschiede feststellen (Shragai and Harrington 2019). Daher wurden die gängigsten Brutstätten-Materialien (Saleh, Kitau et al. 2018) wie Holz, Stein und Kunststoff alle mit dem neutralen Faktor 1,0 bewertet. Für durchsichtiges Glas konnte (Yap, Lee et al. 1995) eine geringere Attraktivität feststellen, weshalb hier ein leicht reduzierender Faktor von 0,8 festgelegt wurde. Gusseisen, Blech, Zink und andere Metalle wirken mit 0,9 leicht reduzierend, da sich diese Werkstoffe in der Sonne sehr stark erwärmen und zu einer Überhitzung der Brutstätten führen können. So wirken sich bereits Wassertemperaturen von 45 °C nach nur 15 Minuten letal auf aquatische Lebensstadien von *Aedes aegypti* (Christophers 1960).

Anders verhält es sich mit potentiellen Brutstätten aus Kupfer oder Messing. Kupfer wirkt abstoßend auf weibliche Asiatische Tigermücken, weshalb Brutstätten aus diesem Material weniger bevorzugt angeflogen werden (Kühnlenz 2017). Kupfer kann von Larven durch die Körperoberfläche oder durch die Nahrung aufgenommen werden, in diesem Zuge kann es aktiv auf den Metabolismus einwirken (Romi, Di Luca et al. 2000). Sowohl eine verzögerte Larvenentwicklung wie auch eine erhöhte Larvenletalität (Kühnlenz 2017) sind die Folge, weshalb Materialien aus Kupfer und Messing mit einem stark reduzierenden Faktor von 0,2 bewertet wurden.

**Wertungsklassen und Parameterkoeffizienten**

Die fünf Brutstätten-Parameter wirken sich zu gleichen Teilen auf die Bewertung und den daraus resultierenden Parameterkoeffizienten aus. Mit der Multiplikation der entsprechenden Faktoren innerhalb der Brutstätten-Parameter wird ein für eine Brutstätte spezifischer Parameterkoeffizient ermittelt.

Der Brutstätten-Parameterkoeffizient als Produkt dieser Berechnung lässt sich in eine von fünf Wertungsklassen einteilen. Die Skala für die Wertungsklassen I-V wurde dabei anhand der vorliegenden Daten und Erfahrungen vergangener Forschungsprojekte (Kapitel 9.2) geeicht. Abschließend wurde jede Wertungsklasse einem unterschiedlichen monatlichen Auskommen, das heißt die Anzahl an erfolgreich herangewachsenen und ausgeflogenen adulten Weibchen der Asiatischen Tigermücke, zugeschrieben (Tabelle 6).

TABELLE 6: BRUTSTÄTTEN-PARAMETERKOEFFIZIENT ZUR BEWERTUNG EINER BRUTSTÄTTE UND ZUGEORDNETES MONATLICHES AUSKOMMEN AN ERFOLGREICH HERANGEWACHSENEN ADULTEN WEIBCHEN

**Brutstätten-Parameterkoeffizient und Weibchen-Auskommen**

| Wertungsklasse | Parameterkoeffizient | Weibchen/Monat |
|---|---|---|
| V | > 0,5 | 1100 |
| IV | 0,25 – 0,5 | 300 |
| III | 0,05 – 0,25 | 50 |
| II | 0,01 – 0,05 | 10 |
| I | < 0,01 | 2 |

**Beispielhafte Ermittlung der Brutstätten-Wertung**

Die Berechnung der Brutstätten-Wertung wird anhand eines Begrenzungspfostens (Abbildung 6) beispielhaft veranschaulicht. Die grundsätzliche Eignung des Begrenzungspfostens als potentielle Brutstätte für Stechmücken, konnte Vorort verifiziert werden. So war innerhalb des Begrenzungspfostens, etwa im unteren Drittel des Rohres, die Oberfläche einer Wasseransammlung zu erkennen.

In Anbetracht der Gesamtlänge des Rohres des Begrenzungspfostens kann für mögliche Wasseransammlungen von einer maximalen als auch durchschnittlichen Wassertiefe oberhalb des Schwellenwertes von 2 cm ausgegangenen werden. Der Zusatzparameter „Wassertiefe“ des Brutstätten-Parameter „Volumen“ (Tabelle 2) erhält daher die Wertung von 1,0.

Bei einem Durchmesser des Rohres von ca. 4 cm, ergibt sich eine maximale Wasseroberfläche von ca. 12,5 cm². Diese liegt auf Skala für den Zusatzparameter „Oberfläche“ im Bereich „weniger als 50 cm²“. Der Zusatzparameter „Oberfläche“ des Brutstätten-Parameter „Volumen“ (Tabelle 2) erhält daher die Wertung von 0,25.

Die Multiplikation der Wertungen der beiden Zusatzparameter „Wassertiefe“ und „Wasseroberfläche“ ergibt eine Endwertung für den Brutstätten-Parameter „Volumen“ von 0,25.

Der Parameter „Abschirmung“ orientiert sich am Ergebnis des zuvor berechneten Parameters „Volumen“, weshalb für das Beispiel des Begrenzungspfostens die Kategorie „V ≤ 0,25“ verwendet wird.

Durch die Verankerung des Begrenzungspfostens im Boden, liegt je nach Wasserstand der Brutstätte ein mehr oder weniger großer Teil des Wasserkörpers unterhalb der Erdoberfläche. Innerhalb des Parameters „Abschirmung“ (Tabelle 3) wird daher die Kategorie „teilweise oberirdisch, mit Abschirmung“ gewählt und für den Parameter „Abschirmung“ ein Wert von 1,0 festgelegt.

Zwar entspricht durch die gerade Form des Rohres die Fläche der Einflugöffnung für eiablagebereite Weibchen der Größe der Oberfläche möglicher Wasseransammlungen. Durch den geringen Querschnitt des Begrenzungspfostens ergibt sich vor allem bei niedrigen Wasserständen ein höhlenartiger Charakter. Deshalb wird innerhalb des Brutstätten-Parameters „Einflugöffnung“ (Tabelle 5) die Kategorie „halb geöffnet“ gewählt und dem Brutstätten-Parameters „Einflugöffnung“ ein Wert von 1,0 zugeschrieben.

Der Begrenzungspfosten besitzt keinerlei zusätzliche Zulaufsquellen, das Verhältnis der Sammeloberfläche für Niederschlagswasser zur Oberfläche des Wasserkörpers in der Brutstätte entspricht dem Wert 1:1. Dem Brutstätten-Parameter „Zulauf“ (Tabelle 4) wurde daher ein Wert von 0,5 zugeschrieben.

Im Bereich des Begrenzungspfostens waren keinerlei Wasch- oder Beregnungsanlagen zu verzeichnen. Ebenfalls ist davon auszugehen, dass ein gezieltes Einbringen von Wasser in den Begrenzungspfosten keinen Nutzen für den Bahnbetrieb darstellt. Eine regelmäßige oder gelegentliche künstliche Befüllung des Begrenzungspfostens sollte daher nicht stattfinden. Somit wird innerhalb des Parameters „Häufigkeit und Umfang künstlicher Befüllungen“ die Kategorie „nicht auszuschließen“ gewählt und dem Brutstätten-Parameter ein Wert von 0,3 zugeschrieben.

Für den Brutstätten-Parameter „Material“ (Tabelle 5) wird dem aus Eisen bestehendem Begrenzungspfosten ein Wert von 0,9 zugeordnet.

Die Multiplikation der einzelnen Parameter Volumen (0,25), Abschirmung (1,0), Einflugsöffnung (1,0), Zulauf-Sammelfläche (0,5), Zulauf-Künstliche Befüllung (0,3) und Material (0,9) ergibt einen Parameterkoeffizienten von 0,03. Anhand der Tabelle 6 lässt sich dieser in die Brutstätten-Wertung II eingliedern, welches ein potentielles monatliches Auskommen von zehn erfolgreich aufgewachsenen und ausgeflogenen Weibchen der Asiatischen Tigermücke zugesprochen wird.

### 2.1.3 Brutstättenmonitoring

Nach Festlegung der für die Bewertung relevanten Parameter wurde ein Brutstättenmonitoring auf insgesamt 35 Bahnhöfen durchgeführt, um das Vorhandensein von potentiellen Brutstätten zu untersuchen und zu bewerten. Hierbei wurde im Bereich der verschiedenen Bahnanlagentypen potentiell wasserführende Strukturen erfasst, klassifiziert und anhand der in Kapitel 2.1.2 beschriebenen Parameter bezüglich der Eignung als Stechmückenbrutstätte gewertet. Unverbaute temporäre Brutstätten wie z. B. weggeworfener Müll und nicht bahnanlagennutzungsbedingte Brutstätten wie z. B. natürliche Baumhöhlen wurden bei der Kartierung nicht erfasst.

Eine Erfassung der gewünschten qualitativen und quantitativen Brutstättendaten im Bereich der ausgewählten Bahnanlagen erfolgte im Zeitraum von Juli 2019 bis Januar 2020. Hierbei richtete sich die Vorgehensweise des Monitorings nach der Art der zu erfassenden Brutstättendaten.

**Brutstättenqualität**

Zur qualitativen Beurteilung des Brutstättenangebotes im Bereich der Bahnanlagen wurden potentiell wasserführende Strukturen intensiv untersucht, fotografisch dokumentiert und anhand der zuvor festgelegten Brutstätten-Parameter gewertet.

Mit einem Deckel verschlossene potentielle Brutstätten wie Wasserablauf- oder Schachtsysteme, bei welchen ein Einflug von Stechmückenweibchen über bestehende Öffnungen nicht auszuschließen war, wurden nach Rücksprache mit den DB-Verantwortlichen geöffnet oder mit Hilfe einer Schwanenhalskamera überprüft (Abbildung 3).

Neben der Begehung betrieblich aktiver Bahnanlagen wurden weiterhin stillgelegte und noch nicht rückgebaute, jedoch öffentlich zugängliche Bahnanlagen genutzt, um eine intensive qualitative Beurteilung potentieller Brutstätten vorzunehmen. Hierbei war es möglich, selbst im Bereich der ehemaligen Gleisanlagen noch vorhandene typische Anlagestrukturen wie z. B. Schacht- und Kanalsysteme ausgiebig und ohne Rücksicht auf stromführende Kabel und die betriebliche Nutzung zu untersuchen.

Abbildung 3: Schwanenhalskamera für die Kontrolle von teilverschlossenen oder schwer einzusehenden Brutstätten.

Bei einem Teil der auf Bahnanlagen vorhandenen Brutstätten konnte die qualitative Beurteilung über Erfahrungswerte anderer vorangegangener Projekte der Auftragnehmer (Anhang 9.2) vorgenommen werden. Dies betraf vor allem nicht auf Bahnanlagen beschränkte Strukturen wie z. B. verschiedene Abwassersysteme, Dachrinnen und Rohrpfosten.

**Brutstättenverteilung**

Zur quantitativen Beurteilung und räumlichen Verteilung des Brutstättenangebotes wurden alle potentiellen Brutstätten mittels mobiler GPS-Geräte aufgenommen. Für die spätere Datenauswertung wurden neben den geographischen Koordinaten auch die Brutstättenwertung und der Bereich innerhalb der Bahnanlage (z. B. Gleis-, Bahnsteig-, Straßenbereich) erfasst.

Bei allen untersuchten Bahnanlagen erfolgte eine intensive Begehung und Suche nach potentiell wasserführenden Strukturen in den gesamten öffentlich zugänglichen Bahnsteig- und Straßenbereichen.

Wie sich bei den durch Mitarbeiter der jeweiligen Bahnanlagen begleiteten Begehungen zeigte, ist die Anzahl und auch die Diversität der potentiellen Brutstätten innerhalb der Gleisbereiche äußert gering. Um die betrieblichen Arbeitsabläufe innerhalb dieser sicherheitsrelevanten Gleisbereiche der Bahnanlagen nicht zu stören, erfolgte hier keine intensive und großflächige direkte Begehung. Nachdem die qualitative Beurteilung der wenigen und sich regelmäßig wiederholenden potentiellen Brutstätten im Gleisbereich abgeschlossen war, erfolgte hier die weitere quantitative Erfassung vom Rande aus.

Hierfür wurde aus öffentlich zugänglichen Bahnanlagen-Bereichen und aus angrenzenden öffentlichen kommunalen Bereichen heraus sowie von Überbrückungen der Bahnanlagen herab die räumliche Verteilung der wenigen Brutstätten erfasst (Abbildung 4).

Abbildung 4: Blick von einer Fußgänger-Überquerung auf einen Teil des Gleisbereiches des Rangierbahnhofs Mannheim.

Bei kleinen Bahnanlagen und Bahnanlagen mit Überführungen und weitläufig zugänglichen Randbereichen erfolgte auf diese Weise eine komplette quantitative Erfassung der potentiellen Brutstätten des Bahnanlagen-Schienennetzes bis zum Übergang in das freie Streckennetz. War dies aufgrund der äußeren Umstände nicht möglich, wurde der bei der Kontrolle gesichtete Bereich für die spätere Berechnung von flächenbezogenen Wertungen erfasst und als Kontrollfläche definiert.

### 2.1.4 Stechmückenmonitoring

Bei den Begehungen der Bahnanlagen im Rahmen des Brutstättenmonitorings erfolgte parallel eine Stichprobenkontrolle auf Vorkommen von Stechmückenarten. Der Zeitraum dieses parallelen Stechmückenmonitorings beschränkte sich auf den Zeitraum von Juli bis Oktober 2019. In diesem Zeitraum ist in Deutschland aufgrund der vorangeschrittenen Populationsentwicklung (Stelzner 2016, Augsten 2018) ein sicherer Nachweis der Asiatischen Tigermücke am wahrscheinlichsten (Pluskota, Augsten et al. 2018).

Als Monitoringmethode wurden zum einen parallel zu der qualitativen Untersuchung der potentiellen Brutstätten im Bereich der Bahnanlagen alle wasserführenden Strukturen auf das Vorhandensein von Stechmückenlarven und -puppen untersucht. Bei tiefergelegenen oder unzugänglichen Wasserkörpern erfolgte die Probenahme mit einer Schöpfkelle oder einem Saugschlauch. Bei kleineren Brutstätten wurde hierbei möglichst der gesamte Wasserkörper aufgesaugt und in einer separaten Wanne untersucht. Bei größeren, sehr tief gelegenen Wasserkörpern, wie z. B. bei mehreren Metern tiefen Abwasserschächten, war eine Kontrolle auf Steckmückenlarven nicht möglich.

Zum anderen wurden während der qualitativen als auch quantitativen Brutstättenkontrollen parallel, als weitere Monitoringmethode, stichprobenartige Anflugkontrollen (Human-Bait-Monitoring) auf stechwillige weibliche Stechmücken durchgeführt. Durch ihr tagaktives und aggressives Stechverhalten lassen sich durch diese Monitoringmethode vor allem lokale Vorkommen der Asiatischen Tigermücke auch bei einmaligen Kontrollen gut detektieren (Pluskota, Augsten et al. 2018). Die Asiatische Tigermücke hält sich bevorzugt in schattigen Buschbereichen oder in hoch aufgewachsenem Pflanzenbewuchs auf. Bei der Begehung der Bahnanlagen wurde daher zunächst Ausschau nach solch buschig bewachsenen Bereichen gehalten. Die Anflugkontrolle wurde jedoch nicht in, sondern am Rande der Gebüsche, im Abstand von etwa 1-2 Metern durchgeführt. Die Weibchen der Asiatischen Stechmücke werden dabei durch den Körpergeruch, die Atemluft und die Körperwärme der kontrollierenden Person aus den Büschen heraus angelockt. An geeigneten Stellen wurde für drei Minuten abgewartet, um den Weibchen Zeit für einen Anflug auch aus tieferen Gebüschbereichen zu ermöglichen. Bei größeren Pflanzen- und Buschbereichen wurden während der Kontrollzeit einige Meter der Gebüschkante sehr langsam abgelaufen.

Bei den ersten Begehungen der Bahnanlagen war schnell zu erkennen, dass aufgrund der Rahmenbedingungen die zu erwartenden Ergebnisse des Stechmückenmonitorings im direkten Bereich der Bahnanlagen ohne Aussagekraft wären. Zum einen zeigte sich, dass aufgrund der geringen Niederschlagsmengen im Sommer 2019 (DWD 2019) der Anteil der zum Zeitpunkt der Kontrollen tatsächlich wasserführenden potentiellen Brutstätten sehr gering war. Zum anderen waren die für erfolgsversprechende Anflugkontrollen notwendigen schattigen Buschbereiche auf Bahnanlagen nur vereinzelt und überwiegend nur sehr kleinflächig vorhanden. Deshalb wurde, dort wo es möglich war, zusätzlich das direkt angrenzende externe Umfeld mittels Anflugkontrollen parallel zu der quantitativen Rand-Beurteilung der Bahnanlagen überprüft.

Alle bei den verschiedenen Stechmückenmonitoring-Methoden gefundenen Steckmückenindividuen wurden abgesammelt und zur genauen Artbestimmung ins Labor überführt.

# 2.2 Ergebnisse

## 2.2.1 An Bahnanlagen gefundene Stechmückenarten

Im Rahmen des im Zeitraum von Juli bis Oktober 2019 parallel zu den Brutstättenkontrollen durchgeführten Stechmückenmonitorings konnten weder innerhalb der internen Bahnanlagenbereiche noch in den umliegenden externen Randbereichen Individuen der Asiatischen Tigermücke nachgewiesen werden.

Durch die geringen Niederschlagsmengen im Sommer 2019 (DWD 2019) und der daraus resultierenden geringen Anzahl wasserführender Stechmückenbrutstätten war die Nachweisrate für Stechmückenlarven während der qualitativen Brutstättenkontrollen sehr gering. So konnten insgesamt lediglich in zwei Brutstätten Larven von *Culex pipiens* s.l. und in einer Brutstätte Larven von *Aedes j. japonicus* gefunden werden.

## 2.2.2 Brutstättenkatalog

Im Bereich der untersuchten Bahnanlagen konnte nur ein geringes Spektrum verschiedenartiger potentieller Brutstätten der Asiatischen Tigermücke gefunden werden. So lassen sich alle 505 kartierten Brutstätten in die fünf grundlegenden Strukturkategorien Oberflächenwasserabläufe, Schachtbauwerke, Dachrinnen, senkrechte Rohrsysteme und unverbaute, temporäre Brutstätten einteilen (Kapitel 2.2.2.1 bis 2.2.2.5).

Weiterhin wurden potentielle Stechmückenbrutstätten gefunden, welche generell von anderen Stechmückenarten zur Larvenaufzucht genutzt werden könnten, jedoch für die Asiatische Tigermücke und andere in kleinen Aushöhlungen brütende Stechmückenarten ungeeignet sind. Hierbei handelt es sich um naturbelassene Gräben und Naturteiche sowie offene, flach auslaufende Wasseransammlungen (Kapitel 2.2.2.6 bis 2.2.2.7).

Während es nur eine geringe Variabilität an verschiedenartigen Strukturkategorien gibt, ist eine große Variabilität der einzelnen Brutstättentypen innerhalb einer Strukturkategorie vorhanden. So gibt es vermutlich in Abhängigkeit von z. B. Bauunternehmen, Einbaujahr und regionaler Verfügbarkeit meist unterschiedliche verbaute Typen einer Brutstättenart. Diese Begebenheit ist schon von einer Untersuchung des Brutstättenangebotes in kommunalen Bereichen bekannt, wo z. B. verschiedene Typen von Oberflächenwasserabläufen innerhalb der Kommunen und teilweise innerhalb eines Straßenzuges variieren können (Becker, Fynmore et al. 2019).

In den folgenden Kapiteln erfolgt daher eine beispielhafte Beschreibung der innerhalb der Brutstättenkartierung gefundenen und ebenfalls noch denkbaren typischen Brutstätten der einzelnen Strukturkategorien.

### 2.2.2.1 Senkrechte Hohlprofile

Zu der Strukturkategorie „Senkrechte Hohlprofile“ können alle nach oben geöffneten Arten von Masten, Rohren, Ständern, Pfosten und Pfählen gezählt werden, in welchen sich Niederschlagswasser ansammeln kann. Durch die meist sehr geringe mögliche Oberfläche der Wasseransammlung und dem maximalen Verhältnis von 1:1 der Regensammelfläche zur Bodenfläche der Hohlprofile erzielen die potentiellen Wasseransammlungen innerhalb der senkrechten Hohlprofile meistens nur sehr geringe Brutstättenwertungen von I-II.

**Rohrpfosten und Schildmasten**

Die höchste Brutstättenwertung unter den Hohlprofilen weisen Rohrpfosten und Schildmasten (Abbildung 5) auf, welche aufgrund fehlender Rohrkappe einen Zulauf von Regenwasser ermöglichen. Wurden solche Rohrpfosten und Schildmasten im Boden einbetoniert, kommt es zwangsläufig zum Ansammeln von Regenwasser. Aber auch bei Rohrpfosten und Schildmasten, welche ohne Betonfundament im losen Erdreich verankert wurden, kann es durch eine Verschlämmung des Bodens innerhalb des Rohres und dem daraus folgenden Verschluss der Bodenporen zu einem Rückstau von Niederschlagswasser kommen.

Abbildung 5: Schildmast ohne Rohrkappe am Bahnhof Wiesloch-Walldorf

**Absperr- und Begrenzungspfosten**

Wasseransammlungen innerhalb von Absperr- und Begrenzungspfosten (Abbildung 6) ermöglichen aufgrund des meist sehr geringen Querschnittes ein gleichzeitiges Aufwachsen einer nur geringen Anzahl an Stechmückenlarven.

Bestimmte Typen von Absperr- und Begrenzungspfosten sind nach oben fest verschlossen, weisen jedoch oft im seitlichen Bereich kleinere Löcher auf. Das Eindringen von Niederschlagswasser durch diese kleinen Löcher ist jedoch zu gering, um zu ausreichenden Wasseransammlungen innerhalb der hohlen Pfosten zu führen.

Abbildung 6: Offener Absperrpfosten am Bahnhof Schifferstadt

**Bodenhülsen**

Herausnehmbare senkrechte Hohlprofile wie Pfosten, Schildstangen oder Fahnenmasten werden über in Beton eingelassene Bodenhülsen (Abbildung 7) im Boden verankert. Werden die Hohlprofile für längere Zeit entfernt, kann sich in den leeren Bodenhülsen Wasser ansammeln. Vor allem bei einer bodenebenen Abschlusskante sammeln diese schnell Niederschlagswasser auf, welches wiederum durch die Versenkung der Bodenhülsen im Boden gut vor zu starker Sonneneinstrahlung und Winden geschützt ist. Insgesamt weisen jedoch Wasseransammlungen in Bodenhülsen meist verhältnismäßig nur geringe Wassertiefen auf.

**Zaunpfähle**

Typische senkrechte Hohlprofile, welche im menschlichen Siedlungsbereich in Erscheinung treten, sind Zaunpfosten mit fehlender Rohrkappe. Diese konnten bei der Begehung der untersuchten Bahnanlagen nicht festgestellt werden, jedoch ist dies im Bereich anderer, nicht untersuchter, Bahnanlagen nicht auszuschließen.

Abbildung 7: Freie Bodenhülse eines Absperrpfostens am Bahnhof Speyer

### 2.2.2.2 Oberflächenwasserabläufe

**Entwässerungsrinnen**

Im Boden eingelassene und mit verschiedenartigen Metall- oder Plastikrosten abgedeckte Entwässerungsrinnen dienen zum Auffangen von Niederschlagswasser von größeren angrenzenden Bereichen (Abbildung 8). Durch die Entwässerungsrinnen wird das aufgesammelte Niederschlagswasser zur Kanalisation oder zu einer Versickerung abgeleitet. Um Verstopfung der ableitenden Rohrsysteme mit Laub und Schmutz zu vermeiden, enthalten Entwässerungsrinnen an der Verbindung zur Abwasserkanalisation oft einen Sinkkasten (Abbildung 9). Um Schlamm- und schweren Schmutzteilen abzusammeln ist der Abfluss der Sinkkästen erhöht angelegt, wodurch es nach Niederschlagsereignissen ebenfalls zum längeren Rückhalt von Wasser kommt. Diese Wasseransammlungen können je nach Volumen eine mittlere Brutstättenwertung von III erreichen.

Durch Verstopfungen der abführenden Kanalrohre mit größeren Schmutzteilen kann es zu längerfristigem Rückstau von Niederschlagswasser in weiteren Teilen der Entwässerungsrinnen kommen. Auch wenn dies bei der Brutstättenkartierung der untersuchten Bahnanlagen nicht gefunden werden konnte, wäre je nach Umfang des Rückstaus und Länge der Entwässerungsrinne eine Massenentwicklung von Stechmückenlarven beziehungsweise eine hohe Brutstättenwertung von IV denkbar.

Abbildung 8: Entwässerungsrinne auf Bahnsteig am Hauptbahnhof Singen.

Abbildung 9: Senkkasten einer Entwässerungsrinne mit Wasseransammlungen unter dem Schmutzsieb am Hauptbahnhof Singen

**Hof- und Straßenabläufe**

Hof- und Straßenabläufe (Abbildung 10) dienen zur punktuellen Aufnahme von Oberflächenwasser auf befestigten Flächen. Die auch als Gully bezeichneten Systeme stellen je nach Größe und Bauart entweder keine Stechmückenbrutstätten oder im Gegenzug sogar geeignete Massenbrutstätten mit einer Brutstättenwertung von IV bis nahezu V dar.

In Deutschland gibt es überwiegend zwei Arten von Gullys, welche als Trocken-Gullys oder Nass-Gullys bezeichnet werden.

Trocken-Gullys enthalten einen als Schlammeimer bezeichneten Fangkorb aus Metall (Abbildung 11), um größere Fremdkörper vom Oberflächenabwasser zu trennen, bevor es direkt in die Kanalisation abfließt. In Trocken-Gullys mit direktem Abfluss in den unterirdischen Abwasserkanal (Abbildung 12) kann es lediglich innerhalb des Schlammeimers zu einem Rückhalt von Niederschlagswasser kommen. Diese Schlammeier sind wiederum für den Ablauf des eintretenden Niederschlagswassers mit Rillen und Löchern versehen. Hierbei gibt es eine große Fülle an Bauformen, sodass dass es nicht prinzipiell zu einem Ansammeln von Niederschlagswasser in Schlammeimern kommt.

Nass-Gullys haben entweder einen Geruchsverschluss oder einen Nassschlammsammler anstatt eines Fangkorbes. In beiden ist das Ansammeln von Niederschlagswasser möglich, welches von Stechmücken zur Aufzucht von Larven genutzt werden kann. Vor allem Nassschlammsammler können aufgrund des meist größeren Wasservolumens optimale Massenbrutstätten für Stechmücken darstellen. So liegen Nassschlammsammler oft tief unterhalb des in die Kanalisation ableitenden Abflussrohrs. Bei Wasserberuhigung können sich Fremdkörper und Unreinheiten vom abfließenden Wasser absetzen. Daher enthalten Gullys mit Nassschlammsammler oft tiefere Wasseransammlungen bis zur Höhe des ableitenden Abflussrohrs.

Abbildung 10: Durch das Einlaufgitter sichtbare Wasseransammlung in einem Schlammeimer eines Straßenoberflächenablaufes auf der LKW-Zufahrt am Kombiterminal des begleiteten Verkehrs in Freiburg.

Abbildung 11: Schlammeimer eines Straßenoberflächenablaufes auf dem LKW-Parkplatz am Kombiterminal des unbegleiteten Verkehrs in Singen.

Abbildung 12: Nach Entfernung des Einlaufgitters und des Schlammeimers sichtbarer direkter Wasserablauf eines Oberflächenablaufes am Bahnhof Germersheim.

### 2.2.2.3 Schachtbauwerke

**Kabelschächte**

An den Verbindungs- und Abzweigpunkten von Kabelleitungen befinden sich im Bereich der Bahnanlagen Kabelschächte. Diese Schachtsysteme werden aus Betonfertigbauteilen zusammengesetzt und sind entweder nach unten offen oder mit einer Bodenplatte versehen. Bei Kabelschächten mit Bodenplatte kann eindringendes Niederschlagswasser generell über ein Sickerloch oder die Stoßkanten zwischen den Beton-Einzelbauteilen austreten. Durch eindringenden Schmutz setzen sich diese Öffnungen nach und nach zu, so dass es für gewöhnlich zu flachen Wasseransammlungen im Bodenbereich kommt.

Kabelschächte mit Lüftungsgittern (Abbildung 13) oder anderen Öffnungen in der Deckplatte (Abbildung 16) sind oft mit einer unter dem Deckel liegenden Schmutzfangschale (Abbildung 15) versehen, um eindringende Schmutzpartikel wie Sediment und Laub zurückzuhalten. In diesen Schmutzfangschalen wird ebenfalls eindringendes Niederschlagswasser zurückgehalten (Abbildung 14), welches die häufigsten Stechmückenbrutstätten innerhalb der Kabelschächte darstellen.

Sind diese Schächte wiederum mit einer tagwasserdichten Schachtabdeckung versehen, ist ein Eindringen sowohl von Niederschlagswasser als auch von Stechmücken nicht möglich.

Abbildung 13: Beton-Kabelschachtdeckel mit Lüftungsgitter am Bahnhof Schifferstadt.

Abbildung 14: Durch das Lüftungsgitter eines Kabelschachtdeckels sichtbare Wasseransammlung am Betriebsbahnanlage Mannheim-Rheinau.

Abbildung 15: Schmutzfangschale im oberen Bereich eines Kabelschachtes

Abbildung 16: Metall-Schachtdeckel mit kleinen Öffnungen für Hebelwerkzeuge am Bahnhof Königs-Wusterhausen.

**Abwasserrevisionsschächte**

Zur Kontrolle und Reinigung von unterirdischen Abwasserrohrleitungen dienen Kontroll- bzw. Revisionsschächte (Abbildung 17). Revisionsschächte mit Aussparungen in der Schachtabdeckung sind oftmals mit einer unter der Abdeckung liegenden Schmutzfangschale versehen, um eindringende Schmutzpartikel wie Sediment und Laub zurückzuhalten. Diese Schmutzfangschalen sind teilweise für den Ablauf des eintretenden Niederschlagswassers mit Rillen und Löchern versehen, wobei es hiervon eine große Fülle an Bauformen gibt. Fehlen diese Ablauföffnungen oder sind diese etwas erhöht angelegt oder durch Schmutzpartikel verstopft, kann es zu einem Ansammeln von Niederschlagswasser kommen. Diese Wasseransammlungen stellen geeignete Stechmückenbrutstätten mit einer mittleren Brutstättenwertung dar.

Abbildung 17: Durch das Lüftungsgitter eines Revisionsschachtes sichtbare Wasseransammlung am Kombiterminal des begleiteten Verkehrs in Freiburg.

### 2.2.2.4 Dachrinnen

Wasseransammlungen in Dachrinnen und Dachkanälen (Abbildung 18) können entstehen, wenn es entweder zu Verstopfungen im Bereich der ableitenden Rohrsysteme oder einer u-förmigen Absenkung der Rinnen und Kanäle kommt.

Abbildung 18: Wasseransammlung in Sammelrinne einer Bedachung von Fahrradständern am Bahnhof Mannheim-Friedrichsfeld.

### 2.2.2.5 Nicht verbaute Brutstätten

**Eimer und Wannen zur Scheibenreinigung**

Zu den Brutstätten mit der höchsten Brutstättenwertung, welche bei der Brutstättenkartierung im Bereich der untersuchten Bahnanlagen gefunden wurden, gehörten Eimer und Wannen, welche zur Reinigung der Scheiben des Führerstandes am Ende des Bahnsteiges bereitgestellt wurden (Abbildung 19). Solche nicht verbauten, jedoch nutzungstypischen Wasserbehälter können je nach Größe eine mittlere bis hohe Brutstättenwertung erreichen und letztendlich als Massenbrutstätten für die Asiatische Tigermücke dienen.

Abbildung 19: Wannen mit Wasser zur Reinigung der Scheiben des Führerstandes am Bahnhof Karlsruhe

**Müll**

Durch die hohe Frequenz an Bahnreisenden finden sich oft im Bereich von Personenbahnhöfen viele Kleinstbrutstätten in Form von Getränkedosen, -flaschen und Einwegbechern (Abbildung 20). Diese stellen einzeln betrachtet nur Brutstätten mit sehr geringer Brutstättenwertung dar, können jedoch bei größeren Ansammlungen das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen bedeutend erhöhen.

Abbildung 20: Ansammlung von Kleinstbrutstätten in Form von Getränkeverpackungen und Einwegbechern am Bahnhof Mannheim/Friedrichsfeld.

Nicht so häufig wie Getränkeverpackungen und Einwegbecher befanden sich im Bereich von Bahnanlagen gelegentlich auch größere Müllstücke (Abbildung 21, Abbildung 22), welche durchaus als Einzelbrutstätte eine mittlere Brutstättenwertung erreichten. Auch wenn sehr großer, fass- oder tonnenartiger Müll, welcher eine sehr hohe Brutstättenwertung erreichen könnte, nicht gefunden wurde, ist dieser je nach betrieblicher Nutzung durchaus möglich.

Abbildung 21: Altreifen am Bahnhof Neustadt an der Weinstraße.

Abbildung 22: Weggeworfener alter Kochtopf am Hauptbahnhof Mannheim

**Wasseransammlung in Falten von Abdeckplanen**

Häufige Brutstätten im Bereich von Industrie- und Gewerbebetrieben sind Wasseransammlungen in Falten von Abdeckplanen (Abbildung 23). Diese konnten bei der Begehung der untersuchten Bahnanlagen nicht festgestellt werden, jedoch ist dies im Bereich anderer, nicht untersuchter Bahnanlagen nicht auszuschließen. Je nach Umfang der Abdeckplane und Größe sowie Anzahl der faltenartigen Vertiefungen werden bei diesen Wasseransammlungen sehr kleine bis sehr große Brutstättenwertungen von I bis IV erreicht.

Abbildung 23: Wasseransammlung in Falten einer Abdeckplane. Externes Beispielfoto.

**Temporär im Freien gelagerte Gegenstände**

Vor allem während der Hochsommermonate beträgt die Entwicklungsgeschwindigkeit der aquatischen Lebensstadien der Asiatischen Tigermücke aufgrund der höheren Temperaturen nur wenige Tage. So dauert bei einer Durchschnittstemperatur von 25 °C die komplette Entwicklung von der frisch geschlüpften Larve bis zum flugfähigen erwachsenen Tier ca. nur eine Woche. Dadurch ist es der Art möglich, auch Wasseransammlungen in Gegenständen wie z. B. Arbeitsmaterialien, Waren und Werkzeuge als Brutstätte zu nutzen, welche nur vorrübergehend im Freien gelagert werden (Abbildung 24).

Abbildung 24: Zwischengelagerter Laternenmast als mögliche vorübergehende Brutstätte am Bahnhof Schifferstadt.

### 2.2.2.6 Flach auslaufende, offene Wasseransammlungen

Die Asiatische Tigermücke wird als eigentliche Waldart angesehen, deren ursprünglichste Form der Brutstätten wohl wassergefüllte Aushöhlungen in Bäumen darstellen (Kolivras 2006). Innerhalb dieser wassergefüllten Vertiefungen in Bäumen kleben die Weibchen bei der Eiablage die Eier knapp oberhalb der Wasseroberfläche an die Wandung der Aushöhlungen.

Aufgrund dieser speziellen Brutstättenbiologie nutzt die Asiatischen Tigermücke offene und flach auslaufende Wasserflächen ohne jegliche vertikale Umrandung generell nicht zur Eiablage. Dies betrifft neben Pfützen auf offenen Flächen auch Wasseransammlungen (Abbildung 26) in sehr flachen Entwässerungsrinnen (Abbildung 27) oder Absenkungen in Dächern (Abbildung 25) und anderen Bauteilen.

Dennoch ist eine Eiablage der Asiatischen Tigermücke in solche offenen und flach auslaufenden Wasseransammlungen nicht völlig auszuschließen, ihre Wahrscheinlichkeit hierfür ist jedoch sehr gering.

Abbildung 25: Flache Wasseransammlung auf der Bedachung am Hauptbahnhof Ludwigshafen am Rhein.

Abbildung 26: Flache Wasseransammlung auf dem Boden am Hauptbahnhof Ludwigshafen am Rhein.

Abbildung 27: Flache Wasseransammlung in oberflächlicher Ablaufrinne am Hauptbahnhof Mannheim.

### 2.2.2.7 Gräben und Naturteiche

Die Weibchen der Asiatische Tigermücke kleben die Eier während der Eiablage knapp oberhalb der Wasseroberfläche an die Wandung von natürlichen und künstlichen Aushöhlungen. Für diese Form der Eiablage werden feste Untergründe wie Holz, Stein oder Plastik bevorzugt, welche vertikale Strukturen um die Wasseransammlungen bilden.

Aufgrund der speziellen Brutstättenbiologie werden natürliche Ufersäume von Teichen, Tümpeln, Gräben und Regenrückhaltebecken (Abbildung 28), welche offene Erdbereiche oder Pflanzenbewuchs aufweisen, von der Asiatischen Tigermücke gemieden. Sobald die Wasseransammlungen in diesen Formen von Kleingewässern langfristig oder dauerhaft bestehen bleiben, kommt es schnell zu einer Besiedelung durch räuberische Wasserinsekten, Amphibien oder Fischen. Somit sind Teiche, Tümpel, Gräben und Regenrückhaltebecken mit natürlichen Ufersäumen nicht als Brutstätten der Asiatischen Tigermücke zu betrachten.

Abbildung 28: Regenwasserrückhaltebecken am Kombiterminal des unbegleiteten Verkehrs in Singen.

### 2.2.2.8 Kabelkanäle

Im Bereich von Bahnanlagen werden Kabelstränge jeglicher Art innerhalb von Betonkabelkanälen (Abbildung 29) verlegt, welche die in Kapitel 2.2.2.3 beschriebenen Kabelschachtbauwerke miteinander verbinden. Ein Eintritt von Niederschlagswasser ist vor allem bei den Kabelkanälen mit innenliegendem Deckel möglich. Jedoch erfolgt durch die modulare Bauweise aus Betonfertigteilen ein zügiges Ablaufen des eintretenden Niederschlagswassers über die Stoßfugen (Abbildung 30). Auch wenn dies bei der Brutstättenkartierung im Bereich der untersuchten Bahnanlagen nicht gefunden werden konnte, ist eine allmähliche Verschlammung bzw. Abdichtung der Stoßfugen durch eindringenden Schmutz und lokal eine Bildung von relevanten Wasseransammlungen möglich.

Abbildung 29: Kabelkanal zwischen den Gleisen am Hauptbahnhof Singen

Abbildung 30: Stoßfuge zwischen zwei Bauteilen eines Kabelkanals am Kombiterminal des begleiteten Verkehrs in Freiburg.

# 3 Risikoanalyse

Die Asiatische Tigermücke ist ein potentieller Vektor zahlreicher humanmedizinisch relevanter Viruserkrankungen. Durch menschliche Aktivität wird die Art selbst über größere Distanzen passiv verschleppt. Weiterhin nutzt diese sehr anpassungsfähige Stechmückenart eine breite Palette von künstlichen Wasseransammlungen als Brutstätten und kann im Bereich von menschlichen Ansiedlungen hohe Populationsdichten aufbauen. Dass es in Deutschland nach Einschleppungen der Asiatischen Tigermücke zu etablierten Populationen mit hoher Populationsdichte kommen kann, wurde in den letzten Jahren in mehreren Forschungs- und Bekämpfungsprojekten aufgezeigt (Stelzner 2016, Becker, Schön et al. 2017, Ferstl and Jöst 2017, Ferstl and Jöst 2018, Pluskota 2018, Ferstl and Jöst 2019). Dadurch ergeben sich durch die Asiatische Tigermücke in Deutschland im Bereich von Bahnanlagen zwei Problemfelder und daraus resultierende grundlegende Fragestellungen.

Im Problemfeld **„Etablierung“** stellt sich die grundlegende Frage, inwieweit es durch die Tätigkeit der Deutschen Bahn AG unmittelbar an Bahnanlagen zu einer Neuansiedelung (Etablierung) der Asiatischen Tigermücke in bisher nicht von der Art befallenen Gebieten kommen kann. Maßgeblich für die Beantwortung dieser Frage ist die Beurteilung des Einschleppungspotentials durch den Schienenverkehr (Kapitel 3.2) und ebenfalls des Vermehrungspotentials im Bereich von Bahnanlagen (Kapitel 3.1).

Im Problemfeld **„Stichbelästigung und Gesundheitsgefahr“** ist die grundlegende Frage, inwieweit es durch die infrastrukturellen Gegebenheiten im Bereich von Bahnanlagen zu einer Vermehrung und letztendlich zu einem Belästigungs- und Gesundheitsrisiko durch die Asiatische Tigermücke kommen kann. Maßgeblich für die Beantwortung dieser Fragestellung ist die Beurteilung des Vermehrungspotentials im Bereich von Bahnanlagen (Kapitel 3.1). Diese Beurteilung ist wiederum unabhängig von der Frage zur Etablierung der Art zu betrachten, da ein Auftreten der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen ebenso ohne die Tätigkeit der Deutschen Bahn möglich ist. Eine Etablierung erfolgt, wenn im weiteren externen Umfeld von Bahnanlagen unentdeckte oder nicht bekämpfte Populationen der Asiatischen Tigermücke weiter anwachsen, sich ausbreiten und letztendlich die Bereiche der Bahnanlagen befallen.

## 3.1 Beurteilung des Vermehrungspotentials an Bahnanlagen

Die Beurteilung des Vermehrungspotentials ist sowohl wichtig für die Beantwortung der Fragestellungen zur Etablierung, als auch für die Beantwortung der Fragestellungen zum Belästigungs- und Gesundheitsrisiko der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen. So ist die Populationsentwicklung und Ausbreitungstendenz von *Aedes albopictus* stark vom vorhandenen Brutstättenangebot in einem bestimmten Gebiet abhängig (Jardina 1990, Niebylski and Craig 1994), was wiederum die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Etablierung neuer Gründerpopulationen beeinflusst. Ebenso steigt mit der Populationsdichte der Stechmücken neben der Stichbelästigung auch die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung von Pathogenen an (Horsfall 1955). Hierbei sollte jedoch nicht nur das Belästigungs- und Gesundheitsrisiko für Mitarbeiter und Fahrgäste der Deutschen Bahn AG innerhalb der Bahnanlagen, sondern auch für Anwohner und Beschäftigte umliegender Bereiche betrachtet werden.

Stechmücken sind r-Strategen, welche durch eine hohe Fruchtbarkeit und eine kurze Generationsdauer hohe Vermehrungsraten aufweisen können (Favier, Degallier et al. 2006). Hierfür benötigen sie jedoch neben ausreichenden klimatischen Bedingungen auch ein ausreichendes Brutstättenangebot. Bei der Auswahl der Brutstätten zeigt die Asiatische Tigermücke eine bemerkenswerte Anpassungsfähigkeit und

nutzt so eine große Bandbreite an natürlichen und künstlichen, wassergefüllten Gefäßen für die Aufzucht ihrer Larven (Hawley 1988). Daher kann die Art vor allem im Umfeld von menschlicher Aktivität durch die hier oft vorhandene größere Anzahl an künstlichen Brutstätten sehr hohe Populationsdichten aufbauen.

Nicht nur die Anzahl, sondern auch die Qualität der verfügbaren Brutstätten einen großen Einfluss auf die Vermehrungsrate von *Aedes albopictus*. So spielen vor allem sogenannte Massenbrutstätten, welche einer hohen Anzahl an Larven die vollständige Entwicklung ermöglichen (Brown, Mottram et al. 1992), eine übergeordnete Rolle bei der Bekämpfung von lokalen Populationen der Asiatischen Tigermücke (Pluskota, Augsten et al. 2018). Jedoch kann es auch durch eine lokale Konzentration einer hohen Anzahl sogenannten Kleinstbrutstätten, bei denen aufgrund unterschiedlicher Faktoren die Zahl an aufwachsenden Larven mehr oder weniger stark reduziert ist, zu einem vermehrten Aufkommen der Art kommen. Dies zeigen die Ergebnisse der Bekämpfungsmaßnahmen der Asiatischen Tigermücke in Südwestdeutschland (Ferstl 2017, Ferstl and Jöst 2018).

Daher ist zur Beurteilung des Vermehrungspotentials der Asiatischen Tigermücke an Bahnanlagen nicht nur die quantitative und qualitative Erfassung und die Bewertung des Brutstättenangebotes, sondern auch deren räumliche Verteilung erforderlich.

### 3.1.1 Material und Methoden

Vor allem für die Klärung der Fragestellungen zum Belästigungs- und Gesundheitsrisiko, welches von *Aedes albopictus* an Bahnanlagen oder umliegenden Bereichen ausgeht, ist eine alleinige Darstellung und Berechnung der räumlichen Verteilung der Brutstätten nicht ausreichend. Schließlich sind es die Weibchen der Asiatischen Tigermücke, welche zunächst durch ihre Stechaktivität und die einige Tage später anschließenden Eiablage für die beiden Problemfelder der Stichbelästigung und Gesundheitsgefahr als auch der möglichen Etablierung und Weiterverschleppung maßgeblich relevant sind.

Um diesem Sachverhalt gerecht zu werden, war es nötig, das in Kapitel 2.2.2 ermittelte „stationäre“ Brutstättenangebot (Abbildung 31) in die Wahrscheinlichkeit eines räumlichen Auftretens der „frei beweglichen“ erwachsenen Weibchen der Asiatischen Tigermücke umzurechnen

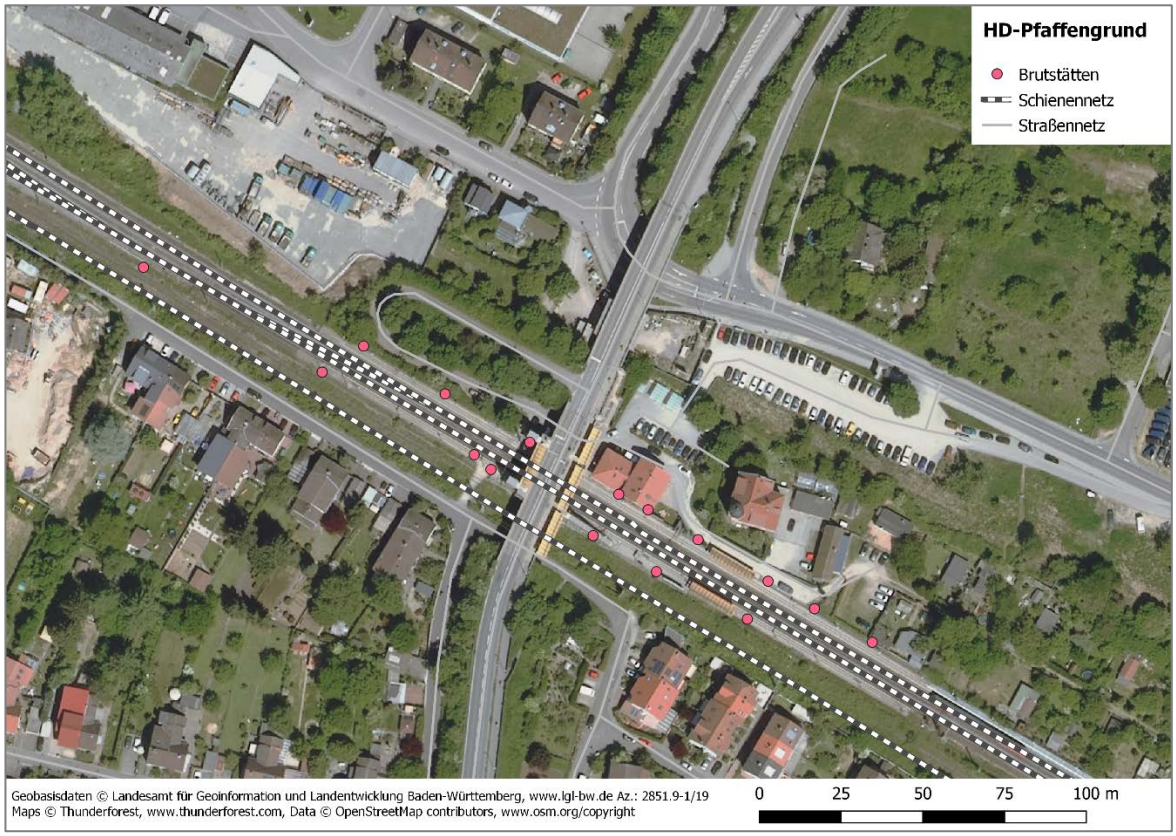


Abbildung 31: Übersichtsbild der im Bereich des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen Brutstätten.

Der erste Schritt dieser nötigen Umrechnung erfolgte schon in Kapitel 2.1.2 durch die Beurteilung der Brutstättenqualität und Festlegung des unterschiedlichen Auskommens, das heißt die Anzahl an erfolgreich herangewachsenen und ausgeflogenen adulten Weibchen der Asiatischen Tigermücke, in Abhängigkeit von der jeweiligen Qualität der Brutstätten (Abbildung 32).

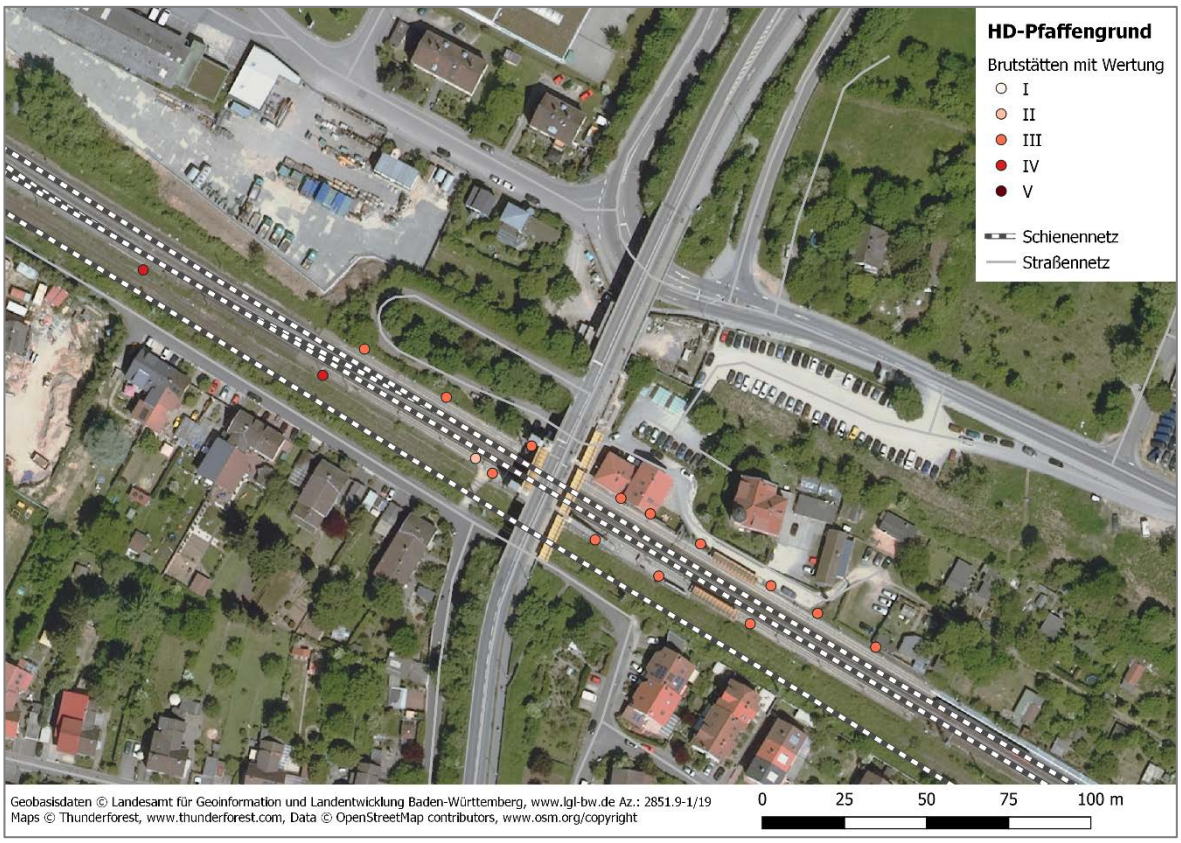


Abbildung 32: Übersichtsbild der im Bereich des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen und nach Kapitel 2.1.2 gewerteten Brutstätten.

Für die weitere Berechnung der räumlichen Verteilung der Weibchen wurden anhand von Literaturdaten, eigenen Forschungsergebnissen (Augsten 2018) und der Praxis-Erfahrung der vergangenen Jahre (Anhang 9.2) die Aktionsradien von Asiatischen Tigermückenweibchen in Bezug zur Ursprungs-Brutstätte festgelegt. Hierfür wurden für 1-Meter-Entfernungsklassen Wahrscheinlichkeiten festgelegt, mit welcher Weibchen der Asiatischen Tigermücke diese Entfernungen im Laufe eines Monats zurücklegen.

Auch wenn Individuen der Asiatischen Tigermücke bei geeigneter Habitatstruktur eine bemerkenswert hohe Standorttreue bzw. geringe Migrationsbewegungen der einzelnen Individuen aufweisen (Jiggins 2017), wird von einem 100 %-Erreichen der Entfernungsklasse von 20 Meter ausgegangen. Das bedeutet, dass ab einer Entfernung von 20 Meter zur Ursprungs-Brutstätte die Wahrscheinlichkeit, dass Weibchen der Asiatischen Tigermücke diese Strecke im Laufe eines Monats zurücklegen, mit zunehmender Entfernung sigmoidal abnimmt. So wird in der Berechnung davon ausgegangen, dass z. B. eine Entfernung von 30 Metern um die Brutstätte noch von 75 % und eine Entfernung von 50 Metern nur noch von 10 % der Weibchen im Laufe eines Monats zurückgelegt wird.

Für die weitere Berechnung wird eine Migration von über 130 Meter innerhalb eines Monats ausgeschlossen. Zwar ist unter realen Bedingungen eine aktive Migration und vor allem eine passive Verschleppung über eine Entfernung von mehr als 130 Meter nicht auszuschließen. Ihr Anteil ist jedoch sehr gering, so dass er in Anbetracht der hier gestellten Fragestellungen für die weitere Analyse vernachlässigt werden kann.

Dies trifft insbesondere zu, da mit zunehmender Entfernung zur Ursprungs-Brutstätte sich auch die theoretisch erreichbare Fläche deutlich vergrößert. Ausgehend von einer gleichmäßigen radialen Ausbreitung der Asiatischen Tigermücken-Weibchen von der Ursprungsbrutstätte weg, wurden daher für die weitere Berechnung die zuvor festgelegten Migrationswahrscheinlichkeiten durch die Gesamtfläche der jeweiligen Entfernungsklasse geteilt. Dadurch konnte abschließend in einem Radius von 130 Meter um eine Brutstätte, anhand der Brutstättenwertung für jede Entfernungsklasse die Auftritts-Wahrscheinlichkeit eines Weibchens je Quadratmeter berechnet werden.

Die weitere Berechnung der Auftritts-Wahrscheinlichkeit von Weibchen der Asiatischen Tigermücke unter Berücksichtigung von allen vorhandenen Brutstätten einer Bahnanlage erfolgte durch die Firma „incontext.technology GmbH“. Diese Berechnung der räumlichen Gesamtbelastung erfolgte auf der Basis des numerischen Verfahrens zur Lösung partieller Differentialgleichungen in Abhängigkeit der Auftrittswahrscheinlichkeit und Vermehrungspotentials (Abbildung 33).

$$Belastung(S) = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^{n} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \frac{E(d_i) A_i}{2\pi d_i} dydx$$

Dabei ist

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

**S** - Fläche des relevanten Bereiches
**(xi, yi)** - Koordinaten der Brutstätte i
**E** - Auftrittswahrscheinlichkeit
**Ai** - Vermehrungspotential der Brutstätte i
**n** - Anzahl der Brutstätten

Abbildung 33: Abbildung der Formel zur Berechnung der Gesamtbelastung mit Weibchen der Asiatischen Tigermücke unter Berücksichtigung aller vorhandenen Brutstätten einer Bahnanlage.

Die Erstellung einer Daten-Pipeline, Auswahl des geeigneten numerischen Verfahrens und Durchführung der erforderlichen Berechnungen erfolgte dabei auf der Basis der „Adaptive Data Intelligence Services“ (incontect.technology 2020). Diese stellen eine modulare Plattform dar, die eine Reihe von Mikrokomponenten für den skalierbaren Einsatz von Statistik und maschinellem Lernen bietet.

Als Ergebnis der Berechnung kann für einen beliebigen Punkt die potentielle Belastung durch Weibchen der Asiatischen Tigermücke innerhalb eines Quadratmeters angegeben werden. Da bei der Berechnung des Auskommens von Weibchen aus den jeweiligen Brutstättenwertungen (Kapitel 2.1.2) und der radialen Verteilung der ausfliegenden Weibchen (Kapitel 3.1.1) als zeitliche Bezugsgröße ein Monat verwendet wurde, ist die im Folgenden als Dichtepotential bezeichnete punktuelle Belastung als Weibchen der Asiatischen Tigermücke pro Monat und Quadratmeter (Weibchen/Monat/m$^2$) definiert. Durch Transformation des berechneten Dichtepotentials zu Polygonen (Abbildung 34) wird eine Visualisierung der räumlichen Verteilung des Dichtepotentials bzw. der räumlichen Verteilung der Weibchen im Umfeld der zur Berechnung herangezogenen Brutstätten möglich (Abbildung 35).

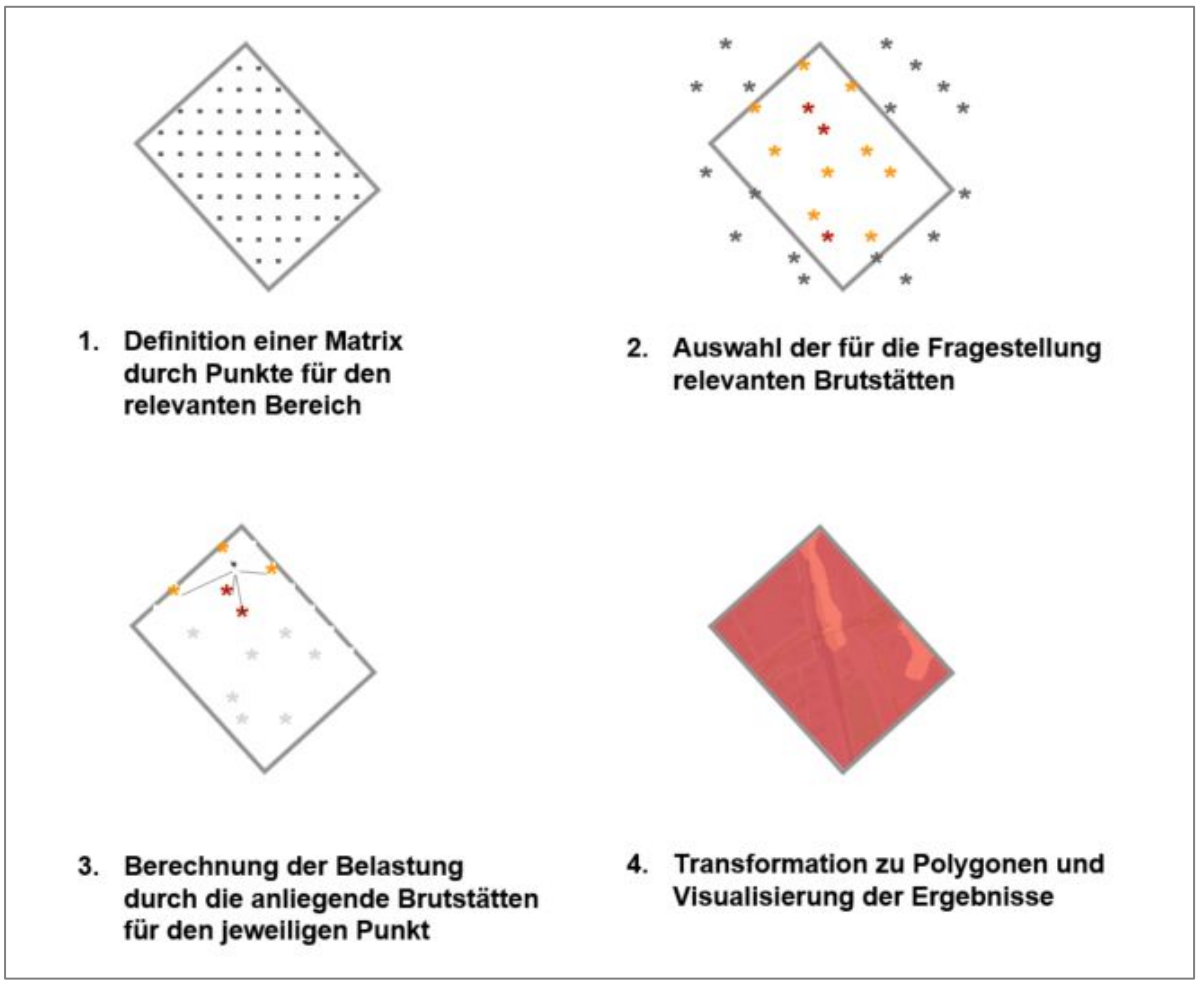


Abbildung 34: Berechnungsschritte auf dem Weg zur Visualisierung der als Dichtepotential bezeichneten Belastung mit Weibchen der Asiatischen Tigermücke pro Monat und Quadratmeter.

Für die berechneten Dichtepotentiale der Weibchen der Asiatischen Tigermücke wurde von gleichbleibenden optimalen Bedingungen und einer homogenen Verteilung im Umfeld ausgegangen, so dass sich Unterschiede der Dichtepotentiale lediglich aufgrund des unterschiedlichen Brutstättenangebotes ergeben. Diese berechneten Dichtepotentiale der Asiatischen Tigermücken-Weibchen sind daher lediglich als Annäherungswerte zu betrachten und erheben nicht den Anspruch einer exakten Berechnung der realen Freilandsituation. Dies ist schon alleine aufgrund zahlreicher bei der Berechnung fehlender wichtiger populationsökologisch relevanter Faktoren, wie z. B. Sterberaten der Adulten, unterschiedliche Habitatstrukturen und klimatische Bedingungen, nicht möglich.

Anhand der einheitlich berechneten Annäherungswerte ist es jedoch möglich, für verschiedene Bereiche das Vermehrungspotential und die daraus resultierenden Dichtepotentiale von Tigermücken-Weibchen zu berechnen und miteinander zu vergleichen. Zur einfacheren Handhabung wurde eine Werteskala mit insgesamt sieben Kategorien erstellt, welche jeweils eine unterschiedliche Bandbreite an Dichtepotentialen von Tigermücken-Weibchen aufweisen (Tabelle 7). Anhand dieser Werteskala kann die zu erwartende Populationsdichte und letztendlich die zu erwartende Stichbelästigung eingeschätzt werden.

Die Einteilung der verschiedenen Kategorien erfolgte durch das Heranziehen von Monitoring-Daten vorausgegangener Bekämpfungs- und Monitoringprojekte der GFS im Raum Freiburg und Heidelberg von 2015 bis 2019 (Schön 2016, Ferstl and Jöst 2018, Pluskota 2018, Pluskota, Augsten et al. 2018, Pluskota

2019) und dem Datensatz eines externen Projektes (Evans, Hintz et al. 2019). Zur Einteilung der unterschiedlichen Stichbelästigung zu den jeweiligen Dichtekategorien wurden die Daten der Anflugkontrollen (Human-Bait-Monitoring) vonstechwilligen weiblichen Asiatischen Tigermücken und die Rückmeldungen der Anwohner aus den Untersuchungs- und Bekämpfungsgebiete verwendet.

In der Dichtekategorie 1 werden Weibchen der Asiatischen Tigermücke von den Anwohnern nicht wahrgenommen und sind nur mit Hilfe von langfristigen Fallenfängen festzustellen. Innerhalb der Dichtekategorie 2 werden das erste Mal vereinzelte Tiere der Art von wenigen Anwohnern gemeldet, während in Dichtekategorie 3 schon regelmäßig vereinzelte oder gelegentlich mehrere Tiere gefangen und gemeldet werden. Ab der Dichtekategorie 4 empfinden die ersten Anwohner das regelmäßige Auftreten der Asiatischen Tigermücke als auffällig und stellenweise unangenehm. Ab der Dichtekategorie 5 wird die Art von nahezu allen Anwohnern als lästig empfunden. In Dichtekategorie 6 wird die Stichbelästigung als sehr lästig und unangenehm empfunden, so dass es zu verringerten Aktivitäten der Anwohner im eigenen Garten kommt. Durch die äußerst hohe Stichbelästigung in Dichtekategorie 7 werden hingegen nicht notwendige Aufenthalte und Aktivitäten im Garten von den Anwohnern vermieden.

TABELLE 7: VERBAL-RATING-SKALA DER ZU ERWARTENDEN STICHBELÄSTIGUNG DURCH WEIBCHEN DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKE UND DICHTEKATEGORIEN ENTSPRECHEND DES BERECHNETEN DICHTEPOTENTIALS

| **Dichtepotential (Weibchen/Monat/m²)** | **Erwartete Stichbelästigung** | **Dichtekategorie** |
|---|---|---|
| > 42 | äußerst hoch | 7 |
| 22 - 42 | sehr hoch | 6 |
| 10 - 22 | hoch | 5 |
| 4 - 10 | mittel | 4 |
| 0,8 - 4 | gering | 3 |
| 0,05 - 0,8 | sehr gering | 2 |
| < 0,05 | äußerst gering | 1 |

In Gebieten, in denen die GFS bei vorausgegangenen Bekämpfungs- und Monitoringprojekte Daten erhoben hatte, lag bereits eine komplette Kartierung des Brutstättenangebotes vor. Dadurch konnten für diese Gebiete ebenfalls die Annäherungswerte der Dichtepotentiale auf der Basis des vorhandenen Brutstättenangebotes nach zuvor beschriebener Methode berechnet werden. Dadurch war es möglich die zuvor erstellten Kategorien der Dichtepotentiale und die zu erwartende Stichbelästigung mit den realen Bedingungen bzw. Fangdaten abzugleichen und einen Korrekturfaktor in die Berechnung des Annäherungswertes einzufügen.

Wie zuvor ausgeführt wurde, wird bei der Berechnung des Auskommens von Weibchen aus den jeweiligen Brutstättenwertungen und der radialen Verteilung der ausfliegenden Weibchen als zeitliche Bezugsgröße ein Monat verwendet. Die im Folgenden als Dichtepotential bezeichnete punktuelle Belastung ist als Weibchen der Asiatischen Tigermücke pro Monat und Quadratmeter (Weibchen/Monat/m²)

definiert. Durch Transformation des berechneten Dichtepotentials zu Polygonen ist eine Visualisierung der räumlichen Verteilung des Dichtepotentials bzw. der räumlichen Verteilung der Weibchen im Umfeld der zur Berechnung herangezogenen Brutstätten möglich.

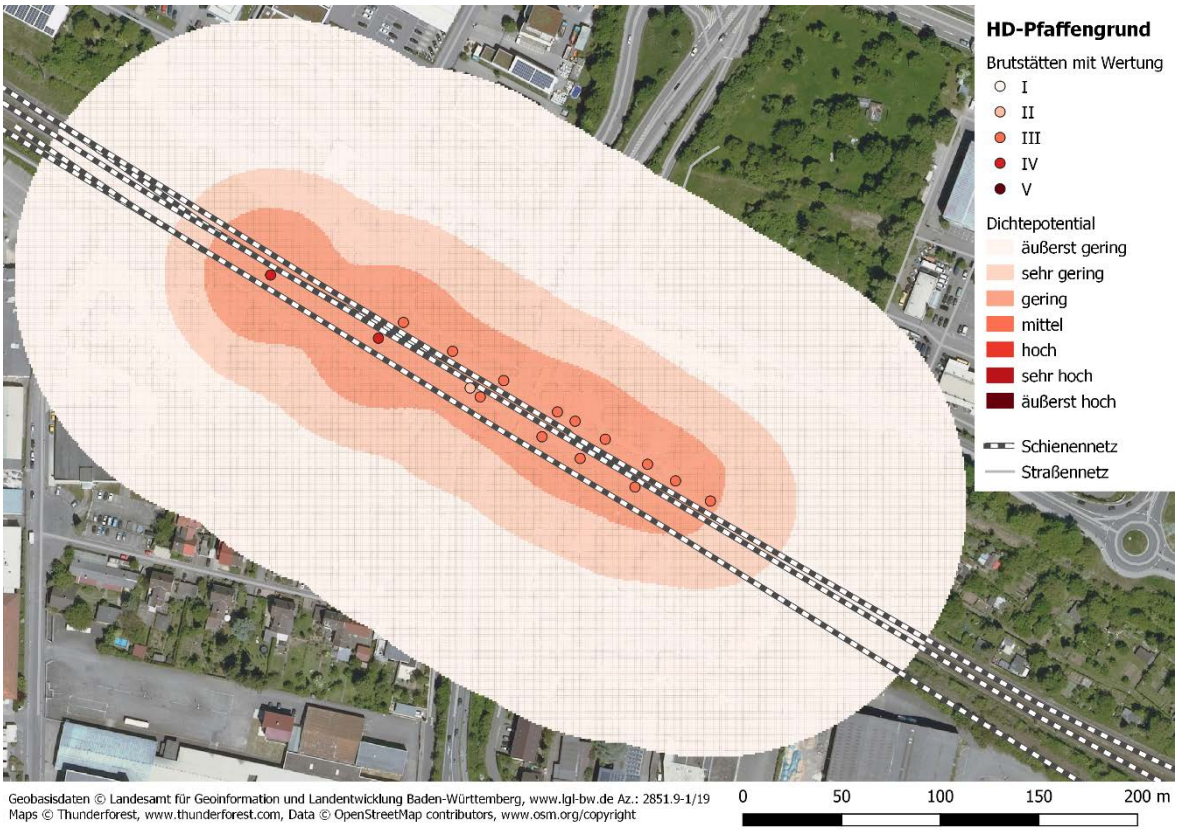


Abbildung 35: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom dem im Bereich des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen Brutstättenangebot.

## 3.1.2 Ergebnisse, Datenlage und Beurteilung

### 3.1.2.1 Allgemeiner Vergleich des Brutstättenangebotes innerhalb von Bahnanlagen und von *Aedes albopictus* besiedelten externen Bereichen

Neben dem Einschleppungspotential (siehe Kapitel 3.2), also der Frequenz und der Anzahl der eingeschleppten Individuen, hat ebenfalls das Brutstättenangebot im Umfeld der potentiellen Einschleppungsorte einen bedeutenden Einfluss auf den erfolgreichen Aufbau kleiner Gründerpopulationen und somit auf eine mögliche erfolgreiche Etablierung der Asiatischen Tigermücke. Nach einer erfolgten Etablierung ist im Weiteren das Brutstättenangebot einer der maßgeblichen Faktoren. So kann ein optimales Brutstättenangebot einen starken Populationszuwachs fördern und letztendlich zu hohen Populationsdichten und zu einer hohen Anzahl stechender Asiatischer Tigermückenweibchen führen.

Durch ihre enorme Fähigkeit, selbst kleinste Wasseransammlungen als Brutstätte zu nutzen, stehen der Asiatischen Tigermücke als "Kulturfolger" im Bereich von menschlichen Siedlungen immer einige men-

schengemachte künstliche Brutstätten zur Verfügung (Sardelis, Turell et al. 2002). Nur in komplett müllfreien und baumlosen Brach- und Agrarflächen wird die Asiatische Tigermücke keinerlei Brutstätten vorfinden.

In einer für Behörden in Baden-Württemberg angefertigten Computeranwendung zur Einschätzung des Einschleppungs- und Etablierungspotentials im kommunalen Bereich wird von einem grundsätzlich vorhandenen, latenten Brutstättenangebot ausgegangen, welches jedoch nicht als optimal für eine sichere Neubesiedelung bzw. den raschen Aufbau und Ausdehnung einer Gründerpopulation der Asiatischen Tigermücke angesehen werden kann (Pluskota, Fischer et al. 2018). Dies können z. B. Siedlungsbiete mit Mehrfamilienhäusern ohne größere Gartenanteile, Industriebereiche oder öffentliche Grünanlagen sein. Innerhalb der Computeranwendung werden zur Einschätzung des Brutstättenangebotes die typischen innerhalb von Kommunen zu findenden Massenbrutstätten mit einer überdurchschnittlich hohen Brutstättendichte abgefragt. Typische kommunale Massenbrutstätten wie z. B. Friedhöfe, Siedlungsbereiche mit hohem Nutzgartenanteil und Kleingartenanlagen haben maßgeblichen Einfluss auf das Etablierungspotential und auch auf die nach einer erfolgreichen Etablierung zu erwartende Individuendichte von *Aedes albopictus* in der betroffenen Kommune.

Im Unterschied zu kommunalen Siedlungsbereichen, in denen die Asiatische Tigermücke deutlich häufiger und in größerer Dichte anzutreffen ist (Sardelis, Turell et al. 2002), zeigt sich im Bereich der untersuchten Bahnanlagen ein deutlich geringeres Brutstättenangebot. So fällt die an Bahnanlagen ermittelte, durchschnittliche Brutstättendichte von 5,6 [± 5,2] potentiellen Brutstätten je Hektar Untersuchungsfläche im Vergleich mit den von *Aedes albopictus* in Heidelberg befallenen Siedlungs- und Kleingartenbereichen (Pluskota 2018) äußerst gering aus. Hier lag die Anzahl an potentiellen Brutstätten pro Hektar im menschlichen Siedlungsbereich mit 55,7 rund zehnmal höher und in einer größeren Kleingartenanlage mit 107,2 rund 20-mal höher als die an den Bahnanlagen ermittelte durchschnittliche Brutstättendichte (Abbildung 36).

Die Spannbreite der ermittelten Brutstättendichten an den untersuchten Bahnanlagen reicht von 0 bis maximal 16,4 Brutstätten/ha. Davon wiesen, 8 der untersuchten 35 Bahnanlagen eine Dichte von mehr als 10 Brutstätten/ha auf. Somit weist selbst die Bahnanlage mit höchster Brutstättendichte eine rund 60 % geringe Anzahl an Brutstätten je Fläche auf als ein von *Aedes albopictus* befallenes Wohngebiet in Heidelberg mit mehreren Mehrfamilienblocks ohne Gartenanteil. Hier lag die durchschnittliche Dichte bei 26 Brutstätten/ha, was lediglich zu einer sehr geringen Populationsdichte und einem sporadischen Auftreten der Asiatischen Tigermücke reichte (Pluskota 2019).

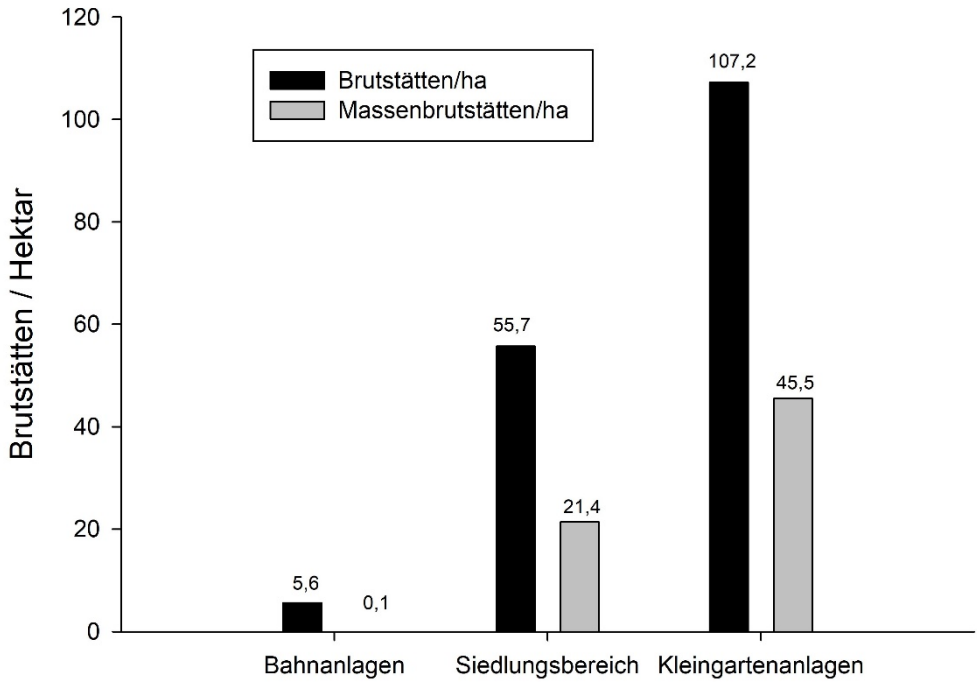


Abbildung 36: Gesamtbrutstättendichte und Massenbrutstättendichte für verschiedene Bereiche.

Auch im Vergleich mit Friedhöfen, welche für in kleinen Aushöhlungen brütende Stechmückenarten optimale Massenbrutstätten darstellen (Vezzani 2007), weisen die untersuchten Bahnanlagen eine deutlich geringere Brutstättendichte auf. Bei einer Untersuchung von verschiedenen Friedhöfen im Rhein-Neckar-Kreis (Kühnlenz 2017) lag bereits bei alleiniger Berücksichtigung der wassergefüllten Grabvasen die durchschnittliche Brutstättendichte bei 31,3 potentielle Brutstätten je Hektar. Die tatsächliche Brutstättendichte im Bereich von Friedhöfen ist jedoch als höher anzusehen, da bei erwähnter Untersuchung weitere wassergefüllte Utensilien wie z. B. Gießkannen, leere Blumentöpfe und Topfuntersetzer nicht berücksichtigt wurden. Ebenso unberücksichtigt blieben die oft an Friedhöfen zu findenden Stein-Wasserbecken (Becker, Pluskota et al. 2014). Diese spielen, ähnlich wie die in Gärten zur Niederschlagswasserspeicherung aufgestellten Regentonnen (Brown, Mottram et al. 1992) aufgrund ihrer Größe und regelmäßigen künstlichen Befüllung eine übergeordnete Rolle bei der Populationsentwicklung von in kleinen Aushöhlungen brütenden Stechmückenarten im Siedlungsbereich (Pluskota, Augsten et al. 2018). Solche als Massenbrutstätten anzusehenden Wasseransammlungen ermöglichen das gleichzeitige Aufwachsen von Larven aus mehreren vollständigen Eigelegen der Asiatische Tigermücke.

Bei einer durchschnittlichen Gelegegröße von 62,5 Eier (Gubler 1970) können Brutstätten, welche nach der in Kapitel 2.1.2 vorgenommenen Brutstättenwertung die Wertung IV oder V erreichen, als Massenbrutstätten betrachtet werden. Vergleicht man die durchschnittliche Dichte der Massenbrutstätten der untersuchten Bahnanlagen mit den von *Aedes albopictus* in Heidelberg befallenen Siedlungs- und Kleingartenbereichen (Pluskota 2018), verdeutlichen sich die zuvor aufgezeigten Unterschiede. Während in den befallenen Siedlungsbereichen 21,4 Massenbrutstätten und in zwei Kleingartenanlagen durchschnittlich 45,5 Massenbrutstätten pro Hektar zu finden waren, betrug die Dichte der Massenbrutstätten im Bereich der untersuchten Bahnanlagen lediglich 0,1 [± 0,4] Massenbrutstätten pro Hektar (Abbildung 36). Bemerkenswert ist, dass keine der insgesamt 505 gefundenen Brutstätten im Bereich von

Bahnanlagen die höchste Brutstättenwertung V erreichte. Bei einer Untersuchung im gesamten Befallsgebiet einer Teilpopulation von *Aedes albopictus* in Heidelberg machten Regentonnen, welche als Massenbrutstätte der Wertung V anzusehen sind, rund 33 % der Brutstätten aus (Pluskota, Augsten et al. 2018).

### 3.1.2.2 Unterschiede der räumlichen Verteilung von Brutstätten innerhalb von Bahnanlagen

Um effektiv und zugleich möglichst ökonomisch eine Etablierung oder Massenentwicklung von *Aedes albopictus* an Bahnanlagen zu verhindern, ist es unabdingbar die entsprechenden prophylaktischen Maßnahmen an eventuelle Unterschiede der räumlichen Verteilung des Brutstättenangebotes bzw. des Vermehrungspotentials im Bereich von Bahnanlagen anzupassen. So war zwar im Allgemeinen, wie in Kapitel 3.1.2.1 dargestellt, die durchschnittliche Brutstättendichte im Bereich der untersuchten Bahnanlagen sehr gering. Jedoch kann es durch vermehrtes Vorkommen bestimmter Brutstättentypen in entsprechenden Bereichen zu einer lokalen Erhöhung der Brutstättendichte kommen.

Vor diesem Hintergrund wurde schon während der Begehungen der Bahnanlagen die Verteilung der Brutstätten auf räumliche Zusammenhänge überprüft. Hierbei ließen sich schon nach den ersten Begehungen größere Unterschiede des Brutstättenangebotes zwischen den „Gleisbereichen“ und den übrigen „Nicht-Gleisbereichen“ feststellen. Als Gleisbereich wurde dabei das Gleisbett und die dazwischenliegenden, oder direkt angrenzenden meist unbefestigten Flächen angesehen. Als Nicht-Gleisbereiche wurden wiederum die befestigten Fuß- und Straßenbereiche wie z. B. Bahnsteige, Warteplätze, Fahr- und Fußwege innerhalb der Bahnanlagen betrachtet.

Die quantitativen Unterschiede des Brutstättenangebotes zwischen den Gleis- und den Nicht-Gleisbereichen sind hauptsächlich auf die in den Oberflächenwasserabläufen (Kapitel 2.2.2.2) oft vorhandenen wasserzurückhaltenden Sinkkästen zurückzuführen. Solche auch als Gullys bezeichneten Oberflächenwasserabläufe finden sich vermehrt im Bereich der befestigten Fahr- und Fußwege der Nicht-Gleisbereiche. Aufgrund der fehlenden Oberflächenversiegelung ist diese Form der Brutstätten im Gleisbereich sehr selten anzutreffen.

Dennoch kam es auch im Gleisbereich lokal zu einer geringfügigen nutzungsbedingten Ansammlung von Senkkästen. Solche Ansammlungen von kleineren Oberflächenwasserabläufen waren jedoch nur sehr selten im Bereich von z. B. Waschanlagen und Notfall-Ölauffangwannen anzutreffen und führten aufgrund der maximal mittleren Wertung der einzelnen Brutstätten zu keinem bedeutenden Anstieg des Vermehrungspotentials bzw. des berechneten Dichtepotentials.

So befanden sich von den insgesamt 505 bei der Untersuchung erfassten Brutstätten 426 bzw. 84,4 % in den als Nicht-Gleisbereich und nur 79 bzw. 15,6 % in den als Gleisbereich definierten Flächen (Tabelle 8). Bezogen auf die insgesamt untersuchte Fläche, wird der Unterschied des Brutstättenangebotes zwischen Gleisbereichen und Nicht-Gleisbereichen noch deutlicher. So lag die Brutstättendichte innerhalb des 109 Hektar großen Gleisbereiches lediglich bei nur 0,9 [± 2,2] Brutstätten/ha. Im insgesamt 33,4 Hektar umfassenden Nicht-Gleisbereich lag die durchschnittliche Brutstättendichte mit 19,2 [± 17,7] Brutstätten/ha deutlich höher.

TABELLE 8: ANTEIL DER BRUTSTÄTTEN UND DURCHSCHNITTLICHE BRUTSTÄTTENDICHTE MIT STANDARDABWEICHUNG (SD) FÜR GLEIS- UND NICHT-GLEISBEREICHE AN BAHNANLAGEN.

| Untersuchungsbereich | Brutstätten-Anteil (%) | Brutstättendichte (Brutstätten/ha) |
|---|---|---|
| Gleisbereich | 15,6 | 0,9 [± 2,2] |
| Nicht-Gleisbereich | 84,4 | 19,2 [± 17,7] |

Die Spannbreite der ermittelten Brutstättendichten im Nicht-Gleisbereich reicht von 0 bis maximal 53,3 Brutstätten/ha. So scheinen bezogen auf alle Brutstättenwertungen zumindest die Maximalwerte der Brutstättendichten der Nicht-Gleisbereiche vergleichbar mit der Brutstättendichte in den von *Aedes albopictus* befallenen menschlichen Siedlungsgebieten (Abbildung 34) zu liegen. Jedoch fallen diese für die Nicht-Gleisbereiche rein rechnerisch ermittelten erhöhten Brutstättendichten bei der Betrachtung der Situation Vorort deutlich geringer aus, da für die Berechnung des Flächenwertes der Nicht-Gleisbereiche die dazwischenliegenden Gleisbereiche abgezogen wurden.

Bei der Beurteilung des Vermehrungspotentials bzw. bei Betrachtung der sich verteilenden frisch geschlüpften Weibchen sind jedoch auch die zwischen den Bahnsteigen liegenden Gleisbereiche als relevante Gesamtfläche anzusehen. Dies führt je nach Aufbau der Bahnanlage bis zu einer Halbierung der ermittelten Brutstättendichte im Nicht-Gleisbereich. Trotzdem wären auch dann die Brutstättendichten zumindest an den Bahnanlagen mit der höchsten Brutstättendichte im Nicht-Gleisbereich vergleichbar mit der Brutstättendichte in einem von *Aedes albopictus* in Heidelberg befallenen Wohngebiet mit mehreren Mehrfamilienblocks ohne Gartenanteil. Hier lag die durchschnittliche Brutstättendichte bei 26 Brutstätten/ha, welche jedoch lediglich zu einer sehr geringen Populationsdichte und einem sporadischen Auftreten der Asiatischen Tigermücke führte (Pluskota 2019).

### 3.1.2.3 Vergleich des Brutstättenangebotes der verschiedenen Nutzungstypen

Im Rahmen der Untersuchung wurden verschiedene Nutzungstypen von Bahnanlagen für das Brutstättenmonitoring ausgewählt. Dadurch sollten die verschiedenen Funktionen und bautechnische Gestaltungen der jeweiligen Nutzungstypen berücksichtigt und gegebenenfalls deren unterschiedlich starke Einflüsse auf das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke aufgezeigt werden. Hierdurch kann die Art und vor allem die Intensität der in den Handlungsempfehlungen beschriebenen prophylaktischen Maßnahmen an die unterschiedlichen Brutstättensituationen der jeweiligen Bahnanlagentypen angepasst werden, was letztendlich eine ökonomische Umsetzung der Maßnahmen gewährleistet.

Bei der Untersuchung des Brutstättenangebotes im Bereich der verschiedenen Bahnanlagentypen konnten deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Nutzungstypen festgestellt werden. So lag die höchste Brutstättendichte mit 7,1 Brutstätten/ha im Bereich der Personenbahnhöfe. Deutlich geringer ist mit 0,3 Brutstätten/ha die Brutstättendichte im Bereich der „Betriebsbahnanlagen“ (Tabelle 9). Die Nutzungstypen Umschlagbahnhöfe und Güterbahnhöfe wiesen mit durchschnittlich 3,7 bzw. 1,9 Brutstätten/ha im Vergleich mit dem Typ Betriebsbahnanlagen eine deutlich höhere Brutstättendichte auf.

Diese Unterschiede sind auf die in Kapitel 3.1.2.2 beschriebenen Unterschiede des Brutstättenangebotes zwischen der Gleis- und Nicht-Gleisbereiche zurückzuführen. Während auf Personenbahnhöfen mit ih-

ren oft in Mehrzahl angelegten versiegelten Bahnsteigen meist eine größere Anzahl an Oberflächenwasserabläufen vorhanden sind, sind im Bereich von Betriebsbahnanlagen hauptsächlich unversiegelte Schotterwege und unbefestigte Randbereiche ohne jegliche Oberflächenwasserabläufe zu finden. Im Bereich der Umschlags- und Güterbahnhöfe wiederum sind befestigte und versiegelte Zufahrtsstraßen zur An- und Abholung der umzuschlagenden Waren vorhanden, welche oft mit Oberflächenwasserabläufen versehen sind.

TABELLE 9: MITTELWERT MIT STANDARDABEICHUNG UND MAXIMALWERT DER BRUTSTÄTTENDICHTE BEI DEN VERSCHIEDENEN NUTZUNGSTYPEN.

| **Nutzungstyp** | **Brutstättendichte (Brutstätten/ha)** | |
|---|---|---|
| | **Mittel** | **Maximal** |
| Personenbahnhöfe (n=22) | 7,1 [± 5,1] | 16,4 |
| Betriebsbahnanlagen (n=4) | 0,3 [± 0,4] | 0,9 |
| Güterbahnhöfe (n=2) | 1,9 [± 2,7] | 3,9 |
| Umschlagbahnhöfe (n=3) | 3,7 [± 5,1] | 9,6 |

Wird neben der Brutstättendichte zusätzlich die Brutstättenqualität und die räumliche Verteilung der Brutstätten berücksichtigt, bleibt die Sonderstellung der Betriebsbahnanlagen erhalten. So wird durch Berechnung des Dichtepotentials der Betriebsbahnanlagen nur in einigen Bereichen der untersuchten Bahnanlagen eine maximale Dichtekategorie von 2 erreicht (Tabelle 10). Dies entspricht dem durchschnittlichen Dichtepotential im gesamten Bereich der anderen drei Bahnanlagentypen, welche wiederum eine maximale Dichtekategorie von 3 aufwiesen.

TABELLE 10: DURCHSCHNITTLICHE MAXIMAL- UND MITTELWERTE DER BERECHNETEN DICHTEPOTENTIALE (WEIBCHEN/MONAT/M$^2$) UND ENTSPRECHENDEN DICHTEKATEGORIEN BEI VERSCHIEDENEN NUTZUNGSTYPEN.

| **Nutzungstyp** | **Dichtepotential (Dichtekategorie)** | |
|---|---|---|
| | **Mittel** | **Maximal** |
| Personenbahnhöfe (n=22) | 0,6 (2) | 2,1 (3) |
| Betriebsbahnanlagen (n=4) | 0,03 (1) | 0,2 (2) |
| Güterbahnhöfe (n=2) | 0,2 (2) | 0,9 (3) |
| Umschlagbahnhöfe (n=3) | 0,6 (2) | 2,4 (3) |

Auch bei den zumindest in lokalen Teilbereichen der Bahnanlagen erreichten absoluten maximalen Dichtepotentiale zeigt sich ein Unterschied zwischen Personen-, Güter- und Umschlagbahnhöfen gegenüber den Betriebsbahnanlagen. So werden an Betriebsbahnanlagen lediglich maximale Dichtepotentiale der Dichtekategorie 2 erreicht. Im Bereich der Bahnanlagen der anderen Nutzungstypen liegen bei einzelnen Bahnanlagen die maximal in lokalen Teilbereichen erreichten Dichtekategorien höher, mit Dichtekategorie 3 bei dem Nutzungstyp Güterbahnhöfe und sogar Dichtekategorie 4 bei dem Nutzungstyp Personen- und Umschlagbahnhöfen.

### 3.1.2.4 Beurteilung der Stichbelästigung bzw. des Gesundheitsrisikos für interne Bereiche ausgehend vom Brutstättenangebot auf Bahnanlagen

Die anhand der Quantität, der Qualität und der räumlichen Verteilung der Brutstätten berechneten Dichtepotentiale wurden mittels der Fang- und Anflugraten, die 2015 bis 2019 in vorausgegangenen Bekämpfungs- und Monitoringprojekte der GFS im Raum Freiburg und Heidelberg ermittelt wurden, geeicht (Kapitel 3.1.1). Alle zur Eichung der Dichtekategorien verwendeten Datensätze wurden von in Deutschland dauerhaft etablierten Populationen der Asiatischen Tigermücke gewonnen. Dadurch ist es möglich, die aufgrund der im Bereich der Bahnanlagen vorhandenen Brutstätten zu erwartende Stichbelästigung unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland einzuschätzen. In Tabelle 11 wird das berechnete durchschnittliche Dichtepotential bzw. die entsprechende durchschnittliche Dichtekategorie aller untersuchten Bahnanlagen einigen tatsächlichen durch Fallenfänge ermittelten Dichtepotentialen aus vorangegangenen Projekten gegenübergestellt.

Im Jahr 2015 konnten durch 14 Fallenfänge im Bereich einer Kleingartenanlage in Freiburg (Schön 2016) ein Dichtepotential von 22,2 Weibchen/Monat/m² ermittelt werden, was einer Dichtekategorie von 6 entspricht. Zum Zeitpunkt der Fallenkontrollen wurde die Population der Asiatischen Tigermücke innerhalb der Kleingartenanlage nicht regulär bekämpft und wies eine sehr hohe Populationsdichte mit lokal extremer Stichbelästigung auf (Schön 2016). Durch ein Stichprobenmonitoring im Umfeld der Kleingartenanlage konnte nachgewiesen werden, dass sich diese Teilpopulation bisher nur geringfügig ins weitere Umfeld ausgebreitet hatte. Daher kann davon ausgegangen werden, dass nach weiteren Jahren ohne Bekämpfungsmaßnahmen die Population sich insgesamt vergrößert und durch die spätere Lage der Kleingartenanlage innerhalb des Populationszentrums die Populationsdichte noch weiter erhöht und die Dichtekategorie 7 erreichen würde.

Die erste im Stadtgebiet Heidelberg nachgewiesene Population der Asiatischen Tigermücke wies im Jahr 2015 zum Zeitpunkt ihrer Entdeckung ebenfalls lokal höhere Individuendichten auf, so dass es zu sehr starker Stichbelästigung von mehreren Anwohnern kam (Stelzner 2016). Vom Jahr 2016 bis zum Jahr 2017 wurde diese Population im Rahmen einer vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (LUBW) geförderten Forschungsarbeit mit verschiedenen biologischen Methoden bekämpft mit dem Ziel, einen für Deutschland geeigneten Maßnahmenkatalog zur integrierten biologischen Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke zu erstellen (Pluskota, Augsten et al. 2018). Im Jahr 2016 während des ersten Jahres der Bekämpfungsversuche wurde anhand von 13 Fallenfängen (Stelzner 2016) nur noch ein Dichtepotential von 2,1 Weibchen/Monat/m² ermittelt werden, was der Dichtekategorie 3 entspricht. Bei dieser Populationsdichte wurde die auch am hellen Tage aggressiv stechende und auffällig gefärbte Asiatische Tigermücke nur vereinzelt von den zuvor stark geplagten und sensibilisierten Anwohnern bemerkt.

Im Jahr 2017 während des zweiten Jahres der Bekämpfungsversuche in Heidelberg nahm die Populationsdichte weiter stark ab, so dass nur noch einzelne Tiere der Asiatischen Tigermücke durch insgesamt 22 Fallenfänge nachgewiesen werden konnten, jedoch von Seiten der Anwohner nicht mehr wahrgenommen wurden. Das anhand der Fallenfänge ermittelte Dichtepotential lag hierbei bei 0,03 Weibchen/Monat/m², was der Dichtekategorie 1 entspricht.

Im Vergleich konnte für alle in diesem Projekt untersuchten Bahnanlagen aufgrund des Brutstättenangebotes ein durchschnittliches Dichtepotential von 0,3 Weibchen/Monat/m² berechnet werden, was der Dichtekategorie 2 entspricht (Tabelle 11). Dies entspricht in etwa der Dichtekategorie innerhalb der testweise bekämpften Siedlungsbereiche in Heidelberg, woraufhin eine durchschnittliche „sehr geringe" Stichrate zu erwarten wäre.

TABELLE 11: BERECHNETES MITTLERES DICHTEPOTENTIAL (*) ANHAND DES BRUTSTÄTTENANGEBOTES ZU DEN DURCH FALLENFÄNGE ERMITTELTEN DICHTEPOTENTIALEN (**) IN VERSCHIEDENEN TEILPOPULATIONEN DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKE.

| **Untersuchungsbereich** | **Dichtepotential (Weibchen/Monat/m²)** | **Dichtekategorie** | **Stichbelästigung** |
|---|---|---|---|
| Durchschnitt aller untersuchten Bahnanlagen | 0,3 * | 2 | sehr gering |
| Kleingartenanlage Freiburg 2015 (unbehandelt) | 22,2 ** | 6 | sehr hoch |
| Siedlungsbereich Heidelberg 2016 (teilbehandelt) | 2,1 ** | 3 | gering |
| Siedlungsbereich Heidelberg 2017 (teilbehandelt) | 0,03 ** | 1 | äußerst gering |

Selbst das höchste berechnete durchschnittliche Dichtepotential aller untersuchten Bahnanlagen entspräche mit einem Wert von 1,2 lediglich der Dichtekategorie 3 und somit einer vergleichbar geringen Stichbelästigung. Auch dieser maximale Durchschnittswert entspräche in etwa dem Dichtepotential innerhalb der testweise bekämpften Siedlungsbereiche in Heidelberg.

Auch wenn aufgrund des durchschnittlichen Dichtepotentials im Bereich der Bahnanlagen im Mittel lediglich eine sehr geringe bis geringe durchschnittliche Stichbelästigung zu erwarten war, wird von insgesamt sechs der untersuchten Bahnanlagen zumindest in einigen Teilbereichen ein maximales Dichtepotential von bis zu 9 Weibchen/m²/Monat erreicht, welches einer Dichtekategorie von 4 entspricht (Abbildung 37). Bei diesen sechs Bahnanlagen wäre daher aufgrund des erfassten Brutstättenangebotes zumindest in räumlich begrenzten lokalen Bereichen eine moderate Stichbelästigung zu erwarten.

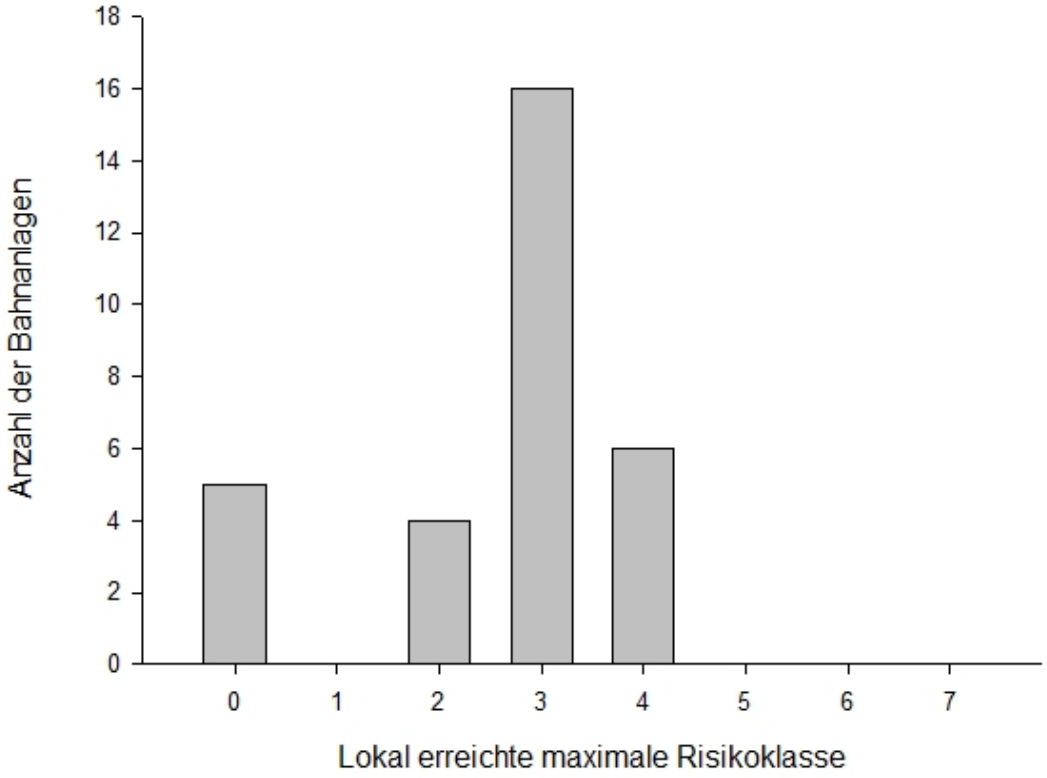


Abbildung 37: Anzahl der untersuchten Bahnanlagen mit erreichten maximalen Dichtekategorien in lokalen Teilbereichen.

### 3.1.2.5 Beurteilung der Stichbelästigung bzw. des Gesundheitsrisikos für externe Bereiche ausgehend vom Brutstättenangebot auf Bahnanlagen

Sollte es nach einer Einschleppung oder Immigration von *Aedes albopictus* zu einer Vermehrung innerhalb der Brutstätten von Bahnanlagen kommen, ist wiederum eine Abwanderung von Weibchen in die umliegenden externen Bereiche zu erwarten.

Durch die räumliche Entfernung der Brutstätten innerhalb der Bahnanlagen zu den umliegenden Bereichen fallen die berechneten Dichtepotentiale und erreichten Dichtekategorien jedoch in den externen Bereichen geringer als innerhalb der Bahnanlagen aus. So ist im Durchschnitt über alle Bahnanlagen davon auszugehen, dass es aufgrund des Brutstättenangebotes zu einem mittlerem Dichtepotential von 0,06 Weibchen/m$^2$/Monat in den betroffenen umliegenden externen Bereichen kommt. Dies entspricht einer durchschnittlichen Dichtekategorie von 1 und einer äußerst geringen Stichbelästigung. In den internen Bereichen lag das durchschnittliche Dichtepotential noch bei 0,3 Weibchen/m$^2$/Monat bzw. der Dichtekategorie 2 (Tabelle 12). Ebenfalls war das in lokalen Bereichen maximale berechnete Dichtepotential in den externen Bereichen geringer als in den internen Bereichen aus. Im Durchschnitt lag die Dichtekategorie, ermittelt über alle externen Bereichen von Bahnanlagen bei dem Wert 2, in internen Bereichen wurde die Dichtekategorie 3 erreicht.

TABELLE 12: DURCHSCHNITTLICHE DICHTEPOTENTIALE UND DICHTEKATEGORIEN FÜR INTERNE UND EXTERNE BEREICHE AUF GRUNDLAGE DES GEFUNDENEN BRUTSTÄTTENANGEBOTS.

| **Bereich** | **Dichtepotential (Weibchen/Monat/m²)** | **Dichtekategorie** |
|---|---|---|
| Interne Bereiche der Bahnanlagen | 0,3 | 2 |
| Angrenzende externe Bereiche | 0,06 | 1 |

Bei der Einzelbetrachtung der Unterschiede des berechneten Dichtepotentials zwischen internen und externen Bereichen fiel auf, dass abhängig von der Größe der Bahnanlagen und der Lage der Brutstätten innerhalb der Bahnanlagen sehr große Abweichungen zwischen den einzelnen Bahnanlagen zu verzeichnen waren. So wurde für die Beurteilung des Brutstättenangebotes auf Bahnanlagen eine maximale Entfernung von 130 Meter um die jeweiligen Brutstätten als relevant für die Berechnung des Dichtepotentials angesehen (Kapitel 3.1.1). Vor allem bei kleinen Bahnhöfen oder einer randnahen Lage mehrerer Brutstätten oder Brutstätten mit hoher Wertung waren die Unterschiede zwischen internen und externen Bereichen meist nur gering. Bei drei Bahnanlagen wurden überdies sowohl durchschnittlich in der Fläche als auch maximal in lokalen Bereichen die gleiche Dichtekategorie erreicht.

Dennoch ist, ausgehend von den potentiellen Brutstätten innerhalb der Bahnanlagen, in den umliegenden externen Bereichen im Flächendurchschnitt eine äußerst geringe und selbst bei Maximalwerten in begrenzten lokalen Bereichen im Mittel nur eine sehr geringe Stichbelästigung bzw. Stichrate zu erwarten. Dies entspricht einer Populationsdichte bzw. einem Belästigungspotential innerhalb der testweise bekämpften Siedlungsbereiche in Heidelberg, bei welchen die auch am hellen Tage aggressiv stechende und auffällig gefärbte Asiatische Tigermücke in Jahr 2017 nur vereinzelt und im Jahr 2018 gar nicht von den zuvor stark geplagten und sensibilisierten Anwohnern bemerkt wurde.

Wie bei den berechneten Dichtepotentialen der internen Bereiche (Kapitel 3.1.2.4) kommt es durch das Brutstättenangebot einzelner Bahnanlagen auch in externen lokalen Teilbereichen zu deutlich abweichenden Maximalwerten des berechneten Dichtepotentials. Die Anzahl dieser Bahnanlagen nimmt im Vergleich zu der Betrachtung der internen Bereiche zwar ab, jedoch wird von insgesamt vier der untersuchten Bahnanlagen zumindest in einigen externen Teilbereichen ein maximales Dichtepotential von bis zu neun Weibchen/m²/Monat erreicht, welches einer Dichtekategorie von 4 entspricht. Daher ist aufgrund des erfassten Brutstättenangebotes auf diesen vier Bahnanlagen zumindest in externen, räumlich begrenzten lokalen Bereichen eine moderate Stichbelästigung zu erwarten.

Aber auch diese lokalen Spitzenwerte bei wenigen Bahnanlagen fallen im Vergleich zu der zu erwartenden Populationsdichte bzw. Stichbelästigung in umliegenden relevanten Bereichen sehr niedrig aus. So sind Konflikte in angrenzenden externen Bereichen hauptsächlich bei erhöhter menschlicher Aktivität, wie in Siedlungs-, Kleingarten- und Gewerbebereichen zu erwarten. Jedoch ist die Asiatische Tigermücke durch die gerade in diesen kommunalen Bereichen oft vorhandene größere Anzahl künstlichen Brutstätten deutlich häufiger und in größerer Dichte anzutreffen (Sardelis, Turell et al. 2002). Die zu erwartenden zusätzlich von angrenzenden Bahnanlagen einfliegenden Weibchen der Asiatischen Tigermücke wären in diesen kommunalen Bereichen zu vernachlässigen.

Als Beispiel bietet sich der innerhalb dieses Projektes untersuchte Bahnhof Pfaffengrund/Wieblingen in Heidelberg an. Diese recht kleine Bahnanlage wies von allen untersuchten Bahnanlagen die dritthöchste

Brutstättendichte und jeweils das zweithöchste berechnete durchschnittliche und maximale Dichtepotential auf. Ausgehend von den 17 Brutstätten im 1,2 Hektar großen Untersuchungsbereich der Bahnanlage (Abbildung 32, Kapitel 3.1.1) wird in den betroffenen umliegenden externen Bereichen durchschnittlich die Dichtekategorie 2 und lokal begrenzt, direkt an die Bahnanlage angrenzend, maximal die Dichtekategorie 3 erreicht.

Im Umfeld des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen wurden im Rahmen der Bekämpfungsmaßnahmen der Asiatischen Tigermücke regelmäßig alle vorhandenen wassergefüllten und potentiell wassergefüllten Brutstätten erfasst und mit dem biologischen Wirkstoff *B.t.i.* behandelt (Pluskota 2018, Pluskota 2019). Wertet man den Durchschnitt dieser erfassten Brutstätten nach der in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Methode, kann für große zusammenhängende Bereiche in den an die Bahnanlage angrenzenden Siedlungs- und Kleingartengebieten ein theoretisches Dichtepotential von über 42 Weibchen/m²/Monat berechnet werden, welches der höchsten Dichtekategorie von 7 entspricht (Abbildung 38).

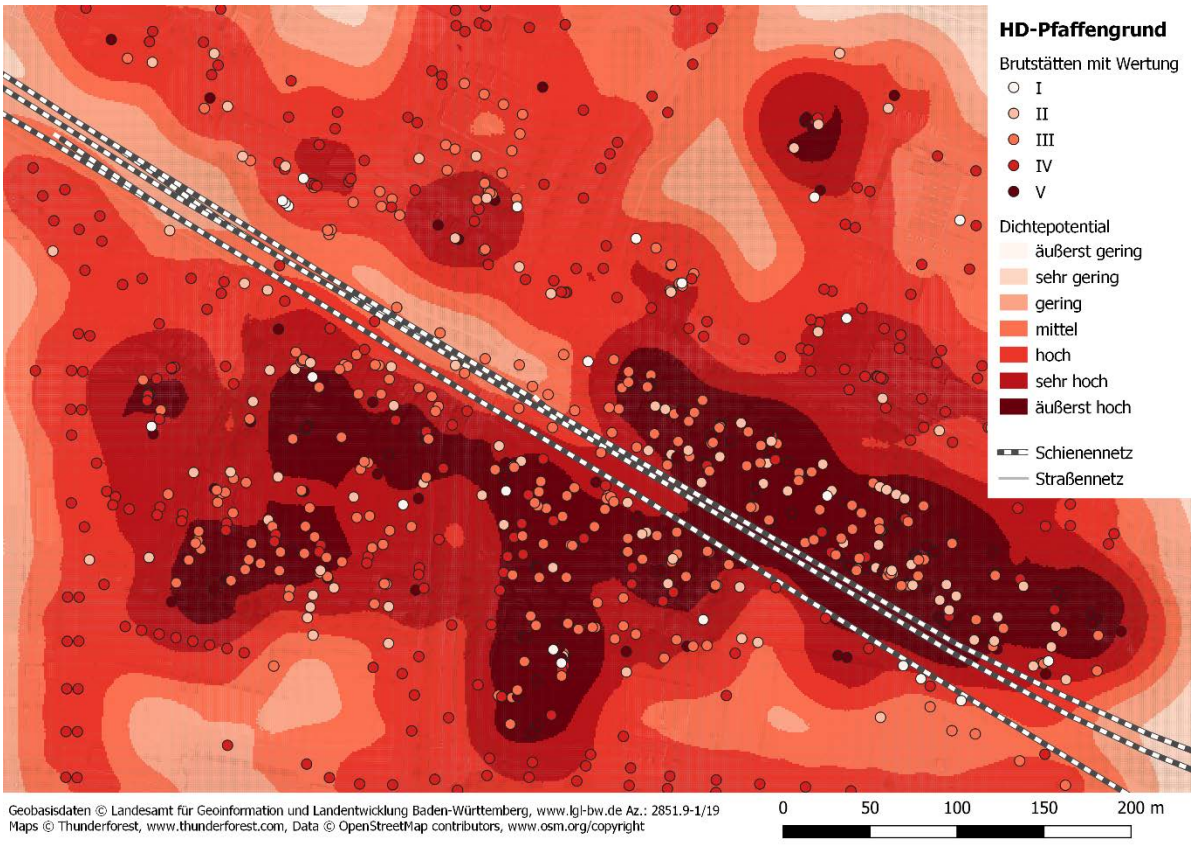


Abbildung 38: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom externen Brutstättenangebot im kommunalen Umfeld des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen.

Insgesamt liegen die berechneten Dichtekategorien in den an die Bahnanlage angrenzenden Siedlungs- und Kleingartengebieten nur im Bereich größerer Freiflächen wie Parkplätze, Brachflächen und Wiesen unterhalb der Dichtekategorie 5. Aufgrund des hohen Angebotes an externen Brutstätten in den umliegenden Bereichen des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen (Abb. 38), liegt die Stichbelästigung in der Bahnanlage drei bis vier Dichtekategorien höher als vom internen Brutstättenangebot ausgehend zu erwarten wäre (Abb.39).

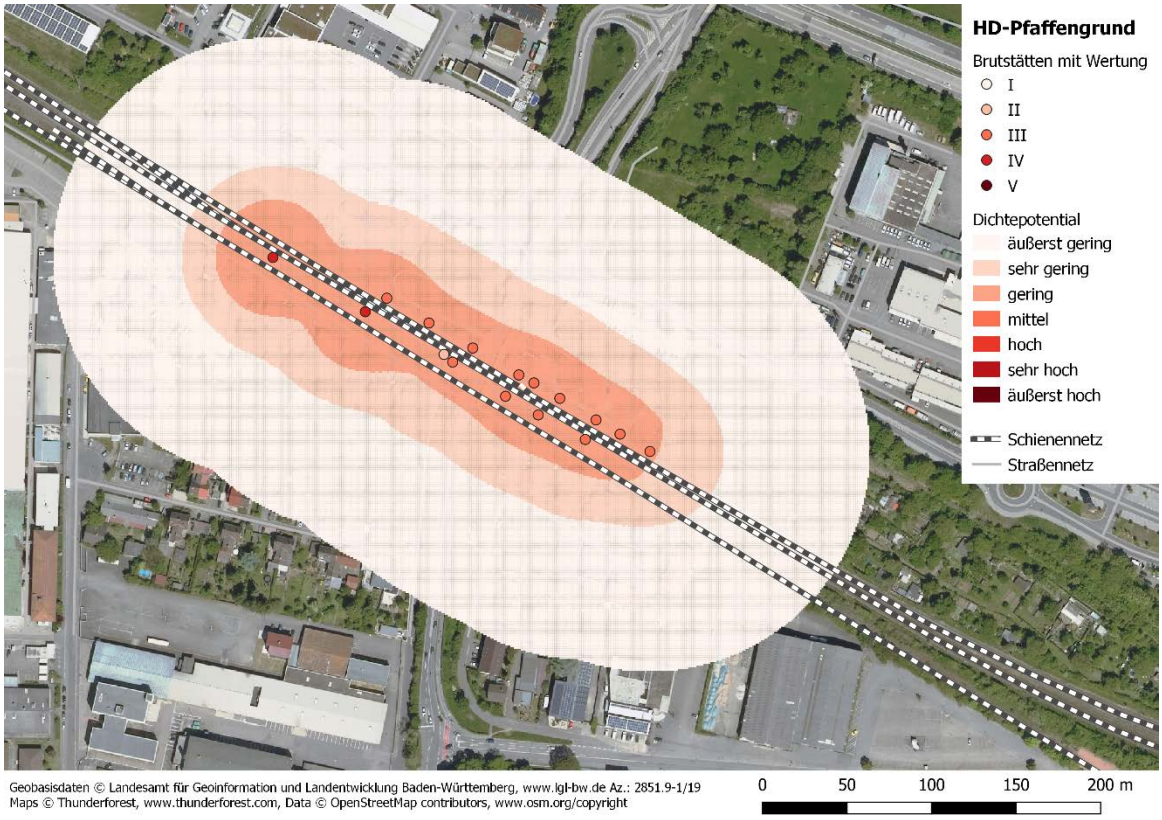


Abbildung 39: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom innerhalb des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen Brutstättenangebot.

### 3.1.2.6 Beurteilung des Etablierungsrisikos nach theoretischer Einschleppung im Bereich der verschiedenen Bahnanlagentypen

Neben der Frequenz und der Anzahl der eingeschleppten Individuen, dem Einschleppungspotential, hat ebenfalls das Brutstättenangebot im Nahbereich der potentiellen Einschleppungsorte einen bedeutenden Einfluss auf eine mögliche erfolgreiche Etablierung der Asiatischen Tigermücke. Nach einer erfolgten Einschleppung der Art in bisher unbesiedelte Gebiete ist für einen raschen und erfolgreichen Aufbau einer komplett neuen Gründerpopulation ein ausreichendes Brutstättenangebot notwendig. Dies trifft insbesondere für die Bereiche der nördlichsten Ausbreitungsgrenze zu, in denen die Art wie in Deutschland klimatisch grenzwertige Bedingungen vorfindet (Mitchell 1995, Pluskota 2011). Bei einem mehrjährigen Monitoring in New Jersey (USA) im Bereich der nördlichen Ausbreitungsgrenze beschränkte sich die Asiatische Tigermücke auf Gebiete mit höherer menschlicher Besiedelungsdichte (Farajollahi and Nelder 2009).

In der für Behörden in Baden-Württemberg entwickelte Softwareanwendung zur Einschätzung des Einschleppungs- und Etablierungspotentials im kommunalen Bereich werden zur Einschätzung des Brutstättenangebotes die typischen innerhalb von Kommunen zu findenden flächigen Massenbrutstätten, wie z. B. Friedhöfe, Siedlungsbereiche mit hohem Nutzgartenanteil und Kleingartenanlagen abgefragt (Pluskota, Fischer et al. 2018). Die Anzahl und der räumliche Bezug dieser flächigen Massenbrutstätten zueinander und zu den potentiellen Einschleppungsorten haben in der Computeranwendung einen maßgeblichen Einfluss auf die Einschätzung des Etablierungspotentials in den betroffenen Kommunen. So bieten eine größere oder mehrere kleine dieser flächigen Massenbrutstätten im direkten Umfeld der

potentiellen Einschleppungsorte der Asiatischen Tigermücke ausreichend Brutmöglichkeiten, so dass das Brutstättenangebot keinen limitierenden Einfluss auf eine mögliche Etablierung ausübt und diese nur noch von der Einschleppungsrate und den klimatischen Bedingungen abhängig ist.

Mit geringerer Größe und zunehmender Entfernung solcher flächigen Massenbrutstätten zu den Einschleppungsorten übt das Brutstättenangebot zunächst einen modifizierenden und später sogar limitierenden Einfluss auf das Etablierungspotential aus. So wird in der Computeranwendung von einem grundsätzlich vorhandenen, latenten Brutstättenangebot ausgegangen, welches jedoch nicht als optimal für eine sichere Neubesiedelung bzw. den raschen Aufbau und die Ausdehnung einer Gründerpopulation der Asiatischen Tigermücke angesehen werden kann (Pluskota, Fischer et al. 2018). In Bereichen mit latentem Brutstättenangebot ist von einer nur sehr geringen Anzahl an Brutstätten mit jeweils sehr geringer Brutstättenwertung auszugehen. Dies können z. B. Wohngebiete mit Wohnblocks ohne jegliche Gartenanteile, Industriebereiche, Brachflächen oder öffentliche Grünanlagen sein.

Mit zunehmender Brutstättendichte oder Brutstätten mit höherer Wertung nimmt das Etablierungspotential zu, wodurch eine Etablierung prinzipiell in Abhängigkeit von Einschleppungsrate und klimatischen Bedingungen möglich wird. Vor allem der zusätzliche Einfluss der Einschleppungsrate und der klimatischen Bedingungen auf das Etablierungspotential machen es schwer, einen allgemeingültigen unteren Grenzwert für ein für eine Etablierung ausreichendes Brutstättenangebot festzulegen.

Zur Einschätzung eines Minimum-Brutstättenangebotes und zum Vergleich mit dem Brutstättenangebot von Bahnanlagen können die umfangreichen Daten eines langjährigen Fallenmonitorings im Bereich von Rastanlagen entlang der Bundesautobahn A5 (Tannich, Lühken et al. 2019, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020) herangezogen werden. Rastanlagen entlang der Bundesautobahnen sind üblicherweise abseits von menschlichen Siedlungsgebieten, die im Allgemeinen ein höheres Brutstättenangebot aufweisen, gelegen und von diesen meist durch brutstättenarme Bereiche wie Wälder und Ackerflächen räumlich getrennt. Durch diese in Bezug auf das Brutstättenangebot isolierte Lage können Raststätten als optimale Untersuchungsobjekte zur Einschätzung eines Minimum-Brutstättenangebotes dienen.

Zugleich sind Rastanlagen entlang der hochfrequentierten Straßenverkehrs- und Warentransportrouten typische Einschleppungsorte von in Fahrgastzellen mittransportierten einzelnen Individuen der Asiatischen Tigermücke. Die Bundesautobahn A5 ist die größte und eine der am stärksten frequentierten Süd-Nord-Straßenverkehrsachsen in Europa, welche die dichtbesiedelten Verbreitungsgebiete der Asiatischen Tigermücke in den mediterranen Bereichen mit Mittel- und Nordeuropa verbindet.

Im Rahmen von mehreren Kooperationsprojekten des Auftragsnehmers wurden von 2012 bis 2019 insgesamt 42 Rastanlagen entlang der Bundesautobahn A5 untersucht. Dabei wurden insgesamt 12.360 Eier von *Aedes albopictus* in 353 positiven Eiablagefallen nachgewiesen (Tannich, Lühken et al. 2019, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020). Von diesen Rastanlagen wurden anhand verschiedener Kriterien 13 Rastanlagen ausgewählt, um ihr Brutstättenangebot mit dem Angebot der untersuchten Bahnanlagen zu vergleichen. So ist zunächst bei allen ausgesuchten Rastanlagen davon auszugehen, dass es sehr wahrscheinlich aufgrund des geringen Brutstättenangebotes im Bereich der Rastanlagen zu keiner Etablierung der Asiatischen Tigermücke kam.

In den Jahren von 2012 bis 2019 konnte in einen Untersuchungszeitraum von mindestens sechs Jahren auf den ausgewählten Rastanlagen nachdem einer nachgewiesenen Einschleppung von *Aedes albopictus* zwar mehrfach weiterer Einzelnachweise der Arte erbracht, jedoch keine Etablierung der Asiatischen Tigermücke festgestellt werden. Bei einer der ausgesuchten Rastanlagen, dem Parkplatz „Rheinaue“, erfolgte bereits im Jahr 2007 der Nachweis einer Einschleppung von *Aedes albopictus* (Pluskota, Storch et al. 2008). An allen ausgesuchten Rastanagen kann aufgrund der Fallendaten insgesamt von mindestens 367 Einzeleinschleppungen von Weibchen der Asiatischen Tigermücken ausgegangen werden. Innerhalb der Computeranwendung zur Einschätzung des Einschleppungs- und Etablierungspotentials im

kommunalen Bereich (Pluskota, Fischer et al. 2018) erreichen alle ausgewählten Rastanlagen aufgrund der Nähe zur Schweizer-Grenze, der Art der Rastanlagen und der aus Süden kommend erreichbaren Zufahrt eine Wertung, welcher ein hohes bis äußerst hohes Einschleppungspotential zugesprochen wird.

Des Weiteren ist davon auszugehen, dass die klimatischen Bedingungen an allen ausgesuchten Rastanlagen, welche sich innerhalb der Oberrheineben befinden, als ausreichend für eine Etablierung der Asiatischen Tigermücke anzusehen sind. Dies belegen mehrere etablierte Populationen der Art (Kapitel 1.1.4) innerhalb dieses aus mitteleuropäischer Sicht äußerst begünstigten Gebietes (Liedke and Marcinek 2002). Weiterhin wurden Fallendaten der ausgewählten Rastanlagen aus einem Zeitraum herangezogen, in welchem die jährlichen Durchschnittlichstemperaturen in den Sommermonaten den von Pluskota (2011) angenommenen erforderlichen Temperaturwert für eine dauerhafte Etablierung erreichten und häufig sogar sehr deutlich überstiegen (CDC/DWD 2020).

Zum Vergleich des Brutstättenangebotes der Rastanlagen mit dem Brutstättenangebot von Bahnanlagen wurde im Bereich der 13 ausgewählten Rastanlagen das Brutstättenangebot nach der zuvor beschriebenen Methode erfasst und das Dichtepotential und die jeweils zugeordnete Dichtekategorie berechnet (Abbildung 40).

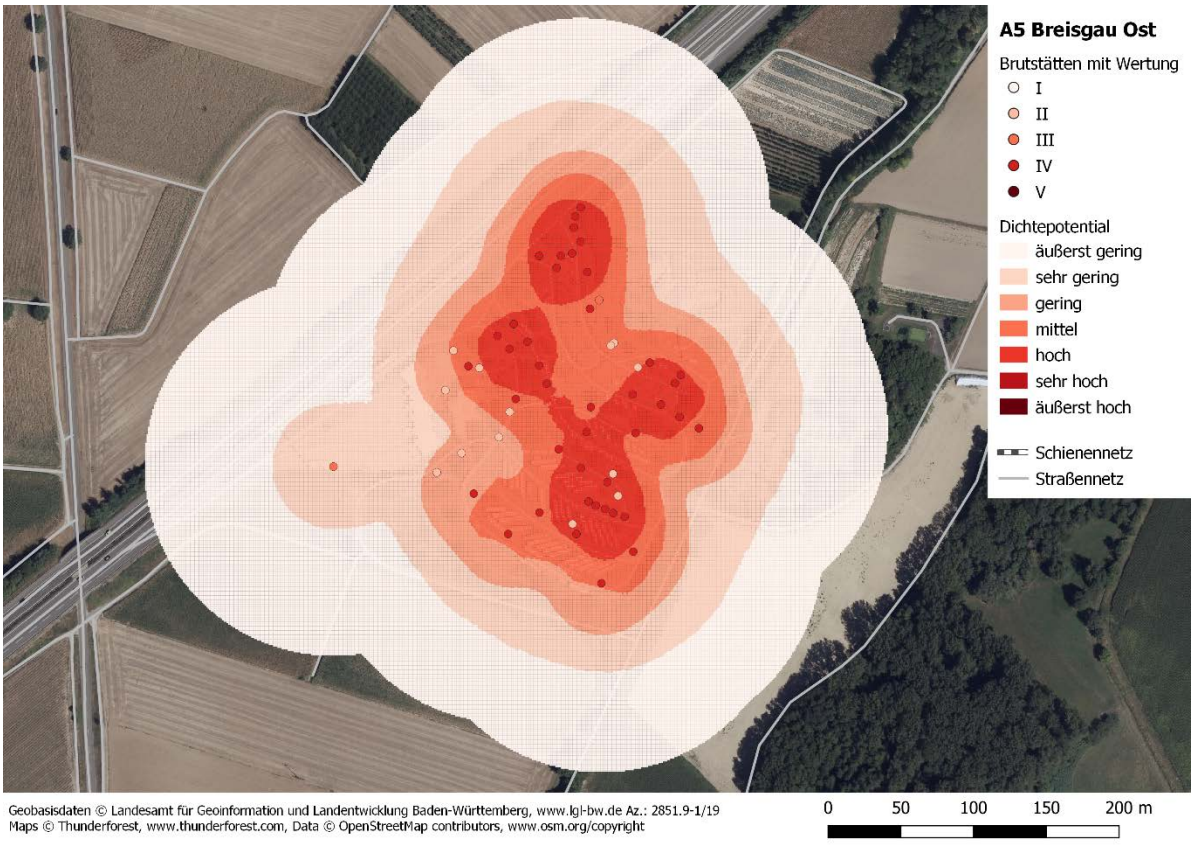


Abbildung 40: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom im Bereich der Rastanlage „A5 Breisgau-Ost “ gefundenen Brutstättenangebot.

In Tabelle 13 wird das durchschnittliche Brutstättenangebot und in Tabelle 14 das daraus resultierende Dichtepotential der ausgewählten Rastanlagen mit den entsprechenden Kennzahlen der Personenbahnhöfe gegenübergestellt. Dieser Bahnanlagentyp zeigte in Kapitel 3.1.2.3 durchschnittlich die höchste Brutstättendichte und das größte Dichtepotential.

Hierbei zeigt sich, dass im Bereich der Rastanlagen bezogen auf alle Brutstättenwertungen ein nahezu doppelt so hohes durchschnittliches Brutstättenangebot wie im Bereich der Personenbahnhöfe zu finden ist. Betrachtet man nur die Brutstätten der beiden höchsten Wertungskategorien, wird der Unterschied noch deutlicher. Während im Bereich der Rastanlagen auf einen Hektar im Schnitt 8,8 Massenbrutstätten zu finden waren, sind im Bereich der Personenbahnhöfe nur 0,2 Massenbrutstätten/Hektar zu finden. Dieser deutliche Unterschied der Massenbrutstättendichte ergibt sich aus der hohen Anzahl größerer Straßen-Oberflächenwasserabläufe im Bereich der Rastanlagen. Solche Oberflächenwasserabläufe sind zwar auch zahlreich im Bereich der Personenbahnhöfe zu finden (Kapitel 3.1.2.3), fallen hier aber kleiner aus, was zu einer geringeren Brutstättenwertung führt.

Die höhere Brutstättendichte und die größere Anzahl an höher gewerteten Brutstätten im Bereich der Rastanlagen zeigen sich auch bei dem berechneten Dichtepotential und den entsprechenden Dichtekategorien. So liegt die durchschnittliche in einigen lokalen Bereichen der Personenbahnhöfe erreichte maximale Dichtekategorie 3 noch unter der in der Fläche der Rastanlagen erreichten Dichtekategorie 4.

TABELLE 13: DURCHSCHNITTLICHES BRUTSTÄTTENANGEBOT BEZOGEN AUF ALLE BRUTSTÄTTEN UND MASSENBRUTSTÄTTEN MIT AUSBLEIBENDER ETABLIERUNG TROTZ MEHRFACHER NACHWEISE DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKE.

| **Untersuchungsbereich** | **Brutstättendichte (Brutstätten/ha)** | |
|---|---|---|
| | **Brutstätten insgesamt** | **Massenbrutstätten** |
| Personenbahnhöfe | 7,1 | 0,2 |
| Autobahnrastanlagen | 13,4 | 8,8 |

TABELLE 14: DURCHSCHNITTLICHES DICHTEPOTENTIAL (WEIBCHEN/MONAT/M$^2$) UND DICHTEKATEGORIE (IN KLAMMERN) MIT AUSBLEIBENDER ETABLIERUNG TROTZ MEHRFACHER NACHWEISE DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKE.

| **Untersuchungsbereich** | **Dichtepotential (Dichtekategorie)** | |
|---|---|---|
| | **Mittel** | **Maximal** |
| Personenbahnhöfe | 0,6 (2) | 2,1 (3) |
| Autobahnrastanlagen | 6,0 (4) | 12,0 (5) |

Weiterhin liegt selbst der Maximalwert des ermittelten Brutstättenangebots im Bereich dieses Bahnanlagentyps deutlich unter dem durchschnittlichen Brutstättenangebot der ausgesuchten Rastanlagen, an

welchen es trotz nachweislicher Einschleppungsereignisse und klimatisch ausreichenden Bedingungen zu keinem Aufbau einer selbstständig brütenden, etablierten Population der Asiatischen Tigermücke gekommen ist.

Als Beispiel kann wiederum die Rastanlage „Rheinaue“ herangezogen werden, an welcher schon im Jahr 2007 der Nachweis einer Einschleppung von *Aedes albopictus* erfolgte (Pluskota, Storch et al. 2008). Diese Rastanlage ist mit Busch- und Baumbereichen gesäumte und weist eine Brutstättendichte von 29,6 potentiellen Brutstätten pro Hektar auf, was nach Berechnung des Dichtepotentials eine durchschnittliche Dichtekategorie von zwei und eine lokale maximale Dichtekategorie von fünf ergibt. Im Zeitraum von 2012 bis 2019 wurden im Bereich der Rastanlage „Rheinaue“ mittels Eiablagemonitoring mindestens sechs weitere Einschleppungsereignisse, jedoch kein Aufbau einer selbstständig brütenden Population nachgewiesen (Tannich, Lühken et al. 2019, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020).

### 3.1.3 Abschließende Bewertung des Vermehrungspotentials der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen

Aufgrund des Brutstättenangebotes der untersuchten Bahnanlagen ist das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen je nach Nutzungstyp zwischen äußerst gering bis gering einzuschätzen (Tabelle 15). So war im Bereich der untersuchten Bahnanlagen der Anteil der Massenbrutstätten verschwindend gering. Zudem blieb die Dichte der Brutstätten mit niedrigerer Wertung weit unter den allgemeinen Brutstättendichten in den üblicherweise mit höheren Populationsdichten von *Aedes albopictus* befallenen kommunalen Bereichen (Kapitel 3.1.2.1). Dadurch ist im Bereich von Bahnanlagen aufgrund des erfassten Brutstättenangebotes selbst ohne Bekämpfung eine durchschnittliche Vermehrungsrate der Asiatischen Tigermücke zu erwarten, welche der Vermehrungsrate der Art innerhalb von mit verschiedenen Methoden behandelten Siedlungsbereichen in Heidelberg entspricht (Kapitel 3.1.2.5).

Auch zeigen Bahnanlagen im Vergleich zu den untersuchten Raststätten, an denen Einschleppungen, jedoch keine Etablierung der Asiatischen Tigermücke nachgewiesen wurde, geringere Dichtepotentiale auf (Kapitel 3.1.2.6). Wie bei dem Vergleich mit den kommunalen Siedlungsbereichen liegen auch hier die zu erwartenden Vermehrungsraten an den untersuchten Bahnanlagen aufgrund der nahezu fehlenden Massenbrutstätten oder ausbleibender Konzentration einer größeren Anzahl an kleineren Brutstätten deutlich unter den Vergleichswerten im Bereich der Rastanlagen.

Das Brutstättenangebot im Bereich von Bahnanlagen kann höchstens als erstes Angebot für frisch eingeschleppte eiablagebereite Weibchen dienen, worauf es später zu einer Abwanderung der Nachkommen in umliegende externe Bereiche mit höherem Brutstättenangebot kommen kann. Ein solch geringfügiger Einfluss auf eine mögliche Etablierung ist jedoch nur im Bereich sehr großer Bahnanlagen denkbar und wird bei mittleren und kleinen Bahnanlagen eher keine Rolle spielen. Und selbst an großen Bahnanlagen sollten frisch eingeschleppte Weibchen der Asiatischen Tigermücke aufgrund der meist großen, offenen und bewuchsfreien Bereiche der Bahnanlagen zügig ohne vorherige Eiablage in umliegende Bereiche abwandern. Je nach Brutstättenangebot im Umfeld der Bahnanlagen kann es jedoch in diesen externen Bereichen nach einer Einschleppung über den Schienenverkehr zu einer Etablierung der Asiatischen Tigermücke kommen.

Insgesamt scheint im Bereich der Bahnanlagen durch das nutzungstypische Brutstättenangebot grundsätzlich keine Gefahr einer bedeutenden Entwicklung oder einer erfolgreichen Etablierung der Asiatische Tigermücke auszugehen. Die Stichprobengröße ist mit 35 untersuchten Bahnanlagen zu klein, um das Vorhandensein unbekannter Massenbrutstätten oder Konzentrationen einer größeren Anzahl an

kleineren Brutstätten an Bahnanlagen kategorisch auszuschließen. So wiesen alle in die Untersuchung eingezogenen Bahnanlagen viele bahnnutzungsbedingte strukturelle Gemeinsamkeiten auf, unterschieden sich jedoch erheblich aufgrund architektonischer oder anderer Gegebenheiten. Dadurch kommt es sowohl bei der Brutstättendichte als auch dem daraus berechneten Dichtepotential zu einer großen Spannbreite der Dichtepotentiale (Kapitel 3.1.2.1). Zwar lagen die jeweiligen ermittelten Höchstwerte des Dichtepotentials im Rahmen der Gesamteinschätzung, eine bedeutende Erhöhung des Brutstättenangebotes und des Vermehrungspotentials sind jedoch generell nicht auszuschließen. Dies wäre z. B. denkbar, wenn, architektonisch bedingt, eine größere Anzahl von Oberflächenwasserabläufen mit Sinkkästen (Kapitel 2.2.2.2) als bei den Untersuchungen ermittelt, gleichzeitig im Nicht-Gleisbereich und an angrenzenden bahninternen Straßenflächen vorhanden wäre. Diese auch als Gullys bezeichneten Oberflächenwasserabläufe können als die maßgeblich das Brutstättenangebot beeinflussenden Brutstättentypen im Bereich von Bahnanlagen genannt werden. Dies wird schon durch ihren Einfluss auf den Unterschied des Dichtepotentials zwischen den verschiedenen Bahnanlagentypen sowie den Gleis- und Nicht-Gleisbereichen verdeutlicht (Kapitel 3.1.2.3). Sinkkästen sind nicht nur der häufigste Brutstättentyp im Bereich der Bahnanlagen, sie können vor allem im Bereich von Straßenflächen durchaus hohe Brutstättenwertungen erreichen.

Aufgrund dieser möglichen hohen Brutstättenwertung von Straßengullys wird abschließend das Vermehrungspotential im Bereich der Umschlagbahnhöfe und vor allem der Güterbahnhöfe höher beurteilt, als es aufgrund der berechneten Dichtepotentiale angemessen wäre. Bei diesen beiden Nutzungstypen ist auch durch insgesamt nur fünf untersuchte Bahnanlagen der mögliche Fehler durch eine zu kleine Stichprobe am größten.

TABELLE 15: ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG DES VERMEHRUNGSPOTENTIALS DER VERSCHIEDENEN UNTERSUCHTEN BAHNANLAGENNUTZUNGSTYPEN.

| **Nutzungstyp** | **Vermehrungspotential** |
|---|---|
| Personenbahnhöfe | gering |
| Betriebsbahnanlagen | äußerst gering |
| Güterbahnhöfe | gering |
| Umschlagbahnhöfe | gering |

Bei der hier vorgenommenen abschließenden Bewertung des Vermehrungspotentials ist zu beachten, dass temporäre und nicht bahnanlagennutzungsbedingte Brutstätten nicht erfasst wurden. Ein wenn auch seltenes Beispiel für einen nicht berücksichtigten Brutstättentyp sind wassergefüllte Aushöhlungen in Bäumen. Diese Dendrotelmen gelten für in kleinen Gefäßen und Höhlungen brütende Stechmückenarten wie die Asiatische Tigermücke als natürliche Brutstätten, sind jedoch im Bereich von Bahnanlagen aufgrund des meistens fehlenden Baumbewuchses nicht oder selten zu erwarten.

Im Gegensatz dazu konnte Müll in Form von z. B. weggeworfenen Bechern, Dosen, Flaschen und Folien teilweise in großen Mengen im Bereich von Bahnanlagen festgestellt werden. Diese Kleinstbrutstätten erreichen zwar nur sehr geringe Brutstättenwertungen, können jedoch z. B. bei einer großen Anzahl in sonnengeschützten Buschbereichen durchaus zu einer leichten Erhöhung des Vermehrungspotentials im Bereich von Bahnanlagen beitragen (Ferstl 2017). Von einer Erfassung und Wertung dieses Brutstättentyps wurde jedoch abgesehen, da es sich bei Müll um nicht nutzungsbedingte, nicht strukturelle und temporäre Brutstätten handelt.

# 3.2 Beurteilung des Einschleppungspotentials an Bahnanlagen

Für den erfolgreichen Aufbau einer kleinen Gründerpopulation der Asiatischen Tigermücke muss zunächst eine Einschleppung mehrerer Individuen innerhalb einer begrenzten Zeitspanne und eines ebenfalls begrenzten Bereiches erfolgen. Insbesondere über größere Distanz ist die Verschleppung von zahlreichen Eiern innerhalb von Handelswaren bzw. künstlichen Brutstätten (z. B. Altreifen) die typische Verschleppungsart, welche sehr schnell zur erfolgreichen Etablierung von *Aedes albopictus* in neuen, bisher unbesiedelten Gebieten führen kann (Reiter 1998). Diese Form der Verschleppung ist im Bereich von Bahnanlagen nicht zu erwarten, da diese lediglich als Umschlagspunkte und nicht als Lagerpunkte der transportierten Waren dienen.

Aufgrund der sehr umfangreichen Populationen im Mittelmeerraum in nicht allzu großer Entfernung besteht für Deutschland zusätzlich die Möglichkeit einer Verschleppung von einzelnen Weibchen, welche im Ursprungsland auf der Suche nach einer Blutmahlzeit in verschiedenartige Fahrzeuge und Frachteinheiten geraten sind. Vor allem an Knotenpunkten der Verkehrs- und Frachtwege kann es zu regelmäßigen Einschleppungsereignissen innerhalb kleinräumiger Bereiche und dadurch zum erfolgreichen Aufbau kleiner Gründerpopulationen kommen.

Kommt es dennoch zu einer Einschleppung der Asiatischen Tigermücke über das Schienenverkehrsnetz in den Bereich der Bahnanlagen, wie in Kapitel 3.1.3 dargelegt, ist die Wahrscheinlichkeit einer Etablierung der Art aufgrund des geringen Brutstättenangebotes im unmittelbaren Bereich der Bahnanlagen dennoch gering. Allerding kann nach einer erfolgten Einschleppung der Art über das Schienenverkehrsnetz aufgrund der meist großen, offenen und bewuchsfreien Bahnanlagenbereiche von einer Abwanderung der eingeschleppten Weibchen in angrenzende externe Bereiche ausgegangen werden.

Durch ihre meist stadtnahe Lage ist bei Personenbahnhöfen davon auszugehen, dass das Brutstättenangebot im Umfeld der Bahnanlagen als ausreichend für eine mögliche Etablierung anzusehen ist (Kapitel 3.1.2.6). In diesem Zusammenhang sind auch die sehr häufig direkt an die Gleisbereiche und Bahnanlagen angrenzenden Kleingartenanlagen zu nennen. Diese entstanden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, als ungenutzte Flächen der Deutschen Bahn von den Bahnangestellten zunächst als Gartenflächen genutzt und die entstandenen Kleingartenanlagen später an Vereine verpachtet wurden. So kann es, wie das Beispiel einer Gründerpopulation in Freiburg zeigt (Ferstl 2017), auch trotz des geringen Brutstättenangebotes im unmittelbaren Bereich der Bahnanlagen nach einer Einschleppung über das Schienenverkehrsnetz zu einer anschließenden Etablierung der der Asiatische Tigermücke im direkten Umfeld kommen.

## 3.2.1 Material und Methoden

Um das Einschleppungspotential unterschiedlicher Verschleppungsarten zu bestimmen, sind üblicherweise gezielte Untersuchungen zur Erfassung der Einschleppungsrate erforderlich. Hierfür muss entweder während des Mittransportes (Eritja, Palmer et al. 2017, Ferstl 2017) oder am Endpunkt der Verschleppung (Pluskota 2011, Tannich, Lühken et al. 2019, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020) über einen möglichst langen Zeitraum eine quantitative Erfassung von Individuen der Zielart mit passenden Monitoringmethoden erfolgen.

Im Rahmen dieses Projektes war ein Monitoring zur direkten Erfassung der Einschleppungsraten nicht vorgesehen. Stattdessen wurde die Einschätzung des Einschleppungspotentials an Bahnanlagen anhand

von bereits verfügbarer Daten vorangegangener Forschungsprojekte des Auftragsnehmers, von Literaturdaten und im Rahmen dieses Projektes generierten Ergebnisse des Stechmückenmonitorings (Kapitel 2.1.4) vorgenommen.

## 3.2.2 Ergebnisse, Datenlage und Beurteilung

### 3.2.2.1 Beurteilung der Ergebnisse des Stechmückenmonitorings

Bei den Begehungen der Bahnanlagen im Rahmen des Brutstättenmonitorings erfolgte zusätzlich während der Reproduktionsperiode bei insgesamt 14 Bahnanlagen parallel eine einmalige Stichprobenkontrolle auf Vorkommen von Stechmückenarten in den internen und direkt angrenzenden externen Bereichen (Tabelle 16). Da Rückschlüsse über einzelne Einschleppungsereignisse und eine Einschätzung von Einschleppungsraten anhand von einmaligen Stichprobenkontrollen nicht gezogen werden können, sollte hier lediglich geklärt werden, ob es an den jeweiligen Bahnanlagen zuvor zu einer Einschleppung und einem Aufbau von lokalen Populationen der Asiatischen Tigermücke gekommen war. So korreliert auch bei einem Fallenmonitoring die Anzahl der positiven Fallen mit der Populationsgröße (Silver 2008), so dass bei einer geringen Anzahl von Fallen eine regelmäßige Eiablage innerhalb der Fallen erst mit zunehmender Populationsdichte zu erwarten ist. Trotzdem ist selbst eine Falle je Kontrollort ausreichend, um bisher unentdeckte kleine Populationen von *Aedes albopictus* nachzuweisen (Hornby, Moore et al. 1994).

Bei keiner Brutstättenkontrolle konnte ein Nachweis für Vorkommen der Asiatischen Tigermücke weder innerhalb der Bahnanlagen noch in den direkt angrenzenden externen Bereichen erbracht werden.

Dieses Ergebnis war für die internen Bereiche der Bahnanlagen wenig überraschend, da durch die geringen Niederschlagsmengen im Sommer 2019 (DWD 2019) und der daraus resultierenden geringen Anzahl wasserführender potentieller Brutstätten die Nachweisrate für Stechmückenlarven während der qualitativen Brutstättenkontrollen sehr gering war (Kapitel 2.2.1). Außerdem waren auch die für erfolgsversprechende Anflugkontrollen notwendigen schattigen Buschbereiche auf Bahnanlagen nur sehr selten und dann meist nur sehr kleinflächig vorhanden.

Jedoch hätte es in den meisten der untersuchten direkt angrenzenden externen kommunalen Bereiche aufgrund des Brutstättenangebotes nach einer Einschleppung über den Schienenverkehr und Abwandern der eingeschleppten Weibchen zu einem erfolgreichen Aufbau von Gründerpopulationen kommen können. Auch lagen 13 der 14 auf Stechmücken untersuchten Bahnanlagen in klimatischen Bereichen, in denen es in den letzten Jahren nachweislich zu erfolgreichem Aufbau von Gründerpopulationen der Asiatischen Tigermücke kommen konnte. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass bei Larven- und Anflugkontrollen die nur einmalig an einem Tag durchgeführt wurden, lediglich langjährige Populationen der Asiatischen Tigermücke mit höherer Populationsdichte mit ausreichender Sicherheit hätten nachgewiesen werden können. Bei sich nach Einschleppungen aus dem Jahr 2019 und vielleicht sogar aus dem Jahr 2018 noch im Aufbau befindenden Gründerpopulationen ist von einem noch sehr lokal beschränkten Vorkommen mit sehr geringen Populationsdichten auszugehen, welches mit einmaligen Kontrollen nicht zuverlässig nachzuweisen ist.

Der fehlende Nachweis einer lokalen Gründerpopulation im Bereich von Bahnanlagen ist schon alleine aufgrund des geringen Stichprobenumfangs und geringen Kontrollintensität nur als schwaches Indiz für eine eher geringe Einschleppungsrate im Bereich von Bahnanlagen zu sehen. Dies gilt vor allem für Bahnanlagen, welche das Auswahlkriterium „Nähe zu bekannten größeren Populationen von *Aedes albopictus*“ (siehe Kapitel 3.1.1) nicht erfüllen und keine direkte Schienennetzverbindung zu Bahnanlagen innerhalb benachbarter Vorkommen der Asiatischen Tigermücke aufwiesen.

Etwas stärker wiegt dieses Indiz einer vermeintlichen geringen Verschleppungsrate bei den Bahnanlagen, welche im näheren Umfeld und mit direkter Schienennetzverbindung zu den beiden Heidelberger Bahnhöfen Pfaffengrund/Wieblingen und Kirchheim/Rohrbach lagen. Beide Bahnanlagen liegen innerhalb des Befallsgebietes zweier einzelner Teilpopulationen der Asiatischen Tigermücke. Besonders bemerkenswert ist die Situation am Bahnhof Pfaffengrund/Wieblingen (Abbildung 41), wo der Bahnsteigbereich und wartende Fahrgäste nur einige Meter entfernt von einer Kleingartenanlage mit zahlreichen Brutstätten und ehemals sehr hoher Populationsdichte der Asiatischen Tigermücke liegen (Stelzner 2016, Augsten 2018).

Abbildung 41: Bahnsteig des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen und direkt angrenzende Kleingartenanlage mit ehemals sehr hohen Populationsdichten der Asiatischen Tigermücke.

Aufgrund des Brutstättenangebotes der Kleingärten kann für den angrenzenden Bahnsteigbereich ein Dichtepotential berechnet werden, welches der Dichtekategorie 7 entspricht (Kapitel 3.1.2.5). Es kann als sicher betrachtet werden, dass zumindest in den Jahren 2016 und 2017 blutsuchende Weibchen der Asiatischen Tigermücke einsteigende Passagiere bis in die haltenden Personenzüge verfolgten. Eine Untersuchung von Bahnanlagen entlang der Strecke während der Reproduktionsperiode gaben keine Hinweise auf lokale Gründerpopulationen von *Aedes albopictus*. Insgesamt wurden in diese Untersuchung acht Bahnanlagen einbezogen, die ein, zwei, vier, sechs, zehn, elf, vierzehn und siebzehn Haltepunkte hinter dem Bahnhof Pfaffengrund/Wieblingen lagen.

TABELLE 16: IM RAHMEN DES PROJEKTES AUF VORKOMMEN VON STECHMÜCKEN ÜBERPRÜFTE BAHNANLAGEN.

| Bahnanlagentyp | Bahnanlage |
|---|---|
| Personenbahnhof (Haltepunkt Personenverkehr) | Heidelberg (Hbf.)<br>Ludwigshafen am Rhein (Hbf.)<br>Mannheim (Hbf.)<br>Mannheim-Friedrichsfeld<br>Neustadt an der Weinstraße<br>Schifferstadt<br>Speyer( Hbf.)<br>Weinheim an der Bergstraße (Hbf.)<br>Wiesloch-Walldorf |
| Personenbahnhof (Haltepunkt Autozüge) | Düsseldorf |
| Betriebsbahnanlagen (Warte- und Rangiergleise) | Ludwigshafen am Rhein<br>Mannheim<br>Mannheim-Rheinau<br>Schwetzingen-Hirschacker |

### 3.2.2.2 Beurteilung der Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen

Seit dem Jahr 2005 wurden innerhalb mehrerer Forschungsarbeiten der GFS verschiedenartige Monitoring-Kontrollen durchgeführt, welche indirekte und direkte Rückschlüsse zur Einschleppungsrate der Asiatischen Tigermücke durch den Schienenverkehr zulassen:

**Eiablagefallenmonitoring im Umfeld von Bahnanlagen (2005 – 2009)**

In den Jahren 2005 bis 2009 erfolgte eine Beprobung des direkten Umfelds von drei Umschlagbahnhöfen des unbegleiteten kombinierten Verkehrs mit Eiablagefallen (Pluskota 2011). Innerhalb desselben Projektes wurden im direkten Umfeld von drei weiteren Umschlagbahnhöfen des unbegleiteten kombinierten Verkehrs, drei Betriebsbahnanlagen und drei Personenbahnhöfen zumindest während der Reproduktionsperiode eines Jahres ebenfalls mit Eiablagefallen Beprobungen durchgeführt (Tabelle 17).

In keiner der Eiablagefallen konnten Nachweise für die Asiatische Tigermücke erbracht werden. Dieses Ergebnis ist nicht als Falsifizierung einer möglichen Einschleppung im Bereich der untersuchten Bahnanlagen, sondern als Hinweis auf eine geringe Einschleppungsrate zu deuten. So war das durchgeführte Eiablagemonitoring aufgrund seiner geringen Anzahl an Fallen pro Fallenstandort lediglich zur Ermittlung von sich im Aufbau befindenden Populationen der Asiatischen Tigermücke nach einer erfolgten

Einschleppung und nicht zum direkten Nachweis einzelner Einschleppungsereignisse gedacht (Pluskota 2011). Vor allem bei Einschleppungswegen wie über den Bahnverkehr, bei welchen die Anzahl der gleichzeitig an einen Ort eingeschleppten Individuen nur sehr gering ist, ist für den direkten Nachweis einzelner Einschleppungsereignisse eine große Anzahl an Fallen oder ein sehr fängiges Fallensystem erforderlich. Dass ein solcher Nachweis von direkten Einschleppungsraten jedoch möglich ist, zeigt der einmalige Nachweis eines Eigeleges der Asiatischen Tigermücke an einem der 56 weiteren Fallenstandorte, welche jedoch keinen Bezug zu Bahnanlagen besaßen (Pluskota, Storch et al. 2008).

**Fallenmonitoring innerhalb eines Terminals des unbegleiteten kombinierten Verkehrs (2016)**

Am Standort Singen praktiziert der Betreiber (Hupac AG) nach eigenen Angaben seit 2011 keine Rollende Landstraße (RoLa) mehr, sondern nur einen „unbegleiteten kombinierten Verkehr“ (UKV). Beim UKV wird nur die Ladeeinheit wie Container, Sattelauflieger oder Wechselbehälter befördert, während die Zugmaschine und der Fahrer am Terminal zurückbleibt. Am Bestimmungsterminal übernimmt ein anderer LKW die Sendung und führt sie bis zur Enddestination weiter.

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Umweltbundesamts (UBA): „Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere: Ermittlung der Risiken an den bereits identifizierten und weiteren Importwegen nach Deutschland - FuE-Vorhaben FKZ 3714484080“ wurde der Standort Singen auf das Vorkommen von Asiatischen Tigermücken untersucht.

Zur Untersuchung wurden im Zeitraum vom 30.8.16 bis zum 3.10.16 in Absprache mit dem Betreiber auf dem Werksgelände insgesamt zwei $CO_2$-Fallen (BioGents-Sentinel) und zehn letale Eiablagefallen (BioGents Gravid *Aedes* Traps, GAT) aufgestellt. Die beiden $CO_2$-Fallen verfügten über eine kontinuierliche Stromversorgung und verwendeten das Duftpaket Lure und $CO_2$ als Lockstoffe. Die Fallen wurden in der Nähe von Gebüschen und Hecken an schattigen Plätzen aufgebaut. Die letalen Eiablagefallen wurden ebenfalls an typischen Stechmückenruhezonen so positioniert, dass das gesamte Firmengelände abgedeckt wurde. Zusätzlich wurden sieben letale Eiablagefallen im angrenzenden Industrie- und Siedlungsgebiet an Standorten aufgestellt, an denen eine Ansiedlung von Tigermücken am wahrscheinlichsten ist.

In keiner der Fallen konnten Asiatische Tigermücken nachgewiesen werden. In beiden $CO_2$-Fallen und in zwei letale Eiablagefallen (eine auf dem Firmengelände, eine in einem angrenzenden Siedlungsgebiet) konnten insgesamt sechs Japanische Buschmücken (*Aedes j. japonicus*) identifiziert werden, die inzwischen in ganz Süddeutschland verbreitet und stellenweise sogar häufig auftreten.

**LKW-Führerhaus Klebefallen-Monitoring des begleiteten kombinierten Verkehrs (2016)**

Im Jahr 2016 wurde im Rahmen einer Untersuchung zur Einschleppung, Überwinterung und Ausbreitung sowie Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Freiburg die Möglichkeit einer Einschleppung der Art über den begleiteten kombinierten Zuggüterverkehr überprüft (Ferstl 2017). Bei diesem auch als „Rollende Landstraße (RoLa)“ bezeichneten Transportsystem werden ganze Lastwagen bzw. Sattelzüge auf Zügen befördert. Ausgehend von dem Kombiterminal Novara, welches innerhalb der von *Aedes albopictus* dicht besiedelten Bereiche in Norditalien liegt, erreichen pro Woche rund 1.260 auf Zügen verladene Lastwagen das Kombiterminal in Freiburg. Während der Fahrt befinden sich die Lastwagen-Fahrer in einem speziellen Begleitwagon, welcher mit Betten, sanitären Anlagen, einer Küche und einem Aufenthaltsraum ausgestattet ist. Durch den Wechsel der Fahrer zwischen den LKWs und den Begleitwagen sowie durch Wartezeiten am Terminal können blutsuchende Weibchen der Asiatischen Tigermücke in die Führerhäuser der LKWs gelangen und als blinde Passagiere mittransportiert werden.

Diese Form der passiven Verschleppung konnte innerhalb der Untersuchung nachgewiesen werden. So konnten durch Bestückung der LKW-Führerhäuser mit speziellen Klebefallen am Abfahrtsort Novara in einem Zeitraum von rund zehn Wochen während der Sommermonate 2016 in den untersuchten 200

LKW-Führerhäuser insgesamt zwei Stechmücken nach der Ankunft am Kombiterminal Freiburg mittransportierte Stechmücken nachgewiesen werden. Bei einem der in den LKW-Führerhäusern nachgewiesenen Stechmücken handelte es sich um ein Individuum der Asiatischen Tigermücke, weshalb davon auszugehen ist, dass sich durchschnittlich in mindestens 0,5 % der LKWs eine Asiatische Tigermücke befindet. Hochgerechnet auf die wöchentlich ankommenden rund 1260 auf Zügen verladenen Lastwagen würde dies bedeuten, dass wiederum etwa 130 Weibchen der Asiatischen Tigermücke während der Reproduktionsperiode 2016 im Bereich des Kombiterminals eingeschleppt wurden (Ferstl 2017).

Auf die gleiche Transportrate kommen die Autoren einer Studie in Spanien, bei der in 0,5 % der untersuchten PKWs Individuen von *Aedes albopictus* gefunden werden konnten (Eritja, Palmer et al. 2017). Im Falle der RoLa dürfte die potentielle Transportrate noch höher liegen. So wurden wegen hoher Stichbelästigung durch die Stechmückenart *Aedes caspius* im Bereich des Terminals in Novara die LKW-Führerhäuser von den LKW-Fahrern vermehrt mit Insektiziden behandelt, wodurch ebenfalls von einem Abtöten einfliegender Weibchen der Asiatischen Tigermücken auszugehen ist (Ferstl 2017). Weiterhin lockt der verwendete Fallentyp lediglich blutsuchende Weibchen an, weshalb schon mit Blut vollgesaugte und sich versteckende Stechmückenweibchen innerhalb der LKW-Führerhäuser nicht erfasst wurden.

**Bekämpfungsbegleitendes GAT-Fallenmonitoring am Rande eines Kombiterminals des unbegleiteten kombinierten Verkehrs (2015 – 2019)**

Dass der einmalige Nachweis von *Aedes albopictus* in einem LKW-Führerhaus während der Beförderung innerhalb des begleiteten kombinierten Güterverkehrs kein zufälliger Einzelfund war und es regelmäßig zu einer Verschleppung nicht einheimischer Stechmückenarten von Italien nach Deutschland in insgesamt nicht unerheblicher Anzahl kommt, zeigen die Fangergebnisse von bekämpfungsbegleitenden Fallenfängen von mehreren Jahren am Umfeld des Terminals der RoLa in Freiburg.

Im Jahr 2015 wurden in der Nähe eines Kombiterminal, in einer angrenzenden Kleingartenanlage wiederholt Individuen von der Art *Aedes caspius* in einer Falle nachgewiesen (Ferstl 2017). Diese Art kommt in Novara massenhaft vor, wurde in Süddeutschland bisher jedoch nur selten und unregelmäßig nachgewiesen (Becker, Jöst et al. 2014).

Im selben Kleingarten wurden im Jahr 2016 bei den rasterartig verteilten BG-GAT-Fallensystemen in den ersten drei positiven Fallenwochen der Reproduktionsperiode bei den Fallen in der Nähe des Kombiterminals signifikant mehr Individuen der Asiatischen Tigermücke je Falle und Woche nachgewiesen als in den Fallen innerhalb der weiter entfernten Bereiche der Kleingartenanlage (Ferstl 2017).

Ebenfalls deuten die Ergebnisse des bekämpfungsbegleitenden Fallenmonitorings im Jahr 2019 auf eine regelmäßige Einschleppung von *Aedes albopictus* über den begleiteten kombinierten Güterverkehr hin. Aufgrund der direkten Nachbarschaft zum Terminal der „Rollenden Landstraße“, durch welche bis zu 25.000 Lastwagen samt Führerhaus und Fahrer in der relevanten Zeit von Mai bis Oktober von Italien bis Deutschland über den Schienenverkehr transportiert werden, kommt es offensichtlich zu einer ständigen Neueinschleppung von Asiatischen Tigermücken nach Freiburg.

Die Auswertung der 75 GATs auf der Kleingartenanlage verdeutlicht, dass sich der allergrößte Teil an positiven Fallen in unmittelbarer Nähe des Terminals befindet. Im angrenzenden Areal zur Kleingartenanlage verlassen die aus Italien angekommenen Lastwagen den Güterzug und fahren zum Ausgang des Firmengeländes. In diesem Bereich öffnen sich zum ersten Mal seit Italien die Türen und Fenster der LKWs und die “blinden Passagiere“ können ins Freie entkommen. In den unmittelbar angrenzenden Gärten der Anlage suchen die Asiatischen Tigermücken dann nach geeigneten Brutstätten, die sie dort vor allem in Form der Fallen vorfinden. Sowohl auf der Kleingartenanlage als auch auf dem Gelände der ‚Rollenden Landstraße‘ werden sämtliche potentiellen Brutstätten regelmäßig und intensiv bekämpft.

Die geringe Fangquote der restlichen Fallen in der gesamten Kleingartenanlage, die in den meisten Fällen gegen Null geht, bestätigt zusätzlich die Vermutung, dass es sich bei den in den Fallen gefangenen Asiatischen Tigermücken um aus dem Süden Europas eingeschleppte Individuen handelt.

**TIGER: Tri-nationales, synchronisiertes Eiablagenetzwerk zum Nachweis der Asiatischen Tigermücke in der Oberrheinregion (2018-2020)**

Das im Jahr 2018 gestartete „TIGER"-Konsortium kontrolliert während der Reproduktionsperiode von Mitte April bis Mitte November 14-täglich Eiablagefallen an potentiellen Hotspots der Asiatischen Tigermücke. In Süddeutschland sind 205 der insgesamt 650 Eiablagefallen im Einsatz. Als Standorte für die Fallen wurden Parkplätze und Rastanlagen der Bundesautobahn A5, sowie nahe gelegene oder mit der Süd-Nord-Verbindung verknüpfte Lokalitäten wie Autohöfe, Campingplätze oder Logistikstandorte ausgewählt (Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020).

Die noch laufende Untersuchung zeigt jedoch bereits jetzt, dass vornehmlich über die Bundesautobahn A5 und den ansteigenden Warenhandel größere Mengen Asiatischer Tigermücken Weibchen eingeschleppt werden, da insbesondere an den hoch frequentierten Rastanlagen die Funde von Eiern in den reproduktionsreichen Sommermonaten stark ansteigen und sich bereits erste lokale Gründerpopulationen etablieren konnten. Ähnlich verhält es sich mit der Einschleppung über den privaten Reiseverkehr und der Etablierung von Gründerpopulationen auf Campingplätzen, die häufig als Zwischenstationen auf dem Rückweg aus Südeuropa angefahren werden.

Vereinzelt konnten auch auf den Geländen von Logistikunternehmen Eier von *Aedes albopictus* nachgewiesen werden. Insbesondere der Standort in Kehl (siehe Tabelle 17) ist hierbei aufzuführen, da es sich bei dem Gelände um einen Umschlagbahnhof handelt, welcher unmittelbar an den LKW-Parkplatz eines Autohofes angrenzt. Im September 2018 und 2019 konnten hier Einzeleinschleppungen durch die Funde kleiner Ei-Gelege nachgewiesen werden. Die *Aedes albopictus* Weibchen wurden höchstwahrscheinlich über die LKWs auf das Gelände des Logistikunternehmens übertragen, aufgrund des größeren Müllvorkommens ist jedoch die Etablierung einer Population auf dem Gelände nicht auszuschließen.

Im TIGER-Projekt werden ebenfalls weitere Standorte in unmittelbarer Nähe zu Bahnanlagen untersucht, wie beispielsweise in den Städten Rastatt und Breisach am Rhein. Beide Standorte wurden dabei als Hotspot deklariert (Kleingartenanlage und Logistikunternehmen), wiesen bis zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch keine Eier der Asiatischen Tigermücke auf.

TABELLE 17: ÜBERSICHT DER IN EIGENEN PROJEKTEN MIT BEZUG ZU BAHNANLAGEN ÜBER EINE KOMPLETTE REPRODUKTIONSPERIODE DURCHGEFÜHRTEN FALLENKONTROLLEN.

| Bahnanlage | Bahnlagentyp | Art des Monitorings | Zeitraum |
|---|---|---|---|
| Freiburg i. Breisgau | Umschlagbahnhof (Begleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, intern, Transportweg | 2016 |
| Freiburg i. Breisgau | Umschlagbahnhof (Begleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2019 |
| Singen | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, intern, Bahngelände | 2016 |
| Weil a. Rhein | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2005-2009 |
| Karlsruhe | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2005-2009 |
| Mannheim | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2005-2009 |
| Ludwigsha-fen | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2006 |
| Ludwigsha-fen | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2009 |
| Frankfurt | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2008 |
| Kehl | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2018-2019 |
| Breisach a. Rhein | Umschlagbahnhof (Unbegleiteter Kombiverkehr) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2018-2019 |
| Rastatt | Güterbahnhof (Railport) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2018-2019 |
| Mannheim | Betriebsbahnanlage (Rangiergleis) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2005, 2009 |
| Offenburg | Betriebsbahnanlage (Rangiergleis) | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2008 |
| Freiburg Hbf. | Personenbahnhof | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2008 |
| Karlsruhe Hbf. | Personenbahnhof | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2007 |
| Bruchsal Hbf. | Personenbahnhof | Fallenmonitoring, extern, Bahngelände | 2007 |

### 3.2.2.3 Analyse der bekannten Vorkommen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland

In den letzten zwei bis drei Jahren ist eine deutliche Zunahme der Einzelnachweise und auch der entdeckten Populationen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland zu verzeichnen. Dies kann auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden. So hat aufgrund der weiterhin angewachsenen Populationsdichten der Art in Südeuropa und des zunehmenden internationalen Warenverkehrs der Einschleppungsdruck von *Aedes albopictus* nach Deutschland zugenommen. Mit voranschreitendem Klimawandel verbessern sich in den letzten Jahren stetige die klimatischen Bedingungen für die Asiatische Tigermücke in Mitteleuropa, sodass es nach Einschleppungen der wärmeliebenden Art, ein erfolgreicher Populationsaufbau zunehmend erleichtert wurde.

Auch die regelmäßige mediale Präsenz des Themas Asiatische Tigermücke und die Initiierung verschiedener Public-Monitoring-Programme (Walther and Kampen 2017, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020) in den letzten Jahren hat zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und letztendlich vermehrten Meldung von Sichtungen der sehr auffälligen Stechmückenart geführt.

So sind dem Verfasser dieses Berichts zum Zeitpunkt der Berichtverfassung insgesamt 36 Einzelnachweise und 27 Standorte mit selbstständig brütenden Populationen mit mehreren auftretenden Individuen bekannt. In Tabelle 18 wurden diese bekannten Vorkommen danach sortiert, inwieweit ihre Einschleppung über den Schienenverkehr wahrscheinlich ist. Für diese Einschätzung wurde die Entfernung des Fundortes oder des Populationsrandes zur nächstgelegenen Bahnanlage betrachtet.

War trotz ausreichendem Brutstättenangebot zwischen dem Populationsrand und der nächstgelegenen Bahnanlage ein Bereich von mindestens 300 m von der Asiatischen Tigermücke nicht besiedelt, wurde eine Einschleppung über die Bahnanlage als ausgeschlossen angesehen. Insgesamt 58 der 63 bekannten Nachweise in Deutschland entsprechen dieser Kategorie.

Eine Einschleppung über den Bahnverkehr wurde auch dann ausgeschlossen, wenn der äußerte Randbereich der Population mit sehr geringen Populationsdichten zwar bis an den Bereich der Bahnanlage reichte, jedoch das eigentliche Populationszentrum bzw. der vermeintliche Einschleppungsort nicht im Bereich der Bahnanlage liegt. Als Beispiel ist der Bahnhof Pfaffengrund/Wieblingen zu nennen, welche zum Zeitpunkt der Entdeckung am Rande der durch die Asiatische Tigermücke befallenen 1.200 m breiten Fläche lag (Abbildung 42). Aufgrund der Populationsausdehnung kann von einer Besiedelungsdauer von mindestens drei oder mehr Jahren ausgegangen werden. Wäre die erste Einschleppung über diese Bahnanlage erfolgt, wären schon das komplette Umfeld der Bahnanlage aufgrund der hohen Brutstättendichte der Siedlungsbereiche (Kapitel 3.1.2.5, Abbildung 38) mit der Asiatischen Tigermücke besiedelt worden.

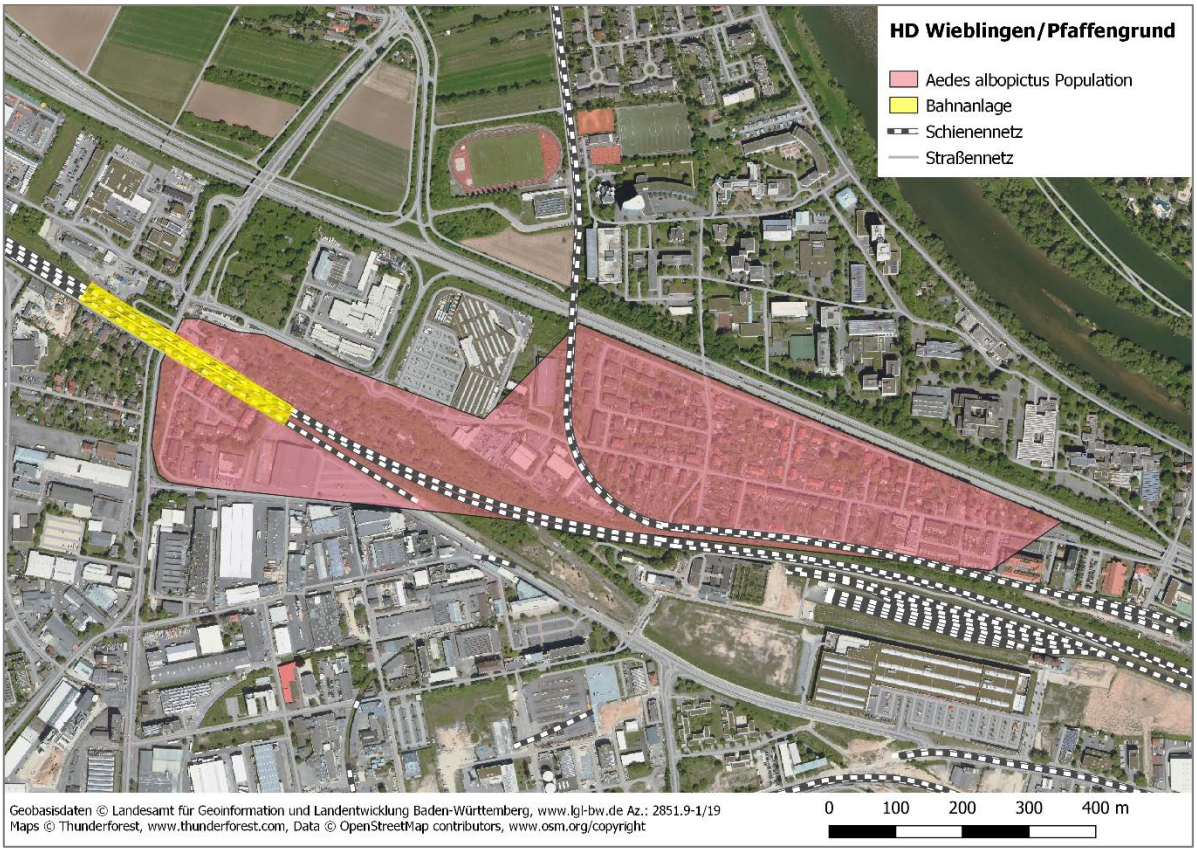


Abbildung 42: Die von einer Population der Asiatischen Tigermücke in Heidelberg zum Zeitpunkt der Entdeckung befallene Fläche (rot) und Umriss einer am Populationsrand gelegenen Bahnanlage (gelb).

Somit gilt als sicher, dass die Einschleppung von 59 der insgesamt 63 bekannten Einzelvorkommen oder brütenden Populationen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland nicht im Bereich von Bahnanlagen erfolgte.

Von den verbliebenen vier Nachweisen der Art, welche alle im direkten Umfeld von Bahnanlagen zu finden waren, ist jedoch bei einem Nachweis im Bereich des Kombiterminals „Weil am Rhein“ eine Einschleppung über den Bahnverkehr sehr unwahrscheinlich. Hier lag der Nachweis zwar innerhalb des festgelegten 300 Meter-Puffers, jedoch zum einem nicht direkt an der Bahnanlage, dafür aber sehr nah an einer Autobahnraststätte mit regelmäßig nachgewiesenen Einschleppungen der Asiatischen Tigermücke.

Bei einem weiteren Vorkommen der Asiatischen Tigermücke befindet sich die von der Art vollständig eingeschlossene Bahnanlage nicht direkt am äußersten Populationsrand, jedoch auch nicht in zentraler Lage. Auch wenn für diese Heidelberger Teilpopulation im Bereich des Bahnhofs Kirchheim/Rohrbach andere Einschleppungswege sehr wahrscheinlich sind, ist eine vorangegangene Einschleppung über den Bahnverkehr zumindest nicht auszuschließen.

Bei nur einem bzw. nur bei 1,6 % der bekannten 63 Nachweise der Asiatischen Tigermücke in Deutschland erfolgte sehr wahrscheinlich die vorangegangene Einschleppung über den Bahnverkehr. Hierbei handelt es sich um die schon in Kapitel 3.2.2.2 beschriebene „Rollende Landstraße“, welche das Startterminal des begleiteten kombinierten Verkehrs in Norditalien mit dem Kombiterminal in Freiburg verbindet.

Ausgenommen von den Bahnanlagen des begleiteten kombinierten Verkehrs deutet dies auf eine insgesamt geringe Einschleppungsrate innerhalb der anderen Bahnanlagennutzungstypen hin. Zwar ist nach einer theoretischen Einschleppung der Asiatischen Tigermücke über das Schienenverkehrsnetz in den Bereich der Bahnanlagen, wie in Kapitel 3.1.3 dargelegt, die Wahrscheinlichkeit einer Etablierung der Art aufgrund des geringen Brutstättenangebotes im unmittelbaren Bereich der Bahnanlagen gering. Allerdings ist durch die meist stadtnahe Lage der Bahnanlagen und der oft an Bahnanlagen angrenzenden Kleingartenanlagen das Brutstättenangebot im Umfeld der Bahnanlagen als ausreichend für eine mögliche Etablierung anzusehen (Kapitel 3.2 und 3.1.2.6). Würden die Einschleppungsraten im Bereich von Bahnanlagen den Einschleppungsraten an Autobahnrastanlagen entsprechen, wäre von einer deutlich erhöhten Anzahl nachgewiesener Gründerpopulationen im direkten Umfeld von Bahnanlagen auszugehen.

TABELLE 18: EINTEILUNG DER BEKANNTEN VORKOMMEN DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKEN IN DEUTSCHLAND NACH ENTFERNUNG ZUR NÄCHSTEN BAHNANLAGE UND WAHRSCHEINLICHKEIT EINER ERFOLGTEN EINSCHLEPPUNG ÜBER DEN BAHNVERKEHR.

| Entfernung der Nachweise zu Bahnanlagen | Wahrscheinlichkeit der Einschleppung über Schienenverkehr | Einzel-nachweis | Brütende Population |
|---|---|---|---|
| größere Entfernung | ausgeschlossen | 35 | 23 |
| direktes Umfeld | ausgeschlossen | 0 | 1 |
| direktes Umfeld | unwahrscheinlich | 0 | 1 |
| direktes Umfeld | nicht auszuschließen | 1 | 1 |
| direktes Umfeld | sehr wahrscheinlich | 0 | 1 |

### 3.2.3 Abschließende Bewertung des Einschleppungspotentials an Bahnanlagen

Mit Ausnahme des Bahnanlagennutzungstyps „begleiteter kombinierter Verkehr“ ist die Einschleppungsrate von Individuen der Asiatischen Tigermücke innerhalb von Bahnanlagen in Deutschland als eher gering einzuschätzen. Zwar liegen für den Schienenverkehr keine Ergebnisse langfristiger Monitoring-Untersuchungen wie bei anderen Einschleppungswegen vor (Tannich 2014, Tannich, Tannich, Lühken et al. 2019, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020), jedoch kann anhand der zuvor aufgeführten verschiedenen Indizien eine höhere Einschleppungsrate mit Ausnahme des begleiteten kombinierten Verkehrs als unwahrscheinlich betrachtet werden. Vor allem der äußerst geringe Anteil an Nachweisen der Asiatischen Tigermücke im direkten Umfeld von Bahnanlagen (Kapitel 3.2.2.3) kann hierbei als starkes Indiz gesehen werden. So erfolgen neue Nachweise der Asiatischen Tigermücke im Bereich der Knoten- oder Endpunkte des Straßenverkehrs wie z. B. Rastanlagen, Campingplätze und LKW-Speditionen vergleichsweise häufig (Tannich 2014, Tannich, Lühken et al. 2019, Projekt TIGER, Mathieu et al. 2020).

Warum es durch den Schienenverkehr zu diesen vergleichbar geringen Einschleppungsraten bzw. im Bereich von Bahnanlagen zu vergleichbar geringerem Aufbau von Gründerpopulationen kommt, dürfte auf mehrere Gründe zurückzuführen sein.

So ist eine typische Verschleppungsweise, welche sehr schnell zur erfolgreichen Etablierung von *Aedes albopictus* in neuen, bisher unbesiedelten Gebieten führen kann, die Verschleppung von zahlreichen Eiern innerhalb von Handelswaren bzw. künstlichen Brutstätten (Reiter 1998). Diese Form der Verschleppung ist im Bereich von Bahnanlagen nicht zu erwarten, da diese als temporäre Umschlagspunkte und nicht als langfristige Lagerpunkte oder Endpunkte der transportierten Waren dienen. Die häufigste Form der Einschleppung, welche im Bereich von Bahnanlagen zu erwarten ist, ist die Verschleppung von einzelnen Weibchen, welche im Ursprungsland auf der Suche nach einer Blutmahlzeit in das Triebfahrzeug oder die Waggons geraten sind. Für einen erfolgreichen Aufbau kleiner Gründerpopulationen durch einzelne verschleppte Individuen sind jedoch mehrere Einschleppungsereignisse innerhalb kleinräumiger Bereiche nötig. Insbesondere ist zudem die Anzahl am Einzelfahren im Schienenverkehr als sehr gering anzusehen. Eine im Vergleich zur Straße geringere Anzahl an Einzelfahrten verringert die theoretische Möglichkeit der Verschleppung von blutsuchenden Weibchen der Asiatischen Tigermücke aus Südeuropa nach Deutschland.

Durch diese insgesamt geringere Anzahl an Einzelfahrten im länderübergreifenden Bahnverkehr in Verbindung mit der Bindung an das Schienennetz ist nicht nur die maximale Anzahl an möglichen Verschleppungen, sondern auch die Wahrscheinlichkeit verringert, dass es überhaupt zu einer Verschleppung innerhalb einer Einzelfahrt kommt. So ist es für eine Verschleppung zwingend notwendig, dass es im Bereich des Ausgangspunktes ein ausreichendes Brutstättenangebot bzw. eine entsprechende Populationsdichte der Asiatischen Tigermücke gibt.

Bei einer Verschleppung über den Straßenverkehr ist von einer sehr weitgestreuten und vielfältigen Anzahl an möglichen Ausgangspunkten auszugehen, sodass es in Verbindung mit der hohen Anzahl an Einzelfahrten regelmäßig zu hohen Populationsdichten im Bereich des Ausgangspunktes und einem Einflug von blutsuchenden Weibchen in die Fahrzeuge kommen kann.

Durch die Bindung an das Schienennetzsystem sind als Ausgangspunkte des Bahnverkehrs ausschließlich Bahnanlagen möglich. Die vorliegende Untersuchung zeigt ein vergleichsweise geringes Brutstättenangebot auf Bahnanlagen. Sollte das Brutstättenangebot im Bereich der südeuropäischen Bahnanlagen ebenfalls vergleichsweise gering ausfallen, wären hohe Populationsdichten der Asiatischen Tigermücken im Bereich der Haltepunkte hauptsächlich bei kleineren Bahnanlagen durch das Brutstättenangebot der umliegenden externen Bereiche zu erwarten. Hierbei besteht die Möglichkeit, dass als Haltepunkte des internationalen Schienenverkehrs Bahnanlagen in Südeuropa eher meist großräumiger ausfallen.

In diesem Zusammenhang ist jedoch zu erwähnen, dass mit zunehmender Anzahl an Gründerpopulationen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland neben der Einschleppung der Art aus Südeuropa zusätzlich der Aspekt der regionalen Weiterverschleppung zu berücksichtigen ist. Bei dieser regionalen Weiterverschleppung dürfte wiederum der Schienenverkehr des Personen- und vor allem des Nahverkehrs mit seinen kleineren Bahnanlagen und den regelmäßigen Haltepunkten eine größere Rolle spielen.

Diese regionale Weiterverschleppung wurde für die Gesamtbeurteilung des Einschleppungspotentials der verschiedenen Bahnanlagentypen nicht berücksichtigt, da die regionale Weiterverschleppung zusätzlich von den regionalen klimatischen Bedingungen und dem Vorkommen benachbarter Populationen der Asiatischen Tigermücke abhängig ist. Die Beurteilung des Einschleppungspotentials bezieht sich daher lediglich auf das Einschleppungspotential aus den Verbreitungsgebieten der Asiatischen Tigermücke in Südeuropa. Jedoch wird die regionale Weiterverschleppung innerhalb der Handlungsempfehlung bei der Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements (Kapitel 4.1.2) berücksichtigt.

Abschließend erfolgt in Tabelle 19 eine dreistufige Einteilung des Einschleppungspotentials für die verschiedenen Bahnanlagen-Nutzungstypen. Hierfür wird zunächst unabhängig des Nutzungstyps allen Bahnanlagen ohne direkte Schienenverkehrsverbindungen nach Südeuropa ein äußerst geringes und letztendlich zu vernachlässigendes Einschleppungspotential (-) zugewiesen. Auch Betriebsbahnanlagen, also Bahnanlagen ohne öffentlichen Zugang oder Umschlag von Waren, wird trotz bestehender direkter Schienenverkehrsverbindungen nach Südeuropa ein zu vernachlässigendes Einschleppungspotential (-) zugewiesen. Auch wenn generell eine Verschleppung von vereinzelten Individuen der Asiatischen Tigermücke innerhalb von Frachtcontainern möglich ist (Reiter and Darsie 1984), kann eine Einschleppung im Bereich von Betriebsbahnanlagen nur durch einen zeitlich begrenzt möglichen Ausflug flugfähiger Tiere durch Lüftungsschlitze der Frachtcontainer erfolgen, da an diesen Anlagen keine generelle Öffnung der Frachtcontainer erfolgt.

Mit Ausnahme der Umschlagbahnhöfe des begleiteten kombinierten Verkehrs wird den restlichen Bahnanlagennutzungstypen mit direkten Schienenverkehrsverbindungen nach Südeuropa ein zwar geringes, jedoch nicht auszuschließendes Einschleppungspotential (0) zugewiesen.

Nur im Bereich der Umschlagbahnhöfe des begleiteten kombinierten Verkehrs ist mit einer regelmäßigen und bedeutenden Einschleppung von Asiatischen Tigermücken aus Südeuropa zu rechnen, so dass diesem Nutzungstyp abschließend ein erhöhtes Einschleppungspotential (+) zugewiesen wird.

TABELLE 19: ABSCHLIEßENDE DREISTUFIGE EINTEILUNG DES EINSCHLEPPUNGSPOTENTIALS FÜR DIE VERSCHIEDENEN BAHNANLAGEN-NUTZUNGSTYPEN.

| **Bahnanlagen-Nutzungstyp** | **Direkte Streckenanbindung zu Populationen in Südeuropa** | |
|---|---|---|
| | **Nicht vorhanden** | **Vorhanden** |
| Umschlagbahnhöfe (Begleiteter kombinierter Verkehr) | - | + |
| Umschlagbahnhöfe (Unbegleiteter kombinierter Verkehr) | - | 0 |
| Betriebsbahnanlagen (Rangierbahnhöfe, Wartegleise) | - | - |
| Güterbahnhöfe (Railports, Freiladegleise) | - | 0 |
| Personenbahnhöfe (Haltepunkt Personenverkehr) | - [(1)] | 0 |
| Personenbahnhöfe (Entladepunkt Autozug) | - | 0 |

(-) Äußerst geringes Einschleppungspotential, Einschleppungsrate nicht relevant
(0) Geringes Einschleppungspotential, relevante Einschleppungen nicht gänzlich auszuschließen
(+) Erhöhtes Einschleppungspotential, bedeutende Einschleppungsrate
(1) Regionale Weiterverschleppung innerhalb Deutschlands nicht berücksichtigt, diese erfolgt bei der Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements (Kapitel 4.1.2)

# 3.3 Beurteilung der klimatischen Bedingungen

Wie bei allen Insekten ist auch bei der Asiatischen Tigermücke die Aktivität und Entwicklung von der Umgebungstemperatur abhängig, wobei eine optimale Entwicklung auf einen relativ engen Temperaturbereich beschränkt ist (Ratte 1985, Clements 1992). Als ursprünglich tropische Art (Hawley 1988) ist die Asiatische Tigermücke auf deutlich höhere Temperaturen angewiesen, um wie alle Stechmücken als r-Stratege hohe Individuenverluste nicht nur durch hohe Fruchtbarkeit, sondern möglichst auch durch eine kurze Generationsdauer zu kompensieren (Favier, Degallier et al. 2006). So können die klimatischen Bedingungen neben der Einschleppungsrate und dem Brutstättenangebot als einer der wichtigsten Faktoren angesehen werden, welche die Etablierungswahrscheinlichkeit der Asiatischen Tigermücke nach einer Einschleppung beeinflusst.

## 3.3.1 Material und Methoden

Für die Beurteilung der klimatischen Bedingungen werden innerhalb dieses Projektes drei klimatische Bereiche festgelegt, anhand welcher in der abschließenden Handlungsempfehlung die Intensität der empfohlenen Maßnahmen modifiziert wird (Tabelle 20). Die Einteilung der klimatischen Bereiche wurde auf der Basis des von Pluskota (2011) aufgezeigten Temperaturprofils der Asiatischen Tigermücke, der in selber Arbeit herausgearbeiteten hauptlimitierenden klimatischen Einflussgrößen und der Befalls-Situation der Art in Deutschland der letzten Jahre festgelegt.

TABELLE 20: KLIMATISCHE BEREICHE ZUR BEURTEILUNG DER BEDINGUNGEN FÜR EINE POPULATIONSENTWICKLUNG DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKE UND MODIFIZIERUNG DER EMPFOHLENEN MAßNAHMEN IN DER ABSCHLIEßENDEN HANDLUNGSEMPFEHLUNG.

| **Hochsommermittel CLINO-Periode 1961-1990** | **Eignung für Populationsentwicklung der Asiatischen Tigermücke** |
|---|---|
| > 18 °C | Optimal |
| 16-18 °C | Suboptimal |
| < 16 °C | Pessimal |

Als klimatischer Bereich, welcher Gebiete mit ausreichenden klimatischen Bedingungen für einen erfolgreichen Populationsaufbau der Asiatischen Tigermücke eingrenzt, wird ausgehend von der aktuell gültigen internationalen klimatischen Referenzperiode (CLINO-Periode 1961-1990) ein Hochsommermittel von über 18 °C gefordert. In diesem als „**Optimal**“ bezeichneten Bereich ist aufgrund des Klimawandels mittlerweile sicher von einem Erreichen des von Pluskota (2011) geforderten Grenzwertes von durchschnittlich 19 °C als Hochsommermittel auszugehen. So kann hier bei ausreichendem Angebot an Brutstätten, welche entweder durch Niederschläge oder menschliche Aktivität regelmäßig Wasser führen, die Asiatische Tigermücke nach erfolgter Einschleppung rasch kleine Gründerpopulationen aufbauen. Auch wird es im Umfeld von Massenbrutstätten wie Friedhöfen, Kleingartenanlagen oder gartenreichen Siedlungsgebieten zu hohen Populationsdichten der Art kommen. Durch die zu erwartenden insgesamt mittleren bis stellenweise hohen Populationsdichten erfolgt eine stetige Ausbreitung bzw. Weiterverschleppung in umliegende Bereiche. Auch ist in unterdurchschnittlich kühlen Jahren mit keinen größeren Populationseinbrüchen zu rechnen, so dass ohne Bekämpfungsmaßnahmen kein Erlö-

schen von zuvor stabilen Gründerpopulationen erfolgt. Daher ist davon auszugehen, dass nach einer erfolgreichen Einschleppung und dem Aufbau einer Gründerpopulation eine langfristige Etablierung der Asiatischen Tigermücke innerhalb des klimatischen Bereichs „Optimal“ sehr wahrscheinlich ist.

Der als „**Suboptimal**“ bezeichnete klimatische Bereich umfasst alle Gebiete, welche ausgehend von der aktuell gültigen internationalen klimatischen Referenzperiode (CLINO-Periode 1961-1990) ein Hochsommermittel von 16-18 °C aufweisen. Innerhalb dieser Gebiete kann es bei ausreichendem Angebot an Brutstätten, welche entweder durch Niederschläge oder menschliche Aktivität regelmäßig Wasser führen, nach erfolgter Einschleppung, vor allem in überdurchschnittlich warmen Jahren, zum langsamen Aufbau kleiner Populationen der Asiatischen Tigermücke kommen. Durchschnittlich werden zwar meist nur geringe Populationsdichten erreicht, welche jedoch in überdurchschnittlich warmen Jahren oder innerhalb von Wärmeinseln im Bereich von Massenbrutstätten lokal anwachsen können. Eine aktive Ausbreitung erfolgt in durchschnittlichen Jahren kaum, so dass nur über eine passive Weiterverschleppung durch menschliche Aktivität eine bedeutende Ausdehnung der Population zu erwarten ist. In unterdurchschnittlich kühlen Jahren wird es wiederum zu einem Populationsrückgang kommen, welcher vor allem bei noch sehr kleinen und lokal begrenzten Populationen zum vollständigen Erlöschen führen könnte. Eine langfristige Etablierung mit geringer Populationsdichte bzw. sporadisches Vorkommen der Asiatischen Tigermücke ist jedoch nicht völlig auszuschließen.

Der als „**Pessimal**“ bezeichnete klimatische Bereich umfasst alle Gebiete, welche ausgehend von der aktuell gültigen internationalen klimatischen Referenzperiode (CLINO-Periode 1961-1990) ein Hochsommermittel von unter 16 °C aufweisen. Innerhalb dieser Gebiete wird es höchstwahrscheinlich selbst im Bereich von Massenbrutstätten wie Friedhöfen, Kleingartenanlagen oder gartenreichen Siedlungsgebieten zu keiner ausreichenden Populationsentwicklung und zu keinem Aufbau von Gründerpopulationen nach einer erfolgten Einschleppung kommen. In überdurchschnittlich warmen Jahren und im Bereich von Wärmeinseln kann es durchaus zu sporadischem Auftreten der Art kommen, welche jedoch keine nennenswerten Populationsdichten erreichen und wieder von alleine erlöschen. Es ist daher davon auszugehen, dass nach einer erfolgreichen Einschleppung eine langfristige Etablierung der Asiatischen Tigermücke in diesen Bereichen ausgeschlossen ist.

Durch die Einteilung in lediglich drei klimatische Bereiche kommt es im Übergangsbereich zwischen den einzelnen klimatischen Bereichen zu einer abrupten Änderung der Entwicklungseinschätzung innerhalb weniger Zehntelgrad, welche nicht der sich sukzessiv ändern Freilandsituation entspricht. Eine Harmonisierung der Übergangsbereiche wäre nur mit weiteren klimatischen Zwischenbereichen möglich, wie es innerhalb der klimatischen Etablierungseinschätzung der Computeranwendung „Kommunale Etablierungseinschätzung - *Aedes albopictus*“ (Pluskota, Fischer et al. 2019) umgesetzt wird. Im Rahmen dieses Projektes ist jedoch zur späteren Anwendung keine computerunterstützte Berechnung der klimatischen Bedingungen und Beurteilung der Situation im Bereich von Bahnanlagen vorgesehen. Daher ist eine Beschränkung auf lediglich drei klimatische Bereiche für die einfachere Handhabung und die bessere Übersichtlichkeit sinnvoll. Weiterhin können durch die Beschränkung auf drei klimatische Bereiche die vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellten Klimakarten (DWD 2020) herangezogen werden, was weiterhin eine schnelle und unkomplizierte Ermittlung der empfohlenen Maßnahmen in Kapitel 4.1.2 ermöglicht.

## 3.3.2 Ergebnisse und Beurteilung

Ausgehend von den in Kapitel 3.3.1 festgelegten klimatischen Bereichen findet die Asiatische Tigermücke aktuell vor allem innerhalb der Oberrheinebene und direkt daran angrenzenden Gebieten des Maintals ausreichend Lebensbedingungen für einen raschen Populationsaufbau und eine dauerhafte erfolgreiche Etablierung. Weiterhin können kleinere Gebiete im Bereich des Grenzgebietes der Bundesländer Sachsen und Sachsen-Anhalt, das Stadtgebiet von Berlin, vereinzelte, sehr kleine Bereiche entlang der Flüsse Saale, Spree, Saar, Neckar und Mittelrhein (Abbildung 43) dem klimatischen Bereich „Optimal“

zugeordnet werden. Den kompletten Tälern dieser Flüsse sollte daher beim zweiten Auswahlkriterium innerhalb der Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements in Kapitel 4.1.2 eine Sommermitteltemperatur von über 18 °C zugesprochen werden.

Abbildung 43: Hochsommermitteltemperaturen während der CLINO-Periode 1961-1990.
Klimaatlas, Deutscher Wetterdienst: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatls_node.html.

# 4 Handlungsempfehlungen

Mit voranschreitendem Klimawandel erfolgte in den letzten Jahren eine stetige Verbesserung der klimatischen Bedingungen für die Asiatische Tigermücke in Mitteleuropa. Eine dauerhafte Etablierung und Massenentwicklung der Art ist daher nur durch eine Reduktion der Einschleppungsraten und des Brutstättenangebotes in den relevanten Bereichen zu erreichen. Mit Hilfe der Handlungsempfehlung können in Abhängigkeit von Einschleppungsrate und klimatischen Bedingungen zielgerichtete präventive Brutstätten-Managementmaßnahmen durchgeführt werden. Dies ermöglicht es, eine Etablierung und Massenentwicklung der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen ökonomisch zu unterbinden.

## 4.1 Zweistufiges prophylaktisches Brutstätten-Managementkonzept

Bei der Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke muss man zwingend zwischen prophylaktischen Maßnahmen zur Vermeidung einer Ansiedelung und intensiven Bekämpfungsmaßnahmen zur Ausrottung bereits etablierter Populationen der Art unterscheiden. Die in diesem Projekt ausgearbeiteten und vorgeschlagenen Maßnahmen sind lediglich als prophylaktische Maßnahmen zu sehen, mit denen die Wahrscheinlichkeit einer Etablierung der Asiatischen Tigermücke nach einer Einschleppung über den Bahnverkehr entscheidend verringert werden kann.

Zwar könnte das vorgeschlagene Konzept auch zur Bekämpfung einer schon bestehenden Population herangezogen werden, hierbei wären jedoch je nach klimatischer und infrastruktureller Situation nur eine mehr oder minder große Reduktion der Populationsdichte der Asiatischen Tigermücke zu erzielen. Für eine vollständige Auslöschung einer bestehenden Teilpopulation ist das vorgeschlagene Konzept bei weitem nicht ausreichend, da hierfür intensive Bekämpfungsmaßnahmen durch geschultes Fachpersonal notwendig wären (Pluskota, Augsten et al. 2018).

Derzeit werden in Deutschland neu auftretende Populationen der Asiatischen Tigermücke üblicherweise im Auftrag der zuständigen Gesundheits- und Kommunalbehörden durch geschultes Fachpersonal mit biologischen Methoden bekämpft. Gemäß § 2 Ziffer 12 IfSG zählt *Aedes albopictus* als potentieller Krankheitsüberträger zu den Gesundheitsschädlingen. Sollte nach einem Nachweis der Asiatischen Tigermücke die Gefahr einer Krankheitsübertragung durch die Art begründet sein, so hat nach § 17 Abs. 2 IfSG die zuständige Behörde die zu ihrer Bekämpfung erforderlichen Maßnahmen anzuordnen. Bei der zuständigen Behörde handelt es sich nach § 1 Absatz 6 der IfSG-ZustV um die Ortspolizeibehörde, die gemäß § 17 Abs. 6 IfSG i.V. m. § 16 Abs. 6 und 7 IfSG auf Vorschlag des Gesundheitsamts handelt.

Sollte es zu einer Ausbreitung lokaler Populationen bis in den Bereich oder das Umfeld einer Bahnanlage kommen, kann bis zum Beginn dieser behördlich organisierten Maßnahmen im Bereich der Bahnanlage das empfohlene Brutstätten-Management zur Unterstützung durchgeführt werden.

Bei ausbleibenden behördlich organisierten Maßnahmen zur Bekämpfung lokaler Populationen der Asiatischen Tigermücke wird empfohlen, den Kontakt zu den zuständigen Behörden zu suchen und mit diesen die Möglichkeit einer Bekämpfung der Art zumindest im Umfeld von mindestens 100 Meter um die Bahnanlagen zu erörtern. Diese wäre nicht nur wegen einer möglichen zu erwartenden starken Stichbelästigung aufgrund des meist hohen Brutstättenangebotes im externen Umfeld von Bahnanlagen (Kapitel 3.1.2.5), sondern vor allem wegen der Gefahr einer regionalen Weiterverschleppung der Asiatischen Tigermücke über den Bahnverkehr zu empfehlen.

In bisher von der Asiatischen Tigermücke unbesiedelten Gebieten kann mit dem prophylaktischen Brutstätten-Managementkonzept im Bereich von Bahnanlagen eine Etablierung der Asiatischen Tigermücke nach einer Einschleppung über den Bahnverkehr verhindert werden. Hierfür werden innerhalb des prophylaktischen Brutstätten-Managementkonzepts zwei verschiedene Arten von Einzelmaßnahmen vorgeschlagen, welche entweder **einmalig** oder **regelmäßig** in Abhängigkeit der jeweiligen Situation in wiederum **zwei unterschiedlichen Intensitätsstufen** durchzuführen sind (Tabelle 21).

Bei **einmaligen Einzelmaßnahmen** werden potentielle Brutstätten so verändert, dass diese dauerhaft für die Aufzucht von Stechmückenbrut ungeeignet werden. Wird bei der Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements in Kapitel 4.1.2 eine **hohe Intensität** empfohlen, sollten diese einmaligen Einzelmaßnahmen möglichst zeitnah durchgeführt werden. Bei einer empfohlenen **moderaten** Intensität ist es ausreichend, die einmaligen Einzelmaßnahmen bei Gelegenheit, z. B. im Rahmen späterer geplanter Baumaßnahmen im Bereich der entsprechenden Brutstätten durchzuführen.

**Regelmäßige Einzelmaßnahmen** sind bei Brutstätten nötig, welche nicht dauerhaft manipuliert werden können. Um ein Heranwachsen von Stechmückenbrut zu unterbinden, müssen diese Brutstätten in Abhängigkeit der empfohlenen Intensität entweder mindestens einmal oder mindestens viermal pro Jahr aufgesucht und die in Kapitel 4.1.3 empfohlenen entsprechenden Einzelmaßnahmen durchgeführt werden.

TABELLE 21: DRINGLICHKEIT DER DURCHFÜHRUNG VON EINZELMAßNAHMEN IN ABHÄNGIGKEIT DER EMPFOHLENEN INTENSITÄT DES PROPHYLAKTISCHEN BRUTSTÄTTEN-MANAGEMENTS.

| **Art der Einzelmaßnahmen (Kapitel 4.1.3)** | **Intensität (Kapitel 4.1.3)** | |
|---|---|---|
| | **Intensiv** | **Moderat** |
| Einmalige Maßnahmen | Durchführung sofort | Durchführung bei Gelegenheit |
| Regelmäßige Maßnahmen | Durchführung min. 4x jährlich | Durchführung min. 1x jährlich |

# 4.2 Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements

Zur einfachen Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements kann für entsprechende Bahnanlagen der in Abbildung 44 dargestellte Entscheidungsbaum Schritt für Schritt abgearbeitet werden. Durch Beantwortung der einzelnen Fragen ergibt sich die empfohlene Intensität (Kapitel 4.1.1) der durchzuführenden Einzelmaßnahmen (Kapitel 4.1.3). Zur korrekten Beantwortung der Fragen können folgende Hinweise herangezogen werden:

**Hinweis Frage 1: Gibt es eine örtliche Population Asiatischer Tigermücken im Bereich der Bahnanlage?**

In den letzten Jahren gab es eine deutliche Zunahme von neuen lokalen Populationen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland. Werden diese entdeckt und gemeldet, erfolgt üblicherweise eine Information der Öffentlichkeit über die zuständigen Gesundheits- und Kommunalbehörden.

Üblicherweise werden lokal begrenzte Populationen der Asiatischen Tigermücke im Auftrag der zuständigen Gesundheits- und Kommunalbehörden durch geschultes Fachpersonal mit biologischen Methoden bekämpft. Bis zum Beginn dieser behördlich organisierten Maßnahmen empfiehlt es sich, zur Unterstützung im Bereich der Bahnanlage das empfohlene Brutstätten-Management in intensiver Form durchzuführen.

**Hinweis Frage 2: Welche Hochsommertemperaturen (Clino-Periode 1961-1990) herrschen im Bereich der Bahnanlage?**

Die Temperaturen während der Hochsommermonate beeinflussen maßgeblich die Populationsentwicklung der Asiatischen Tigermücke und können herangezogen werden, um die Möglichkeit einer Etablierung und einer Massenentwicklung der Art einzuschätzen. Als Referenz für Auswertung, vergleichende Betrachtung und Entscheidungen, welche von Klimabedingungen abhängen, werden sogenannte Normalperioden (Clino-Perioden) als einheitliche Zeiträume herangezogen. Diese werden von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) festgelegt, wobei die aktuell gültige Normalperiode den Zeitraum von 1961 bis 1990 umfasst.

Um festzustellen, welche durchschnittlichen Hochsommertemperaturen während der Clino-Periode von 1961 – 1990 im Bereich der Bahnanlagen herrschten, kann der vom Deutschen Wetterdienst kostenlos bereitgestellte Deutsche Klimaatlas verwendet werden.

https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html

**Hinweis Frage 3a: Besitzt die Bahnanlage eine Direktverbindung nach Südeuropa?**

Eine Verschleppung der Asiatischen Tigermücke aus Südeuropa ist nur möglich, wenn direkte Zugverbindungen bestehen. Als Direktverbindung gelten hierbei nur Zugfahrten, bei welchen die in Deutschland ankommenden Züge unmittelbar in Südeuropa gestartet sind.

**Hinweis Frage 3b: Besitzt die Bahnanlage begleiteten kombinierten Verkehr und eine Direktverbindung nach Südeuropa?**

Vor allem an Umschlagbahnhöfen des begleiteten kombinierten Verkehrs mit Direktverbindungen nach Südeuropa ist mit einer regelmäßigen und bedeutenden Einschleppung von Asiatischen Tigermücken zu rechnen. Als Direktverbindung gelten hierbei nur Zugfahrten, bei welchen die in Deutschland ankommenden Züge unmittelbar in Südeuropa gestartet sind.

**Hinweis Frage 4: Handelt es sich bei der Bahnanlage um einen Personenbahnhof?**

Auch ohne Direktverbindungen nach Südeuropa besteht vor allem im Bereich von Personenbahnhöfen generell die Möglichkeit einer Weiterverschleppung bzw. einer regionalen Einschleppung aus schon in Deutschland etablierten lokalen Populationen. Die Wahrscheinlichkeit einer solchen regionalen Einschleppung ist aufgrund des einerseits ständigen neuen Auftretens und andererseits der ebenso erfolgreichen Bekämpfung lokaler Populationen schwer zu generalisieren. Daher ist prinzipiell an Personenbahnhöfen innerhalb der klimatisch günstigen Bereiche in Deutschland mit einem Auftreten der Asiatischen Tigermücke zu rechnen.

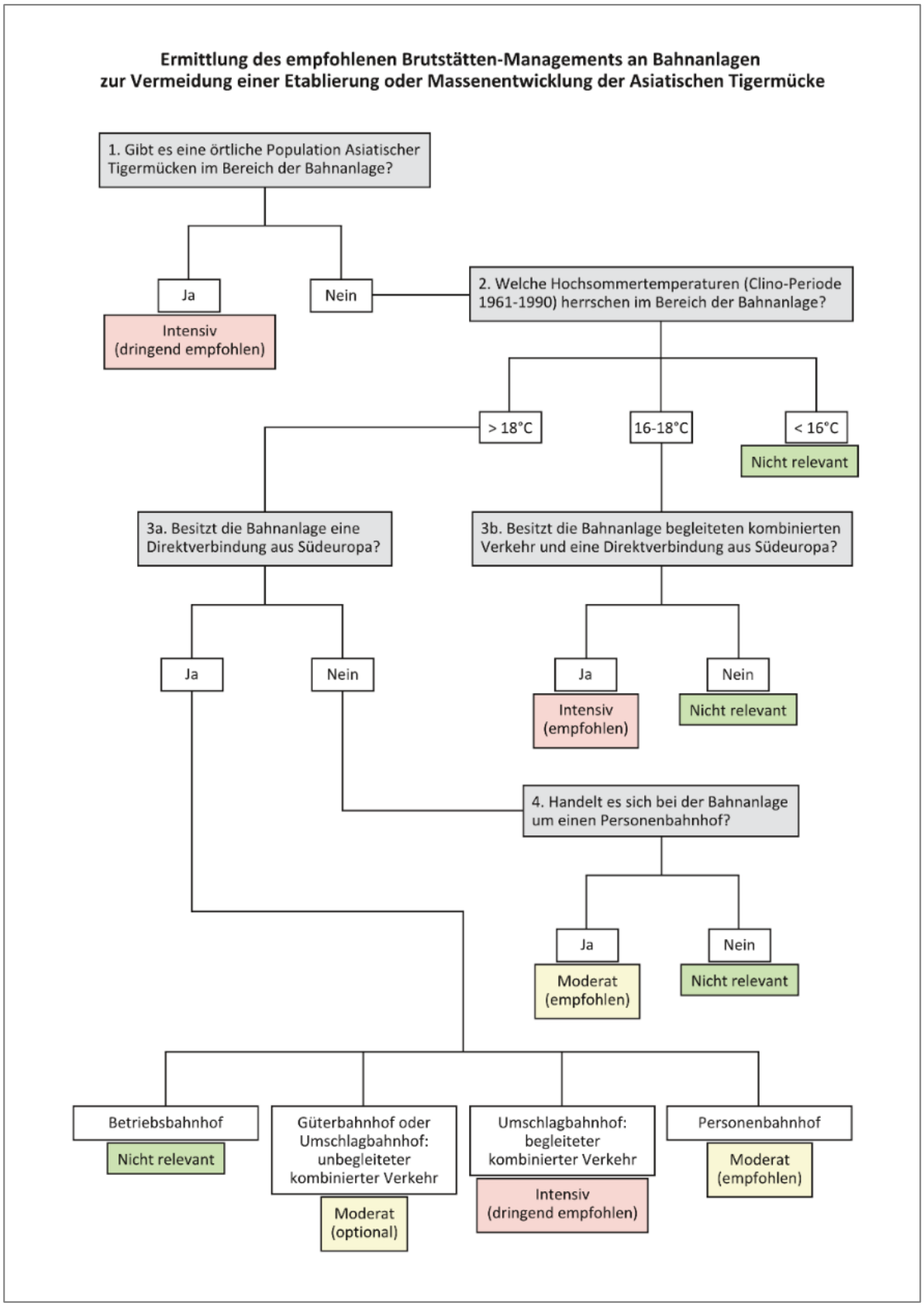


Abbildung 44: Entscheidungsbaum zur Ermittlung der empfohlenen Intensität des in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Brutstätten-Managements.

# 4.3 Maßnahmenkatalog (einzelne Brutstättentypen)

Der hier vorliegende Maßnahmenkatalog wurde in Hinblick auf das typische Brutstättenangebot (Kapitel 2.2.2) im Bereich von Bahnanlagen entworfen. Brutstätten, wie sie im Bereich von Siedlungen- und Gartenanlagen zu finden sind, werden im Maßnahmenkatalog nicht berücksichtigt. In diesem Zusammenhang sind die sehr häufig direkt an die Gleisbereiche angrenzenden Kleingartenanlagen zu nennen. Diese Kleingartenanlagen befinden sich auf ehemals von der Deutschen Bahn ungenutzten Flächen und werden von dieser als Gartenflächen an Vereine verpachtet. Da diese Vereine und die gepachteten Flächen sich nicht in direkter Zuständigkeit der Deutschen Bahn befinden und unabhängig des eigentlichen Bahnbetriebes bestehen, waren diese Kleingartenanlagen nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

Durch das erhöhte Brutstättenangebot im Bereich dieser Kleingartenanlagen besteht hier jedoch nach einer Einschleppung der Asiatischen Tigermücke über das Schienenverkehrsnetz ein deutliches Risiko einer erfolgreichen Etablierung der Art. Wurde bei der Ermittlung des Brutstätten-Managements in Kapitel 4.1.2 die Durchführung von Maßnahmen empfohlen, ist es ebenfalls anzuraten, den Kontakt zu den verantwortlichen Vereinsmitgliedern der Kleingartenanlage zu suchen und diesen ebenfalls die Durchführung von prophylaktischen Maßnahmen nahezulegen. Als erstes Informationsblatt oder als Aushang innerhalb der Kleingartenanlage kann die Vorlage aus dem Anhang (Kapitel 9.3) genutzt werden.

Für die Durchführung von prophylaktischen Maßnahmen innerhalb der internen Bahnanlagenbereiche können die Vorschläge und Hilfestellungen der folgenden Kapitel 4.3.1 bis 4.3.8 herangezogen werden. Grundsätzlich können auch andere Vorkehrungen getroffen werden, welche das Ansammeln von Wasser in Vertiefungen und Aushöhlungen generell oder für Zeitspannen länger als 14 Tage verhindern.

## 4.3.1 Senkrechte Hohlprofile

Einmalige Maßnahmen: Senkrechte Hohlprofile werden am einfachsten mit passenden Abschlusskappen (Abbildung 45) dauerhaft verschlossen. Solche Abschlusskappen sind im Fachhandel oder direkt beim Hersteller der Hohlprofile in verschiedenen Varianten und Größen vorhanden.

Lassen sich keine passenden Abschlusskappen finden, können senkrechte Rohrkappen notfalls mit aushärtenden Baustoffen wie Zement dauerhaft verschlossen werden (Abbildung 46). Um nicht das ganze Hohlprofil mit dem Baustoff ausfüllen zu müssen, kann zunächst mit Bauschaum oder Zellstoff ein Pfropfen knapp unterhalb der oberen Öffnung hergestellt werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Aufgrund der Möglichkeit mit „einmaligen Maßnahmen“ sehr einfach und kostengünstig das Auffangen von Niederschlagswasser in senkrechten Hohlprofilen wie Pfosten, Pfählen, Rohren und Masten dauerhaft zu unterbinden, sind regelmäßig durchzuführende Maßnahmen bei diesen potentiellen Brutstättentypen generell nicht zu empfehlen.

Abbildung 45: Im Fachhandel erhältliche Abschlusskappen für senkrechte Hohlprofile wie Pfähle und Rohre.

Abbildung 46: Mit Zement verschlossener Zaunpfahl.

**Bodenhülsen**

Einmalige Maßnahmen: Auch Bodenhülsen von senkrechten Hohlprofilen können mit passenden Abschlussdeckeln verschlossen werden. Da diese jedoch einerseits wieder herausnehmbar sein müssen und möglichst ohne hervorstehende Kanten ebenerdig auf die entsprechenden Bodenhülsen passen sollten, ist das Angebot an universal verwendbaren Produkten gering, so dass Abschlussdeckel am besten direkt beim Hersteller der Bodenhülsen bezogen werden.

Ein dauerhafter Verschluss mit aushärtenden Baustoffen ist bei Bodenhülsen nicht möglich, da dies die Funktionalität der Bodenhülsen beeinträchtigen würde.

Regelmäßige Maßnahmen: Viele Bodenhülsen besitzen am unteren, im Boden eingelassenen Ende ein Ablaufloch für eindringendes Wasser. Diese Ablauflöcher setzen sich im Laufe der Zeit durch eindringen Schmutz zu oder es kommt zu einer Verschlämmung des Bodenmaterials unterhalb des Ablaufloches und letztendlich zum Rückstau von eindringendem Wasser. Durch regelmäßiges Ausspülen beziehungsweise Reinigen der Bodenhülsen und möglichst tiefem Durchstoßen des Ablaufloches mit einem passenden Metallstab kann der Ablauf von Wasser wieder ermöglicht werden.

Bodenhülsen, in welchen nur sehr selten senkrechte Hohlprofile verankert werden, können vorübergehend mit Schüttmaterialien wie z. B. Sand verschlossen werden. Diese Schüttmaterialien müssen jedoch zur späteren Verwendung der Bodenhülse wieder ausgeschwemmt oder ausgesaugt werden.

Eine regelmäßige Maßnahme, um in wassergefüllten Bodenhülsen das Aufwachsen von Stechmückenlarven zu verhindern, ist die Ausbringung des biologischen Wirkstoffs *B.t.i*. Weitere Informationen hierzu werden im Dokument „Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *B.t.i* “ im Anhang (Kapitel 9.4) bereitgestellt.

## 4.3.2 Oberflächenwasserabläufe

**Entwässerungsrinnen**

Einmalige Maßnahmen: Einmalige Maßnahmen zur dauerhaften Manipulation von bestehenden Entwässerungsrinnen und deren wassersammelnden Sinkkästen sind leider nicht zu realisieren. Ein Abdecken mit Gittergewebe, um das Eindringen von eiablagebereiten Stechmücken zu verhindern, führt kurz- bis mittelfristig zu einem Zusetzen des abdeckenden Gittergewebes und zu einer Beeinträchtigung der Funktionalität der Entwässerungsrinnen.

Bei Neubau oder Reparaturarbeiten von Entwässerungsrinnen sollten, falls möglich, Sinkkästen mit Direktablauf und ohne Nassschlammsammler verwendet werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Eine generelle regelmäßige Maßnahme ist das Reinigen der Entwässerungsrinnen und Sinkkästen um Verstopfungen zu vermeiden. Diese Verstopfungen können sonst zu einem größeren Rückstau innerhalb der gesamten Entwässerungsrinne und zu kleineren Massenbrutstätten für Stechmücken führen.

Eine regelmäßige Maßnahme, um in wassergefüllten Sinkkästen das Aufwachsen von Stechmückenlarven zu verhindern, ist die Ausbringung des biologischen Wirkstoffs *B.t.i*. Weitere Informationen hierzu werden im Dokument „Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *B.t.i.*“ im Anhang (Kapitel 9.4) bereitgestellt.

Weniger effektiv und mit größerem Arbeitsaufwand versehen wäre die regelmäßige Reinigung der Sinkkästen mit einem Hochdruckreiniger oder einer harten Bürste, um eventuell an den Seitenwänden der Sinkkästen anhaftende Eier der Asiatischen Tigermücke zu entfernen.

**Hof- und Straßenabläufe**

Einmalige Maßnahmen: Schlammeimer mit seitlichen Schlitzungen bis zur Bodenplatte oder mit Ablauflöchern in den Bodenplatten verhindern den längerfristigen Rückstau von Niederschlagswasser. Einige Modelle besitzen jedoch im unteren Bereich des Schlammeimers keinerlei Ablaufmöglichkeiten. Diese Modelle können entweder ausgetauscht oder mittels Bohr- und Schneidegeräte nachträglich für Wasser durchlässig gestaltet werden.

Für Hof- und Straßenabläufe mit sogenannten Nassschlammsammlern besteht leider nur die Möglichkeit, bei Neuanlage von Entwässerungssystemen oder bei nötigen Sanierungen diese bedeutenden Massenbrutstätten für Stechmücken durch Modelle mit Direktablauf und ohne Nassschlammsammler zu ersetzen.

Regelmäßige Maßnahmen: Schlammeimer mit Ablaufmöglichkeiten sollten regelmäßig gereinigt werden, um Verstopfungen durch zurückgehaltenen Schmutz und einen Rückstau von Niederschlagswasser zu verhindern.

Eine regelmäßige Maßnahme, um in wassergefüllten Nassschlammsammlern das Aufwachsen von Stechmückenlarven zu verhindern, ist die Ausbringung des biologischen Wirkstoffs *B.t.i.* Weitere Informationen hierzu werden im Dokument „Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *B.t.i*“ im Anhang (Kapitel 9.4) bereitgestellt.

### 4.3.3 Schachtbauwerke

**Kabelschächte**

Einmalige Maßnahmen: Sofern es die Funktionalität zulässt, sollten bei Kabelschächten mit Lüftungsgittern in der Deckplatte diese Deckplatten gegen tagwasserdichte Schachtabdeckung ausgetauscht werden (Abbildung 47). Dadurch ist sowohl ein Eindringen von Niederschlagswasser als auch von Stechmücken in den Kabelschacht nicht möglich.

Sind Lüftungsgitter innerhalb der Abdeckungen erforderlich, können darunterliegende Schmutzfangschalen mittels Bohr- und Schneidegeräte für Wasser durchlässig gestaltet werden.

Auch bei Kabelschächten mit Bodenplatte kann eindringendes Niederschlagswasser generell über ein Sickerloch oder die Stoßkanten zwischen den Beton-Einzelbauteilen austreten. Fehlen diese Ablauflöcher oder sind diese nur in geringer Zahl vorhanden, können mit Bohrgeräten weitere Ablauföffnungen der Bodenplatte zugefügt werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Schmutzfangschalen oder Bodenplatten mit Ablaufmöglichkeiten sollten regelmäßig gereinigt werden, um Verstopfungen durch zurückgehaltenen Schmutz und einen Rückstau von Niederschlagswasser zu verhindern.

Eine regelmäßige Maßnahme, um in wassergefüllten Schmutzfangschalen das Aufwachsen von Stechmückenlarven zu verhindern, ist die Ausbringung des biologischen Wirkstoffs *B.t.i.* Weitere Informationen hierzu werden im Dokument „Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *B.t.i.*“ im Anhang (Kapitel 9.4) bereitgestellt.

Abbildung 47: Kabelschacht mit tagwasserdichtem Deckel am Wartegleis Schwetzingen.

**Abwasserrevisionsschächte**

Einmalige Maßnahmen: Sofern es die Funktionalität zulässt, sollten bei Abwasserrevisionsschächten mit Lüftungsgittern in der Deckplatte diese Deckplatten gegen tagwasserdichte Abdeckungen ausgetauscht werden. Dadurch ist sowohl ein Eindringen von Niederschlagswasser als auch von Stechmücken nicht mehr möglich.

Sind Lüftungsgitter innerhalb der Abdeckungen erforderlich, können darunterliegende Schmutzfangschalen mittels Bohr- und Schneidegeräte für Wasser durchlässig gestaltet werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Schmutzfangschalen mit Ablaufmöglichkeiten sollten regelmäßig gereinigt werden, um Verstopfungen durch zurückgehaltenen Schmutz und einen Rückstau von Niederschlagswasser zu verhindern.

Eine regelmäßige Maßnahme, um in wassergefüllten Schmutzfangschalen das Aufwachsen von Stechmückenlarven zu verhindern, ist die Ausbringung des biologischen Wirkstoffs *B.t.i*. Weitere Informationen hierzu werden im Dokument „Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *B.t.i.*“ im Anhang (Kapitel 9.4) bereitgestellt.

### 4.3.4 Kabelkanäle

Kabelkanäle stellen generell keine potentiellen Stechmückenbrutstätten dar, da durch die modulare Bauweise aus Betonfertigteilen normalerweise ein zügiges Ablaufen des eintretenden Niederschlagswassers über die Stoßfugen erfolgt. Da jedoch eine allmähliche Verschlammung bzw. Abdichtung der Stoßfugen durch eindringenden Schmutz und lokal eine Bildung von Wasseransammlungen nicht völlig

auszuschließen ist, sollte in Erwägung gezogen werden, eine gelegentliche Stichprobenkontrolle der Kabelschächte und eventuell nötige Reinigung zugesetzter Stoßfugen vorzunehmen.

### 4.3.5 Dachrinnen

Einmalige Maßnahmen: Keine einmaligen Maßnahmen möglich

Regelmäßige Maßnahmen: Um Wasseransammlungen in Dachrinnen und Dachkanälen zu vermeiden, sollten diese regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls Verstopfungen im Bereich der ableitenden Rohrsysteme beseitigt oder u-förmige Absenkungen repariert werden.

### 4.3.6 Nicht verbaute Brutstätten

**Eimer und Wannen**

Einmalige Maßnahmen: Eimer und Wannen, welche zur Reinigung der Scheiben des Führerstandes am Ende des Bahnsteiges bereitgestellt oder für andere Tätigkeiten im Bereich von Bahnanlagen benötigt werden, sollten mit einem gut abdichtenden Deckel oder Netzgewebe abgedichtet werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Ist es nicht möglich, Eimer oder Wannen mit einem Deckel oder Netzgewebe zu versehen, sollten diese Behältnisse zwischen April bis Oktober regelmäßig komplett geleert werden und innerhalb eines Zeitraumes von maximal zehn Tagen mindestens einmal gänzlich trockenfallen.

**Müll**

Einmalige Maßnahmen: In Bereichen mit hoher Frequenz an Bahnreisenden und vielen Kleinstbrutstätten in Form von weggeworfenen Getränkedosen, -flaschen und Einwegbechern kann durch zusätzlich aufgestellte Müllbehälter das Müllaufkommen reduziert werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Regelmäßiges Einsammeln von Müll, vor allem an schattigen Stellen, wie den üblicherweise an Parkplätze und Randbereiche angrenzenden Busch- und Heckenbeständen.

**Wasseransammlung in Falten von Abdeckplanen**

Einmalige Maßnahmen: Für Materialien und Werkzeuge, welche dauerhaft im Freien gelagert und zum Schutz vor Regen mit einer Plane abgedeckt sind, können Unterstände mit fester Bedachung gebaut werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Planen, welche zum Schutz vor Regen über Materialien und Werkzeuge gespannt wurden, sollten regelmäßig kontrolliert und gegebenenfalls nachgespannt werden.

**Temporär im Freien gelagerte Gegenstände**

Einmalige Maßnahmen: Temporär im Freien gelagerte Gegenstände, welche Vertiefungen und Aushöhlungen aufweisen, sollten mit einer straff gespannten Plane abgedeckt oder besser unter dauerhafte feste Bedachungen gebracht werden.

Regelmäßige Maßnahmen: Lassen sich im Freien gelagerte Gegenstände, welche Vertiefungen und Aushöhlungen aufweisen, nicht vor Niederschlägen schützen, sollten diese regelmäßig auf Wasseransamm-

lungen überprüft werden. Vorhandene Wasseransammlungen sollten dabei entfernt oder mit dem biologischen Wirkstoff *B.t.i*. behandelt werden. Weitere Informationen hierzu wurden im Dokument „Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *B.t.i.*“ im Anhang (Kapitel 9.4) bereitgestellt.

### 4.3.7 Flach auslaufende, offene Wasseransammlungen

Aufgrund der speziellen Brutstättenbiologie der Asiatischen Tigermücke werden offene und flach auslaufende Wasserflächen ohne jegliche vertikale Umrandung von der Art generell nicht zur Eiablage genutzt. Dies betrifft neben Pfützen auf offenen Flächen auch Wasseransammlungen in sehr flachen Entwässerungsrinnen oder Absenkungen in Dächern und anderen Bauteilen.

Auch wenn eine Eiablage der Asiatischen Tigermücke in solche offenen und flach auslaufenden Wasseransammlungen nicht völlig auszuschließen ist, ist die Wahrscheinlichkeit hierfür jedoch sehr gering, so dass diese Wasseransammlungen bei prophylaktischen Brutstätten-Managementmaßnahmen vernachlässigt werden können.

### 4.3.8 Gräben und Naturteiche

Aufgrund der speziellen Brutstättenbiologie der Asiatischen Tigermücke werden natürliche Ufersäume von Teichen, Tümpeln und Gräben, welche offene Erdbereiche oder Pflanzenbewuchs aufweisen, von der Asiatischen Tigermücke gemieden. Kommt es in diesen Formen von Kleingewässern zu sehr langfristigen oder dauerhaften Wasseransammlungen erfolgt zusätzlich meist eine Besiedelung durch räuberische Wasserinsekten, Amphibien oder Fische.

Diese Wasseransammlungen können daher bei prophylaktischen Brutstätten-Managementmaßnahmen vernachlässigt werden.

# 5 Fazit und Ausblick

Wie in dieser Studie aufgezeigt werden konnte, ist das Vermehrungspotential der Asiatischen Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen je nach Nutzungstyp zwischen äußerst gering bis gering einzuschätzen. Insgesamt scheint daher durch das nutzungstypische Brutstättenangebot der Bahnanlagen keine prinzipielle Gefahr einer Massenentwicklung oder einer erfolgreichen Etablierung der Asiatischen Tigermücke auszugehen.

Die Stichprobe ist mit insgesamt 35 untersuchten Bahnanlagen zu klein, um das Vorhandensein unbekannter Massenbrutstätten oder Konzentrationen einer größeren Anzahl an kleineren Brutstätten an Bahnanlagen kategorisch auszuschließen. So wiesen alle untersuchten Bahnanlagen viele bahnnutzungsbedingte strukturelle Gemeinsamkeiten auf, unterschieden sich jedoch erheblich aufgrund architektonischer oder anderer Gegebenheiten, wodurch es zu einer großen Spannbreite der berechneten Dichtepotentiale kam.

In diesem Zusammenhang ist auch der gelegentlich in großen Mengen im Bereich von Bahnanlagen gefundene Müll in Form von z. B. weggeworfenen Bechern, Dosen, Flaschen und Folien zu nennen, welcher innerhalb der Brutstättenkartierung nicht erfasst wurde. Diese Kleinstbrutstätten erreichen zwar nur sehr geringe Brutstättenwertungen, können jedoch z. B. bei einer großen Anzahl in sonnengeschützten Buschbereichen durchaus zu einer leichten Erhöhung des Vermehrungspotentials im Bereich von Bahnanlagen führen.

Daher sollte nicht auf eine Anwendung der Handlungsempfehlung verzichtet werden, auch wenn das Vermehrungspotential im Bereich von Bahnanlagen aufgrund des nutzungstypischen Brutstättenangebotes nur gering ausfällt. So erfolgt innerhalb der Handlungsempfehlung zunächst ohnehin durch den Schritt für Schritt leicht abzuarbeitenden Entscheidungsbaum eine starke Reduktion der Anzahl der in Deutschland behandlungsrelevanten Bahnanlagen. In den wenigen verbliebenen Bahnanlagen mit kritischen klimatischen oder infrastrukturellen Bedingungen kann letztendlich die Durchführung einfacher und kostengünstiger Einzelmaßnahmen das Risiko einer Massenentwicklung oder einer erfolgreichen Etablierung der Asiatische Tigermücke im Bereich von Bahnanlagen nahezu ausgeschlossen werden.

Auch das Einschleppungspotential für die Asiatische Tigermücke scheint für die meisten Bahnanlagen gering oder sogar vernachlässigbar zu sein. Jedoch ist zu betonen, dass im Rahmen dieses Projektes ein Monitoring zur direkten Erfassung der Einschleppungsraten nicht möglich war. Die Einschätzung des Einschleppungspotentials an Bahnanlagen erfolgte daher über schon verfügbare Daten früherer Forschungsprojekte des Auftragsnehmers, Literaturdaten und die im Rahmen dieses Projektes generierten Ergebnisse eines einmaligen Stechmückenmonitorings. Um das Einschleppungspotential von verschiedenen Verschleppungsarten sicher zu bestimmen, sind üblicherweise gezielte und länger dauernde Untersuchungen zur Erfassung der Einschleppungsrate vonnöten. Nur für den Bereich der Umschlagbahnhöfe des begleiteten kombinierten Verkehrs kann aufgrund bestätigter Verschleppungsereignisse sicher von einer regelmäßigen und bedeutenden Einschleppung von Asiatischen Tigermücken aus Südeuropa ausgegangen werden.

In Zukunft ist jedoch mit zunehmender Anzahl an Gründerpopulationen der Asiatischen Tigermücke in Deutschland neben der Einschleppung der Art aus Südeuropa zusätzlich der Aspekt der regionalen Weiterverschleppung zu berücksichtigen. Bei dieser regionalen Weiterverschleppung dürfte wiederum der Schienenverkehr des Personen- und vor allem des Nahverkehrs mit seinen kleineren Bahnanlagen und den regelmäßigen Haltepunkten eine größere Rolle spielen.

Diese regionale Weiterverschleppung wurde für die Gesamtbeurteilung des Einschleppungspotentials der verschiedenen Bahnanlagentypen nicht berücksichtigt, da die regionale Weiterverschleppung zusätzlich von den regionalen klimatischen Bedingungen und dem Vorkommen benachbarter Populationen der Asiatischen Tigermücke abhängig ist. Die Gesamtbeurteilung des Einschleppungspotentials bezieht sich daher lediglich auf das Einschleppungspotential aus den Verbreitungsgebieten der Asiatischen Tigermücke in Südeuropa. Jedoch wird die regionale Weiterverschleppung innerhalb der Handlungsempfehlung bei der Ermittlung des empfohlenen Brutstätten-Managements berücksichtigt. Daher sollte nicht von einer Anwendung der Handlungsempfehlung abgesehen werden, auch wenn das Einschleppungspotential im Bereich der meisten Bahnanlagen nur gering ausfällt.

# 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Im Projekt untersuchte Bahnanlagen der verschiedenen Nutzungstypen. ..... 21

Abbildung 2: Schematische Übersicht der Brutstätten-Parameter und die Auswirkung auf die Brutstättenbewertung. ..... 23

Abbildung 3: Schwanenhalskamera für die Kontrolle von teilverschlossenen oder schwer einzusehenden Brutstätten. ..... 31

Abbildung 4: Blick von einer Fußgänger-Überquerung auf einen Teil des Gleisbereiches des Rangierbahnhofs Mannheim. ..... 32

Abbildung 5: Schildmast ohne Rohrkappe am Bahnhof Wiesloch-Walldorf ..... 35

Abbildung 6: Offener Absperrpfosten am Bahnhof Schifferstadt ..... 36

Abbildung 7: Freie Bodenhülse eines Absperrpfostens am Bahnhof Speyer ..... 37

Abbildung 8: Entwässerungsrinne auf Bahnsteig am Hauptbahnhof Singen. ..... 38

Abbildung 9: Senkkasten einer Entwässerungsrinne mit Wasseransammlungen unter dem Schmutzsieb am Hauptbahnhof Singen ..... 38

Abbildung 10: Durch das Einlaufgitter sichtbare Wasseransammlung in einem Schlammeimer eines Straßenoberflächenablaufes auf der LKW-Zufahrt am Kombiterminal des begleiteten Verkehrs in Freiburg. ..... 39

Abbildung 11: Schlammeimer eines Straßenoberflächenablaufes auf dem LKW-Parkplatz am Kombiterminal des unbegleiteten Verkehrs in Singen. ..... 40

Abbildung 12: Nach Entfernung des Einlaufgitters und des Schlammeimers sichtbarer direkter Wasserablauf eines Oberflächenablaufes am Bahnhof Germersheim ..... 40

Abbildung 13: Beton-Kabelschachtdeckel mit Lüftungsgitter am Bahnhof Schifferstadt. ..... 41

Abbildung 14: Durch das Lüftungsgitter eines Kabelschachtdeckels sichtbare Wasseransammlung am Betriebsbahnanlage Mannheim-Rheinau. ..... 42

Abbildung 15: Schmutzfangschale im oberen Bereich eines Kabelschachtes ..... 42

Abbildung 16: Metall-Schachtdeckel mit kleinen Öffnungen für Hebelwerkzeuge am Bahnhof Königs-Wusterhausen. ..... 43

Abbildung 17: Durch das Lüftungsgitter eines Revisionsschachtes sichtbare Wasseransammlung am Kombiterminal des begleiteten Verkehrs in Freiburg. ..... 44

Abbildung 18: Wasseransammlung in Sammelrinne einer Bedachung von Fahrradständern am Bahnhof Mannheim-Friedrichsfeld. ..... 45

Abbildung 19: Wannen mit Wasser zur Reinigung der Scheiben des Führerstandes am Bahnhof Karlsruhe ..... 46

Abbildung 20: Ansammlung von Kleinstbrutstätten in Form von Getränkeverpackungen und Einwegbechern am Bahnhof Mannheim/Friedrichsfeld. ..... 47

Abbildung 21: Altreifen am Bahnhof Neustadt an der Weinstraße ..... 48

Abbildung 22: Weggeworfener alter Kochtopf am Hauptbahnhof Mannheim ..... 48

Abbildung 23: Wasseransammlung in Falten einer Abdeckplane. Externes Beispielfoto. ..... 49

Abbildung 24: Zwischengelagerter Laternenmast als mögliche vorübergehende Brutstätte am Bahnhof Schifferstadt. ..... 50

Abbildung 25: Flache Wasseransammlung auf der Bedachung am Hauptbahnhof Ludwigshafen am Rhein. ..... 51

Abbildung 26: Flache Wasseransammlung auf dem Boden am Hauptbahnhof Ludwigshafen am Rhein. ..... 51

Abbildung 27: Flache Wasseransammlung in oberflächlicher Ablaufrinne am Hauptbahnhof Mannheim. ..... 52

Abbildung 28: Regenwasserrückhaltebecken am Kombiterminal des unbegleiteten Verkehrs in Singen. ..... 53

Abbildung 29: Kabelkanal zwischen den Gleisen am Hauptbahnhof Singen. ..... 54

Abbildung 30: Stoßfuge zwischen zwei Bauteilen eines Kabelkanals am Kombiterminal des begleiteten Verkehrs in Freiburg. ..... 54

Abbildung 31: Übersichtsbild der im Bereich des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen Brutstätten. ..... 57

Abbildung 32: Übersichtsbild der im Bereich des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen und nach Kapitel 2.1.2 gewerteten Brutstätten. ..... 58

Abbildung 33: Abbildung der Formel zur Berechnung der Gesamtbelastung mit Weibchen der Asiatischen Tigermücke unter Berücksichtigung aller vorhandenen Brutstätten einer Bahnanlage. ..... 59

Abbildung 34: Berechnungsschritte auf dem Weg zur Visualisierung der als Dichtepotential bezeichneten Belastung mit Weibchen der Asiatischen Tigermücke pro Monat und Quadratmeter. ..... 60

Abbildung 35: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom dem im Bereich des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen Brutstättenangebot. ..... 62

Abbildung 36: Gesamtbrutstättendichte und Massenbrutstättendichte für verschiedene Bereiche. ..... 64

Abbildung 37: Anzahl der untersuchten Bahnanlagen mit erreichten maximalen Dichtekategorien in lokalen Teilbereichen. ..... 70

Abbildung 38: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom externen Brutstättenangebot im kommunalen Umfeld des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen. ..... 72

Abbildung 39: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom innerhalb des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen gefundenen Brutstättenangebot. ..... 73

Abbildung 40: Darstellung der räumlichen Verteilung des berechneten Dichtepotentials ausgehend vom im Bereich der Rastanlage „A5 Breisgau-Ost “ gefundenen Brutstättenangebot. ..... 75

Abbildung 41: Bahnsteig des Bahnhofs Pfaffengrund/Wieblingen und direkt angrenzende Kleingartenanlage mit ehemals sehr hohen Populationsdichten der Asiatischen Tigermücke. ..... 81

Abbildung 42: Die von einer Population der Asiatischen Tigermücke in Heidelberg zum Zeitpunkt der Entdeckung befallene Fläche (rot) und Umriss einer am Populationsrand gelegenen Bahnanlage (gelb). ..... 88

Abbildung 43: Hochsommermitteltemperaturen während der CLINO-Periode 1961-1990. Klimaatlas, Deutscher Wetterdienst: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatls_node.html..... 94

Abbildung 44: Entscheidungsbaum zur Ermittlung der empfohlenen Intensität des in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Brutstätten-Managements..... 98

Abbildung 45: Im Fachhandel erhältliche Abschlusskappen für senkrechte Hohlprofile wie Pfähle und Rohre. ..... 100

Abbildung 46: Mit Zement verschlossener Zaunpfahl..... 100

Abbildung 47: Kabelschacht mit tagwasserdichtem Deckel am Wartegleis Schwetzingen..... 103

# 7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bahnhofskategorien und Nutzungstypen von Bahnhofstypen ..... 19

Tabelle 2**:** Zustandskategorien Wassertiefe und Oberfläche des Brutstätten-Parameters Volumen..... 24

Tabelle 3**:** Brutstätten-Parameter: Abschirmung. In Abhängigkeit des ermittelten Volumenparameters erfolgt die Wertung in einer der drei Kategorien..... 25

Tabelle 4**:** das Verhältnis der Regensammelfläche im Bezug zur Bodenfläche der Brutstätte sowie die Häufigkeit und Umfang einer künstlichen Befüllung als Einwirkende Faktoren auf den Brutstätten-Parameter Zulauf..... 26

Tabelle 5:Brutstätten-Parameter: Einflugsöffnung und Material..... 28

Tabelle 6**:** Brutstätten-Parameterkoeffizient zur Bewertung einer Brutstätte innerhalb der Wertungsklassen I-V und zugeordnetes monatliches Auskommen an erfolgreich heranwachsendenadulten Weibchen der Asiatischen Tigermücke..... 29

Tabelle 7: Verbal-Rating-Skala der zu erwartenden Stichbelästigung durch Weibchen der Asiatischen Tigermücke und Dichtekategorien entsprechend des berechneten Dichtepotentials..... 61

Tabelle 8: Anteil der Brutstätten und durchschnittliche Brutstättendichte mit Standardabweichung (SD) für Gleis- und Nicht-Gleisbereiche an Bahnanlagen. ..... 66

Tabelle 9: Mittelwert mit Standardabeichung und Maximalwert der Brutstättendichte bei den verschiedenen Nutzungstypen der untersuchten Bahnanlagen..... 67

Tabelle 10: Durchschnittliche Maximal- und Mittelwerte der berechneten Dichtepotentiale (Weibchen/Monat/$m^2$) und entsprechenden Dichtekategorien bei den verschiedenen Nutzungstypen der untersuchten Bahnanlagen..... 67

Tabelle 11: Anhand des Brutstättenangebotes berechnetes mittleres Dichtepotential (*) an allen untersuchten Bahnanlagen im Vergleich zu den durch Fallenfänge ermittelten Dichtepotentialen (**) in verschiedenen Teilpopulationen der Asiatischen Tigermücke..... 69

Tabelle 12: aufgrund des im BEreich der Bahnanlagen gefundenen Brutstättenangebots berechnete durchschnittliche Dichtepotentiae und entsprechnende Dichtekategorien für interne und externe Bereiche..... 71

Tabelle 13: Vergleich des durchschnittlichen Brutstättenangebotes bezogen auf alle Brutstätten und Massenbrutstätten der untersuchten Personenbahnhöfe und der Rastanlagen mit ausbleibender Etablierung trotz mehrfacher Nachweise der Asiatischen Tigermücke..... 76

Tabelle 14: Vergleich des durchschnittlichen Dichtepotentials (Weibchen/Monat/$m^2$) und in Klammern die entsprechende Dichtekategorie der untersuchten Personenbahnhöfe und der Rastanlagen mit ausbleibender Etablierung trotz mehrfacher Nachweise der Asiatischen Tigermücke. ..... 76

Tabelle 15: Abschließende Bewertung des Vermehrungspotentials der verschiedenen untersuchten Bahnanlagennutzungstypen..... 78

Tabelle 16: Im Rahmen des Projektes während der Reproduktionsperiode 2019 auf Vorkommen von Stechmücken überprüfte Bahnanlagen..... 82

Tabelle 17: Übersicht der in eigenen Projekten mit Bezug zu Bahnanlagen über eine komplette Reproduktionsperiode durchgeführten Fallenkontrollen..... 86

Tabelle 18: Einteilung der bekannten Vorkommen der Asiatischen Tigermücken in Deutschland nach Entfernung zur nächsten Bahnanlage und Wahrscheinlichkeit einer erfolgten Einschleppung über den Bahnverkehr. ..... 89

Tabelle 19: Abschließende dreistufige Einteilung des Einschleppungspotentials für die verschiedenen Bahnanlagen-Nutzungstypen. ..... 91

Tabelle 20: Klimatische Bereiche zur Beurteilung der Bedingungen für eine Populationsentwicklung der Asiatischen Tigermücke und Modifizierung der empfohlenen Maßnahmen in der abschließenden Handlungsempfehlung. ..... 92

Tabelle 21: Kreuztabelle zur Ermittlung der Dringlichkeit der Durchführung und der Häufigkeit der Durchführung der verschiedenen EinzelMaßnahmen in Abhängigkeit der empfohlenen Intensität des prophylaktischen Brutstätten-Managements. ..... 96

# 8 Quellenverzeichnis

**Abu Hassan**, A., C. R. Adanan and W. A. Rahman (1996). Patterns in *Aedes albopictus* (Skuse) Population Density, Host-Seeking, and Oviposition Behavior in Penang, Malaysia. Journal of Vector Ecology **21**(1): 17-21.

**Adhami**, J. and P. Reiter (1998). Introduction and establishment of *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* skuse (Diptera: Culicidae) in Albania. J Am Mosq Control Assoc **14**(3): 340-343.

**Amerasinghe**, F. P. and T. S. B. Alagoda (1984). Mosquito Oviposition in Bamboo Traps, With Special Reference to *Aedes albopictus, Aedes novalbopictus* and *Armigeres subalbatus*. Insect Science and its Application **5**(6): 493-500.

**Andrewartha**, H. G. (1970). Introduction to the study of animal populations. London, Merthuen.

**Augsten**, X. (2018). Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke *Aedes albopictus* in Heidelberg: Etablierung von Monitoringmethoden und Effektivitätsnachweisen unter Verwendung der Sterilen Insekten Technik. M. Sc. Master thesis, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

**Becker**, N., M. Beck, B. Pluskota, W. Hauck and A. Jöst (2018). Teil-Abschlussbericht CuliMo Stechmücken-Monitoring in Deutschland (2015-2018). Speyer, Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V.**:** 42.

**Becker**, N., N. Fynmore and D. Hoffmann (2019). Abschlussbericht Stechmücken und stechmückenübertragene Zooonsen in Deutschland (2015-2019) (CuliFo-Teilprojekt 3), Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung**:** 76.

**Becker**, N., M. Geier, C. Balczun, U. Bradersen, K. Huber, E. Kiel, A. Kruger, R. Luhken, C. Orendt, A. Plenge-Bonig, A. Rose, G. A. Schaub and E. Tannich (2013). Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. Parasitol Res **112**(4): 1787-1790.

**Becker**, N., A. Jöst and V. Storch (2014). Die Invasion der Stechmücken. Biologie in unserer Zeit. **6:** 400-408.

**Becker**, N., C. Petric, M. Zgomba, C. Boase, M. B. Madon, C. Dahl and A. Kaiser (2010). Mosquitoes and their control. Berlin, Dordrecht, New York, Springer-Verlag.

**Becker**, N., B. Pluskota, T. T. Oo and K. Huber (2014). Untersuchungen zur Einschleppung, Ausbreitung und Bekämpfung des japanischen Buschmoskitos (*Ochlerotatus japonicus*). KLIMOPASS-Berichte, LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

**Becker**, N., S. Schön, A. M. Klein, I. Ferstl, A. Kizgin, E. Tannich, C. Kuhn, B. Pluskota and A. Jost (2017). First mass development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) - its surveillance and control in Germany. Parasitol Res **116**(3): 847-858.

**Becnel**, J. J., J. Garcia and M. Johnson (1996). Effects of three larvicides on the production of *Aedes albopictus* based on removal of pupual Exuviae. Journal of the American Mosquito Control Association **12**(3): 499-502.

**Bernhard**, K., P. Jarrett, M. Meadows, J. Butt, D. J. Ellis, G. M. Roberts, S. Pauli, P. Rodgers and H. D. Burges (1997). Natural Isolates of *Bacillus thuringiensis*: Worldwide Distribution, Characterization, and Activity against Insect Pests. Journal of Invertebrate Pathology **70**(1): 59-68.

**Boromisa**, R. D., K. S. Rai and P. R. Grimstad (1987). Variation in the vector competence of geographic strains of *Aedes albopictus* for dengue 1 virus. J Am Mosq Control Assoc **3**(3): 378-386.

**Böttcher**, F., T. Deutschländer, A. Friedrich, K. Friedrich, K. Fröhlich, B. Früh, A. Ganske, H. Heinrich, F. Kreienkamp, G. Malitz, J. Möller, M. Rauthe, W. Riecke, T. Schmidt, B. Tinz and A. Walter (2016). Nationaler Klimareport 2016, Deutscher Wetterdienst**:** 44.

**Bravo**, A., S. S. Gill and M. Soberón (2007). Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their potential for insect control. Toxicon **49**(4): 423-435.

**Brown**, M. D., P. Mottram, I. D. Fanning and B. H. Kay (1992). The peridomestic container-breeding mosquito fauna of Darnley Is. (Torres Strait) (Diptera: Culicidae), and the potential for its control by predacious *Mesocyclops copepods*. J Australian Ent. Soc. **31**(4): 305-310.

**CDC/DWD** (2020). Klimadaten des Deustchen Wetterdiensts. Offenbach am Main, Climate Data Center des DWD.

**Chan**, K. L., B. C. Ho and Y. C. Chan (1971). *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) in Singapore City. 2. Larval habitats. Bull World Health Organ **44**(5): 629-633.

**Charles**, J. F., A. Delécluse and C. Nielsen-le Roux (2000). Entomopathogenic Bacteria: from Laboratory to Field Application, Springer, Dordrecht.

**Christophers**, S. R. (1960). *Aedes aegypti* (L.): the yellow fever mosquito; its life history, bionomics and structure. Cambridge, Cambridge University Press.

**Christophers**, S. R. (1960). *Aedes aegypti* (L.): the yellow fever mosquito ; its life history, bionomics and structure. Cambridge, Cambidge University Press**:** 194-226.

**Clements**, A. N. (1992). The biology of mosquitoes. Vol 1, Development, nutrition and reproduction.

**Colbo**, A. H. and A. H. Undeen (1980). Effect of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on non-target insects in stream trials for control of Simuliidae. Mosquito News **40**: 368-371.

**Dalla Pozza**, G. and G. Majori (1992). First record of *Aedes albopictus* establishment in Italy. J Am Mosq Control Assoc **8**(3): 318-320.

**de Maagd**, R. A., B. A. and N. Crickmore (2001). How *Bacillus thuringiensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world. Trends in Genetics **17**(4): 193-199.

**DWD** (2019). Deutschlandwetter im Jahr 2019. Drittwärmstes Jahr seit 1881 – Niederschlagsarm und sonnenscheinreich. Offenbach am Main, Deutscher Wetterdienst**:** 5.

**DWD** (2020). Klimaatlas des Deutschen Wetterdienst. from https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatls_node.html.

**Eritja**, R., J. R. B. Palmer, D. Roiz, I. Sanpera-Calbet and F. Bartumeus (2017). Direct Evidence of Adult *Aedes albopictus* Dispersal by Car. Sci Rep **7**(1): 14399.

**Evans**, M. V., C. W. Hintz, L. Jones, J. Shiau, N. Solano, J. M. Drake and C. C. Murdock (2019). Microclimate and Larval Habitat Density Predict Adult *Aedes albopictus* Abundance in Urban Areas. Am J Trop Med Hyg **101**(2): 362-370.

**Farajollahi**, A. and M. P. Nelder (2009). Changes in *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) populations in New Jersey and implications for arbovirus transmission. J Med Entomol **46**(5): 1220-1224.

**Favier**, C., N. Degallier, P. T. R. Vilarinhos, M. S. L. de Carvalho, M. A. C. Yoshizawa and M. B. Knox (2006). Effects of climate and different management strategies on *Aedes aegypti* breeding sites: a longituinal survey in Brasília (DF, Brazil). Tropical Medicine and International Health **11**(7): 1104-1118.

**Federici**, B. A., P. Lüthy and J. E. Ibarra (1990). Parasporal Body of *Bacillus thuringiensis israelensis*. Bacterial Control of Mosquitoes & Black Flies, Springer, Dordrecht**:** 16-44.

**Ferstl**, I. (2017). Untersuchungen zur Einschleppung, Überwinterung und Ausbreitung sowie Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Freiburg im Breisgau Master Thesis, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

**Ferstl**, I. and A. Jöst (2018). Abschlussbericht 2017: Monitoring und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (Aedes albopictus) in Freiburg im Breisgau. Speyer, GFS e.V.

**Ferstl**, I. and A. Jöst (2019). Abschlussbericht 2018: Monitoring und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Freiburg im Breisgau. Speyer, GFS e.V.**:** 101.

**Flacio**, E., P. Lüthy, N. Patocchi, R. Peduzzi, F. Guidotti and S. Radczuweit (2006). Überwachung und Bekämpfung der asiatischen Tigermücke, *Aedes albopictus*, im Kanton Tessin. 6501 Bellinzona, Gruppo lavoro zanzare, Divisione della salute publica**:** 1-10.

**Focks**, D. A., S. B. Linda, G. B. Craig, Jr., W. A. Hawley and C. B. Pumpuni (1994). *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): a statistical model of the role of temperature, photoperiod, and geography in the induction of egg diapause. J Med Entomol **31**(2): 278-286.

**Forsyth**, G. and N. A. Logan (2000). Isolation of *Bacillus thuringiensis* from Northern Victoria Land, Antarctica. Lett Appl Microbiol **30**(3): 263-266.

**Gottfried**, K. L., R. R. Gerhardt, R. S. Nasci, M. B. Crabtree, N. Karabatsos, K. L. Burkhalter, B. S. Davis, N. A. Panella and D. J. Paulson (2002). Temporal abundance, parity, survival rates, and arbovirus isolation of field-collected container-inhabting mosquitoes in eastern Tennessee. Journal of the American Mosquito Control Association **18**(3): 164-172.

**Gratz**, N. G. (2004). Critical review of the vector status of *Aedes albopictus*. Med Vet Entomol **18**(3): 215-227.

**Gratz**, N. G. (2004). The mosquito-borne infections of Europe. European Mosquito Bulletin **17**: 1-7.

**Gubler**, D. G. and N. C. Bhattacharya (1971). Observations on the reproductive history of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* in the laboratory. Mosq News **31**(3): 356-359.

**Gubler**, D. J. (1970). Comparison of reproductive potentials of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* Skuse and *Aedes* (*Stegomyia*) *polynesiensis* Marks. Mosquito News **30**(2): 201-209.

**Gubler**, D. J. and N. C. Bhattacharya (1971). Observations on the reproductive history of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* in the laboratory. Mosquito News **31**(3): 356-359.

**Hanson**, S. M. and G. B. Craig, Jr. (1994). Cold acclimation, diapause, and geographic origin affect cold hardiness in eggs of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). J Med Entomol **31**(2): 192-201.

**Hawley**, W. A. (1988). The biology of *Aedes albopictus*. J Am Mosq Control Assoc Suppl **1**: 1-39.

**Heard**, P. B., M. L. Niebylski, D. B. Francy and G. B. J. Craig (1991). Transmission of a Newly Recognized Virus (Bunyaviridae, *Bunyavirus*) Isolated from *Aedes albopictus* (Diptera: Cuicidae) in Potosi, Missouri. Journal of Medical Entomology **28**(5): 601-605.

**Heitmann**, A., S. Jansen, R. Luhken, M. Leggewie, M. Badusche, B. Pluskota, N. Becker, O. Vapalahti, J. Schmidt-Chanasit and E. Tannich (2017). Experimental transmission of Zika virus by mosquitoes from central Europe. Euro Surveill **22**(2): 30437.

**Helleck**, A. M., W. K. Hartbeck and D. Vodopich (1993). Daily survivorship and life span of the mosquito *Eretmapodites quinquevittatus* Theobald (Diptera: Culicidae) under laboratory conditions compared to *Aedes aegypti, Aedes albopictus*, and *Aedes bahamensis*. Bull Soc Vector Ecol **18**(2): 109-113.

**Hien**, D. S. (1975). Biology of *Aedes aegypti* (L. 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera, Culicidae). I. Resistance of eggs to low humidity. Acta Parasitologica Polonica **23**: 395-402.

**Hien**, D. S. (1975). Biology of *Aedes aegypti* (L. 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera, Culicidae). III. Effect of certain environmental conditions on the development of larvae and pupae. Acta Parasitologica Polonica **23**: 553-568.

**Hien**, D. S. (1976). Biology of *Aedes aegypti* (L. 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) (Diptera, Culicidae). V. The gonotrophic cycle and oviposition. Acta Parasitologica Polonica **24**: 37-55.

**Hobbs**, J. H., E. A. Hughes and B. H. Eichold, 2nd (1991). Replacement of *Aedes aegypti* by *Aedes albopictus* in Mobile, Alabama. J Am Mosq Control Assoc **7**(3): 488-489.

**Hornby**, J. A., D. E. Moore and T. W. Miller, Jr. (1994). *Aedes albopictus* distribution, abundance, and colonization in Lee County, Florida, and its effect on *Aedes aegypti*. J Am Mosq Control Assoc **10**(3): 397-402.

**Horsfall**, W. R. (1955). Mosquitoes - Their Bionomics and Relation to Disease. New York, The roland Press Company.

**Huang**, Y.-M. (1968). Neotype designation for *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington **70**(4): 297-301.

**Hylton**, A. R. (1969). Studies on longevity of adult Eretmapodites chrysogaster, *Aedes togo*i and *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* females (Diptera: Culicidae). J Med Entomol **6**(2): 147-149.

**Ibáñez-Bernal**, S., B. Briseño, J. P. Mutebi, E. Argot, G. Rodríguez, C. Martínez-Campos, R. Paz, P. de la Fuente-San Román, R. Tapia-Conyer and A. Flisser (1997). First record in America of *Aedes albopictus* naturally infected with dengue virus during the 1995 outbreak at Reynosa, Mexico. Medical and Veterinary Entomology **11**: 305-309.

**Incontect.technology GmbH** (2020). Adaptive Data Intelligence Services. Heidelberg.

**Jahangir**, K., H. H. Yap, J. Zairi, C. Y. Lee and M. M. Saira Banu (2003). The effect of cloth wetted with sugar solution and water on prolonging the lifespan of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes albopictus* (Skuse) under laboratory condition. Trop Biomed **20**(2): 145-152.

**Jardina**, B. J. (1990). The eradication of *Aedes albopictus* in Indianapolis, Indiana. J Am Mosq Control Assoc **6**(2): 310-311.

**Jiggins**, F. M. (2017). The spread of *Wolbachia* through mosquito populations. PLoS Biol. **15**(6).

**Juliano**, S. A. and L. P. Lounibos (2005). Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. Ecol Lett **8**(5): 558-574.

**Kaiser-Alexnat**, R. (2012). *Bacillus thuringiensis*. Grundlagen und Einsatz im biologischen und integrierten Pflanzenschutz. Berlin, epubli GmbH**:** http://www.epubli.de/shop/autor/Renate-Kaiser-Alexnat/3639.

**Kampen**, H., M. Kronefeld, D. Zielke and D. Werner (2012). Further specimens of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) trapped in southwest Germany. Parasitology Research **112**: 905-907.

**Kittayapong**, P. and D. Strickman (1993). Distribution of Container-Inhabiting *Aedes* Larvae (Diptera: Culicidae) at a Dengue Focus in Thailand. Journal of Medical Entomology **30**(3): 601-606.

**Kolivras**, K. N. (2006). Mosquito Habitat and Dengue Risk Potential in Hawaii: A Conceptual Framework and GIS Application. The Professional Geographer **58**(2): 139-154.

**Krieg**, A. (1986). *Bacillus thuringiensis*, ein mikrobielles Insektizid. Grundlagen und Anwendung, Parey.

**Kühnlenz**, T. (2017). Metallisches Kupferspray zur Bekämpfung invasiver Stechmückenarten. B. Sc. Bachelor thesis, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

**Lai**, C.-H., K.-C. Tung, H.-K. Ooi and J.-S. Wang (2001). Susceptibilityof mosquitoes in central Taiwan to natural infections of *Dirofilaria immitis*. Medical and Veterinary Entomology **15**: 64-67.

**Lampman**, R. L. and R. J. Novak (1996). Attraction of *Aedes albopictus* adults in sod infusion. J Am Mosq Control Assoc **12**(1): 119-124.

Liedke, H. and J. Marcinek (2002). Physische Geographie Deutschlands. Gotha, Klett-Verlag.

**Liles**, J. N. and D. M. Delong (1960). The longevity and productivity of adult male and female *Aedes aegypti* when reared separately and together on three different diets. Ann Entomol Soc Am **53**: 277-280.

**Madon**, M. B., M. S. Mulla, M. W. Shaw, S. Kluh and J. E. Hazelrigg (2002). Introduction of *Aedes albopictus* (Skuse) in southern California and potential for its establishment. J Vector Ecol **27**(1): 149-154.

**Mattingly**, P. F. (1969). The Biology of Mosquito-Borne Disease. London, George Allen and Unwin Ltd.

**Mekuria**, Y. and M. G. Hyatt (1995). *Aedes albopictus* in South Carolina. Journal of the American Mosquito Control Association **11**(4): 468-470.

**Mitchell**, C. J. (1991). Vector competence of North and South American strains of *Aedes albopictus* for certain arboviruses: a review. J Am Mosq Control Assoc **7**(3): 446-451.

**Mitchell**, C. J. (1995). Geographic Spread of *Aedes albopictus* and Potential for Involvement in Arbovirus Cycles on the Mediterranean Basin. Journal of Vector Ecology **20**(1): 44-58.

**Mitchell**, C. J. and B. R. Miller (1990). Vertical transmissions of dengue viruses by strains of *Aedes albopictus* recently introduced into Brazil. Journal of the American Mosquito Control Association **6**(2): 251-253.

**Mitchell**, C. J., B. R. Miller and D. J. Gubler (1987). Vector competence of *Aedes albopictus* from Houston, Texas, for dengue serotypes to 4, yellow fever and Ross River viuses. Journal of the American Mosquito Control Association **3**(3): 460-465.

**Miura**, T., T. R. M. and M. F. S. (1980). Effects of the bacterial mosquito larvicide, *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 on selected aquatic organisms. Mosquito News **40**: 619-622.

**Moore**, C. G. and C. J. Mitchell (1997). *Aedes albopictus* in the United States: ten-year presence and public health implications. Emerg Infect Dis **3**(3): 329-334.

**Mori**, A. (1977). The gonotrophic cycle of *Aedes albopictus* in the field. Tropical Medicine **19**(3.4): 141-146.

**Mori**, A. (1979). Effects of larval density and nutrition on some attributes of immature and adult *Aedes albopictus*. Tropical Medicine **21**(2): 85-103.

**Mori**, A. and T. Oda (1981). Studies on the egg diapause and overwintering of *Aedes albopictus* in Nagasaki. Tropical Medicine **21**(2): 85-103.

**Mulla**, M. S., B. A. Federici, H. A. Darwazeh and L. Ede (1982). Field evaluation of the microbial insecticide *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 against floodwater mosquitoes. Appl Environ Microbiol **43**(6): 1288-1293.

**Müller-Westermeier**, G., K. Rocznik and A. Grätz (2006). Wetter und Klima in Deutschland. Stuttgart, Hirzel, S., Verlag.

**Nasci**, R. S., S. G. Hare and F. S. Willis (1989). Interspecific mating between Louisiana strains of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in the field and laboratory. Journal of the American Mosquito Control Association **5**(3): 416-421.

**Niebylski**, M. L. and G. B. J. Craig (1994). Dispersal and survival of *Aedes albopictus* at a scrap tire yard in Missouri. Journal of the American Mosquito Control Association **10**(3): 339-343.

**Niebylski**, M. L., H. M. Savage, R. S. Nasci and G. B. Craig, Jr. (1994). Blood hosts of *Aedes albopictus* in the United States. J Am Mosq Control Assoc **10**(3): 447-450.

**O'Meara**, G. F., L. F. Evans, Jr., A. D. Gettman and J. P. Cuda (1995). Spread of *Aedes albopictus* and decline of *Ae. aegypti* (Diptera: Culicidae) in Florida. J Med Entomol **32**(4): 554-562.

**O'Meara**, G. F., L. F. Evans, Jr. and M. L. Womack (1997). Colonization of rock holes by *Aedes albopictus* in the southeastern United States. J Am Mosq Control Assoc **13**(3): 270-274.

**Pluskota**, B. (2011). Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*): Thermale Ökologie und Risikoeinschätzung einer Etablierung in Deutschland Doctoral Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

**Pluskota**, B. (2018). Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke im Rhein-Neckar-Kreis: Monatsberichte April-Oktober 2018, Gesundheitsamt Rhein-Neckar-Kreis.

**Pluskota**, B. (2019). Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke im Rhein-Neckar-Kreis: Monatsberichte April-Oktober 2019, Gesundheitsamt Rhein-Neckar-Kreis.

**Pluskota**, B., X. Augsten, A. Jöst, A. Kizgin, T. Kühnlenz, L. Stelzner, A. Tokatlian Rodriguez and N. Becker (2018). Untersuchungen zur Effektivität von Monitoring- und Bekämpfungsmaßnahmen für die Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur integrierten Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Baden-Württemberg. KLIMOPASS-Berichte, LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

**Pluskota**, B., W. Fischer, A. Jöst, X. Augsten and N. Becker (2018). Computeranwendung und Maßnahmenkatalog zur kommunalen Etablierungseinschätzung der Asiatischen Tigermücke in Bezug auf klimatische und infrastrukturelle Bedingungen in Baden-Württemberg. KLIMOPASS-Berichte, LUBW, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg**:** 66.

**Pluskota**, B., W. Fischer, A. Jöst, X. Augsten, L. Stelzner and H. Jöst (2019). Computeranwendung "Kommunale Etablierungseinschätzung - *Aedes albopictus*". www.kabsev.de, Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V.

**Pluskota**, B., A. Jöst, X. Augsten, L. Stelzner, I. Ferstl and N. Becker (2016). Successful overwintering of *Aedes albopictus* in Germany. Parasitology Research **115**(8): 3245-3247.

**Pluskota**, B., V. Storch, T. Braunbeck, M. Beck and N. Becker (2008). First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. European Mosquito Bulletin **26**: 1-5.

**Projekt TIGER**, B. Mathieu, X. Augsten, N. Becker, C. Bender, P. Bindler, A. Graffmann, M. Gschwind, N. Henon, K. Hoffmann, A.-K. Honnen, A. Jöst, T. Krebs, E. Krupa, P. Müller, W. P. Pfitzner, B. Pluskota, O. Pompier, D. Reichle, O. Renoux, F. Schaffner, L. Vavassori, G. Vogel and A. Kopf (2020). Tri-nationales Eiablagefallennetzwerk zum Monitoring der Asiatischen Tigermücke in der Oberrheinregion. TIGER: Tri-national Initiative Group of Entomology in Upper Rhine valley. Strasbourg.

**Pumpuni**, C. B., J. Knepler and G. B. Craig, Jr. (1992). Influence of temperature and larval nutrition on the diapause inducing photoperiod of *Aedes albopictus*. J Am Mosq Control Assoc **8**(3): 223-227.

**Ratte**, H. T. (1985). Temperature and Insect Development. Environmental physiology and biochemistry of insects. K. H. Hoffmann. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag**:** 296.

**Reiskind**, M. H. and A. A. Zarrabi (2012). Water surface area and depth determine oviposition choice in *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). J Med Entomol **49**(1): 71-76.

**Reiter**, P. (1998). *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988-1995: The shape of things to come? Journal of the American Mosquito Control Association **14**(1): 83-94.

**Reiter**, P. and R. F. Darsie (1984). *Aedes albopictus* in Memphis, Tennessee (USA): An achievement of modern transportation. Mosquito News **44**(3): 396-399.

**Rezende**, G. L., A. J. Martins, C. Gentile, L. C. Farnesi, M. Pelajo-Machado, A. A. Peixoto and D. Valle (2008). Embryonic desiccation resistance in *Aedes agepyti*: Presumptive role of the chitinized Serosal Cuticle. BMC Developmental Biology **8**(82): 1-14.

**Romi**, R., M. Di Luca, W. Raineri, M. Pesce, A. Rey, S. Giovannangeli, F. Zanasi and A. Bella (2000). Laboratory and field evaluation of metallic copper on *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) larval development. J Med Entomol **37**(2): 281-285.

**Romoser**, W. S., K. Lerdthusnee, R. L. Berry and P. Kittayapong (1994). Effect of mechanical shock on hydrostatic balance and survival of mosquito pupae. J Am Mosq Control Assoc **10**(1): 10-13.

**Rozeboom**, L. E. and J. R. Bridges (1972). Relative population densities of *Aedes albopictus* and *A. guamensis* on Guam. Bull World Health Organ **46**(4): 477-483.

**Saleh**, F., J. Kitau, F. Konradsen, M. Alifrangis, C. H. Lin, S. Juma, S. S. McHenga, T. Saadaty and K. L. Schioler (2018). Habitat Characteristics for Immature Stages of *Aedes aegypti* In Zanzibar City, Tanzania. J Am Mosq Control Assoc **34**(3): 190-200.

**Sardelis**, M. R., M. J. Turell, M. L. O'Guinn, R. G. Andre and D. R. Roberts (2002). Vector competence of three North American strains of *Aedes albopictus* for West Nile virus. J Am Mosq Control Assoc **18**(4): 284-289.

**Savage**, H. M., M. L. Niebylski, G. C. Smith, C. J. Mitchell and G. B. J. Craig (1993). Host-Feeding Patterns of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) at a Temperate North American Site. Journal of Medical Entomology **30**(1): 27-34.

**Savage**, H. M. and G. C. Smith (1994). Identificaion of damaged adult female specimens of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in the New World. Journal of the American Mosquito Control Association **10**(3): 440-442.

**Schön**, S. (2016). Surveillance and control of *Aedes albopictus* in Freiburg im Breisgau Master, Universität Freiburg.

**Schönwiese**, C.-D. (2003). Jahreszeitliche Struktur beobachteter Temperatur- und Niederschlagstrends in Deutschland. Beiträge zur Klima- und Meeresforschung. F.-M. Chmielewski. Berlin, Bayreuth, Th. Foken**:** 56-68.

**Shragai**, T. and L. C. Harrington (2019). *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) on an Invasive Edge: Abundance, Spatial Distribution, and Habitat Usage of Larvae and Pupae Across Urban and Socioeconomic Environmental Gradients. J Med Entomol **56**(2): 472-482.

**Shroyer**, D. A. (1986). *Aedes albopictus* and arboviruses: a concise review of the literature. J Am Mosq Control Assoc **2**(4): 424-428.

**Silver**, J. B. (2008). Mosquito ecology: field sampling methods, Springer Netherlands.

**Skuse**, F. A. A. (1894). The banded mosquito of Bengal. Indian Museum Note **3**(5): 20.

**Smith**, G. C., D. A. Eliason, C. G. Moore and E. N. Ihenacho (1988). Use of elevated temperatures to kill *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti*. Journal of the American Mosquito Control Association **4**(4): 557-558.

**Sota**, T. (1993). Response to Selection for Desiccation Resistance in *Aedes albopictus* Eggs (Diptera: Culicidae). Applied Entomology and Zoology **28**(2): 161-168.

**Stelzner**, L. (2016). Monitoring and combat of the tiger mosquito, *Aedes albopictus*, in Heidelberg, Germany. - A five-step action plan. Master Masterarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

**Sullivan**, M. F., D. J. Gould and S. Maneechai (1971). Observations on the host range and feeding preferences of *Aedes albopictus* (Skuse). J Med Entomol **8**(6): 713-716.

**Tan**, R., M. Abdin, C. Maroef and D. J. Gubler (1981). Comparative growth of dengue viruses in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* after parental infection. Mosquito News **41**(1): 71-74.

**Tannich**, E. (2015): Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere: Importwege und Etablierung invasiver Mücken in Deutschland. Umweltbundesamt, editor. Vol. Umwelt & Gesundheit 09/2015. Dessau-Roßlau; 2015.

**Tannich**, E., R. Lühken and A. Jöst (2019). Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung Krankheitserreger übertragender Tiere (exotische Stechmücken): Ermittlung der Risiken an den bereits identifizierten und weiteren Importwegen nach Deutschland. Umweltbundesamt, editor. Vol. Umwelt & Gesundheit 2019. Dessau-Roßlau 2019**:** 43.

**Trexler**, J. D., C. S. Apperson, C. Gemeno, M. J. Perich, D. Carlson and C. Schal (2003). Field and laboratory evaluations of potential oviposition attractants for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). J Am Mosq Control Assoc **19**(3): 228-234.

**Tuchman**, N. C., K. A. Wahtera, R. G. Wetzel, N. M. Russo, G. M. Kilbane, L. M. Sasso and J. A. Teeri (2003). Nutritional quality of leaf detritus altered by elevated atmospheric $CO_2$: effects on development of mosquito larvae. Freshwater Biology **48**: 1432-1439.

**Turell**, M. J., J. R. Beaman and R. F. Tammariello (1992). Susceptibility of selected strains of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) to chikungunya virus. J Med Entomol **29**(1): 49-53.

**Vezzani**, D. (2007). Review: Artificial container-breeding mosquitoes and cemeteries: a perfect match. Trop Med Int Health **12**(2): 299-313.

**Vitek**, C. J. and T. Livdahl (2009). Hatch plasticity in response to varied inundation frequency in *Aedes albopictus*. J Med Entomol **46**(4): 766-71.

**Walther**, D. and H. Kampen (2017). The Citizen Science Project 'Mueckenatlas' Helps Monitor the Distribution and Spread of Invasive Mosquito Species in Germany. J Med Entomol **54**(6): 1790-1794.

**Washburn**, J. O. and E. U. Hartmann (1992). Could *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Become Established in California Tree Holes? Journal of Medical Entomology **29**(6): 995-1005.

**Watson**, M. S. (1967). *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse): A literature review. Miscellaneous Publication **22**: 1-41.

**Werner**, D. and H. Kampen (2015). *Aedes albopictus* breeding in southern Germany, 2014. Parasitol Res **114**(3): 831-834.

**Werner**, D., M. Kronefeld, F. Schaffner and H. Kampen (2012). Two invasive mosquito species, *Aedes albopictus* and *Aedes japonicus japonicus,* trapped in south-west Germany, July to August 2011. Euro Surveill **17**(4): pii=20067.

World Health Organization & International Programme on Chemical Safety (1999). Microbial pest control agent : *Bacillus thuringiensis*.

**Xue**, R. D. and D. R. Barnard (1996). Human host avidity in *Aedes albopictus:* Influence of mosquito body size, age, parity, and time of day. J Am Mosq Control Assoc **12**(1): 58-63.

**Yap**, H. H., C. Y. Lee, N. L. Chong, A. E. Foo and M. P. Lim (1995). Oviposition site preference of *Aedes albopictus* in the laboratory. J Am Mosq Control Assoc **11**(1): 128-132.

# 9 Anhänge

## 9.1 Liste der untersuchten Bahnanlagen

| Nutzungstypen | Bahnhöfe |
|---|---|
| Personenbahnhof (Haltepunkt Personenverkehr) | Baden-Baden, Berlin-Schönefeld, Darmstadt Hbf., Germersheim, Heidelberg Hbf., Heidelberg-Kirchheim/Rohrbach, Heidelberg-Pfaffengrund/Wieblingen, Jena Paradies, Jena West, Karlsruhe Hbf., Königs-Wusterhausen, Leipzig Wahren, Ludwigshafen am Rhein, Mannheim Hbf., Mannheim-Friedrichsfeld, Neustadt an der Weinstraße, Schifferstadt, Singen Hbf., Speyer Hbf., Weinheim an der Bergstraße, Wiesloch-Walldorf |
| Personenbahnhof (Entladepunkt Autozüge) | Düsseldorf |
| Betriebsbahnanlage (Rangierbahnhof) | Rangierbahnhof Ludwigshafen am Rhein, Rangierbahnhof Mannheim, Rangier- und Wartegleis Railport Mannheim-Rheinau, Wartegleis Schwetzingen-Hirschacker |
| Güterbahnhof (Railport, Freiladegleis) | Darmstadt, Singen |
| Umschlagbahnhof (Begleiteter kombinierter Verkehr) | Freiburg im Breisgau (RoLa) |
| Umschlagbahnhof (Unbegleiteter kombinierter Verkehr) | Germersheim, Singen |

# 9.2 Übersicht der bisherigen Arbeiten des Auftragsnehmers mit Bezug zum vorliegenden Projekt

1 Pluskota, B., Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*): Thermale Ökologie und Risikoeinschätzung einer Etablierung in Deutschland. 2011, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

2 Becker, N., Pluskota B., TinTin Oo und Huber K., Untersuchungen zur Einschleppung, Ausbreitung und Bekämpfung des japanischen Buschmoskitos (*Ochlerotatus japonicus*). R. KLIMOPASS-Berichte, Editor. 2014, LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

3 Huber, K., (2014): *Ochlerotatus japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in Südwestdeutschland - Untersuchungen zur Verbreitung, Populationsgenetik und Übertragung von Arboviren. Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

4 Ferstl, I., Vergleichende Studien zur Attraktivität verschiedener Eiablagefallen sowie verschiedener Attraktantien unter besonderer Berücksichtigung von *Ochlerotatus japonicus japonicus*, in Fakultät für Biowissenschaften. 2014, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. p. 44.

5 Schön, S., Surveillance and control of *Aedes albopictus* in Freiburg im Breisgau, in Fakultät für Biowissenschaften. 2016, Universität Freiburg. p. 74.

6 Stelzner, L., Monitoring and combat of the tiger mosquito, *Aedes albopictus*, in Heidelberg, Germany. - A five-step action plan, in Fakultät für Biowissenschaften. 2016, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. p. 58.

7 Monitoring und Bekämpfung von Tigermückenpopulationen in Freiburg i. Br. (2016)
in: Tannich, Lühken, Jöst, 2018 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Umweltbundesamts (UBA): „Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung krankheitsübertragender Tiere: Ermittlung der Risiken an den bereits identifizierten und weiteren Importwegen nach Deutschland“ - FuE-Vorhaben FKZ 3714484080.

8 Jöst, A., B. Pluskota, I. Ferstl und W. Fischer, Abschlussbericht 2016 über das Monitoring zum Auftreten der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) im Landkreis Lörrach. 2017, GFS e.V.: Speyer.

9 Ferstl, I., Untersuchungen zur Einschleppung, Überwinterung und Ausbreitung sowie Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Freiburg im Breisgau, in Fakultät für Biologie. 2017, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. p. 115.

10 Kühnlenz, T., Metallisches Kupferspray zur Bekämpfung invasiver Stechmückenarten., in Centre for Organismal Studies. 2017, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

11 Tokatlian, A., Efficacy of various traps to monitor host seeking of *Aedes albopictus*. 2017, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

12 Pluskota, B., Monitoring der Asiatischen Tigermücke im Rhein-Neckar-Kreis: Abschlussbericht 2017. 2017, Gesundheitsamt Rhein-Neckar-Kreis.

13 Ferstl, I. und A. Jöst, Abschlussbericht 2017: Monitoring und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Freiburg im Breisgau. 2018, GFS e.V.: Speyer.

14 Ferstl, I. und A. Jöst, Abschlussbericht 2017 über das Monitoring zum Auftreten und zur Verbreitung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) im Landkreis Lörrach. 2018, GFS e.V.: Speyer.

15 Pluskota, B., et al., Untersuchungen zur Effektivität von Monitoring- und Bekämpfungsmaßnahmen für die Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur integrierten Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Baden-Württemberg, R. KLIMOPASS-Berichte, Editor. 2018, LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.

16 Pluskota, B., Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke im Rhein-Neckar-Kreis: Monatsberichte April-Oktober 2018. 2018, Gesundheitsamt Rhein-Neckar-Kreis.

17 Augsten, X., Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke *Aedes albopictus* in Heidelberg: Etablierung von Monitoringmethoden und Effektivitätsnachweisen unter Verwendung der Sterilen Insekten Technik, in Centre for Organismal Studies. 2018, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. p. 83.

18 Pluskota, B., Fischer W., Augsten X., Jöst A., Becker N., Computeranwendung und Maßnahmenkatalog zur kommunalen Etablierungseinschätzung der Asiatischen Tigermücke in Bezug auf klimatische und infrastrukturelle Bedingungen in Baden-Württemberg. R. KLIMOPASS-Berichte, Editor. 2018, LUBW, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. p. 66.

19 Ferstl, I. and A. Jöst, Abschlussbericht 2018: Monitoring und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Freiburg im Breisgau. 2019, GFS e.V.: Speyer. p. 101.

20 Pfitzner, W.P., Lehner, A., Hoffmann, D. et al., First record and morphological characterization of an established population of *Aedes (Hulecoeteomyia) koreicus* (Diptera: *Culicidae*) in Germany. Parasites Vectors 11, 662 (2018).

21 Pfitzner, W. P. und N. Sittig, Interner Bericht der KABS e.V. Die Koreanische Buschmücke *Aedes koreicus* in Wiesbaden und Umgebung – Untersuchung im Jahr 2018. 2019, KABS e.V.: Speyer.

Ferstl, I. und A. Jöst, Abschlussbericht 2018 über das Monitoring zum Auftreten und zur Verbreitung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) im Landkreis Lörrach. 2019, GFS e.V.: Speyer.

22 Lehner, A. und N. Becker, Abschlussbericht Tigermückenbekämpfung in Karlsruhe 2018. 2019, KABS e.V.: Speyer.

23 Pluskota, B., Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke im Rhein-Neckar-Kreis: Monatsberichte April-Oktober 2019. 2019, Gesundheitsamt Rhein-Neckar-Kreis.

24 Pfitzner, W. P. et al., Interner Bericht der KABS e.V. Die Koreanische Buschmücke *Aedes koreicus* in Wiesbaden und Umgebung – Untersuchung im Jahr 2019. 2020, KABS e.V.: Speyer.

25 Pluskota, B. und Becker N., Monitoring und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke in Ludwigshafen am Rhein 2019: Präsentation 2019, Stadt Ludwigshafen.

26 Lehner, A. und D. Reichle, Abschlussbericht Tigermückenbekämpfung in Karlsruhe 2019. 2020, KABS e.V.: Speyer.

27 Thomas, K. und A. Jöst, Abschlussbericht 2019 Monitoring und Bekämpfung der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Freiburg im Breisgau. 2020, GFS e.V.: Speyer.

28 Becker, N. et al., Abschlussbericht CuliMo Stechmücken-Monitoring in Deutschland (2015-2018) FKZ 2819104215). 2019, GFS e.V.; Speyer.

29 Thomas, K. und A. Jöst, Abschlussbericht 2019 zum Monitoring der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) im Landkreis Lörrach. 2020, GFS e.V.: Speyer.

30 Becker, N. et al., Abschlussbericht Stechmücken und stechmückenübertragene Zoonosen in Deutschland (2015-2019) (CuliFo – Teilprojekt 3) FKZ 2819105015). 2019, GFS e.V.; Speyer.

31 Striegel, M. und A. Jöst, Protokoll zu den Ereignissen des Aufkommens der Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) in Weil am Rhein im Jahr 2019. 2020, GFS e.V.: Speyer.

# 9.3 Informationen für Kleingartenanlagen

## Die Asiatische Tigermücke in Kleingartenanlagen

***Hintergrundinformationen und Methoden zur Reduktion von Brutstätten***

**Was ist die Asiatische Tigermücke?**

Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) ist eine ursprünglich tropische, sehr aggressive Stechmückenart, welche in den letzten Jahrzehnten durch globale Handels- und Verkehrsrouten weltweit verschleppt wurde. Nachdem sie sich Ende des letzten Jahrhunderts erfolgreich im Mittelmeerraum ausgebreitet hatte, konnte die auffällig schwarz-weiß gemusterte Stechmückenart die letzten Jahre auch mehrfach in Deutschland nachgewiesen werden. Im Bereich menschlicher Siedlungen kann es durch die Stechmücke zu starker Belästigung, Einschränkung des Freizeitverhaltens und zur Verringerung der Lebensqualität kommen. Auch aus medizinischer Sicht muss die Asiatische Tigermücke kritisch betrachtet werden. Vor allem in tropischen Bereichen kann die wärmeliebende Art zahlreiche humanmedizinisch relevante Viren auf den Menschen übertragen. Dieses sogenannte Vektorpotential fällt unter den kühleren klimatischen Bedingungen in Deutschland zwar geringer aus, eine Übertragung von Viren durch die Asiatische Tigermücke kann jedoch auch hier nicht ausgeschlossen werden.

**Wie vermehrt sich die Asiatische Tigermücke in einer Kleingartenanlage?**

Um die Entwicklung ihrer Nachkommen sicherzustellen, legt die weibliche Asiatische Tigermücke ihre ovalen, etwa 0,5 mm langen und schwarz glänzenden Eier (siehe Bild) bevorzugt dort ab, wo ideale Bedingungen herrschen. Als eigentliche Waldart angesehen, stellen wassergefüllte Aushöhlungen in Bäumen (Dendrotelmen) die ursprünglichste Form der Brutstätten von Aedes albopictus dar. Bei dieser Auswahl der Brutstätten zeigt Aedes albopictus jedoch eine bemerkenswerte Anpassungsfähigkeit und nutzt so eine große Bandbreite an natürlichen und künstlichen, wassergefüllten Gefäßen. Um also die Vermehrung und Ausbreitung der Asiatischen Tigermücke zu verhindern, sollten mögliche Brutstätten generell vermieden werden.

**Welche Brutstätten nutzt die Asiatische Tigermücke in der Kleingartenanlage?**

Innerhalb von Kleingartenanlagen findet die Asiatische Tigermücke eine große Anzahl an langfristig wasserführenden Behältnissen, sodass die Art hier schnell äußerst hohe Populationsdichten aufbauen kann.

Hierbei sind es beispielsweise Regentonnen, Blumentopfuntersetzer, Gießkannen oder verstopfte Dachrinnen, die der Stechmücke einen idealen Ort für ihre Entwicklung bieten. Die einfachste Methode, um die Asiatische Tigermücke an ihrer Vermehrung und weiteren Ausbreitung zu hindern, stellt daher der Entzug dieser geeigneten Brutstätten dar.

Achten Sie darauf, dass wassersammelnde Gefäße (im Hochsommer mindestens einmal die Woche) geleert oder generell vermieden werden. Außerdem sollten Regentonnen mit einem feinmaschigen Netz oder Draht sorgfältig abgedeckt und vor dem Winter mit einer Wurzelbürste von innen gereinigt werden.

# 9.4 Biologische Bekämpfung von Stechmücken mit *Bacillus thuringiensis israelensis – B.t.i.*

Für die Bekämpfung von Stechmücken können verschiedene Produkte auf der Basis von *Bacillus thuringiensis israelensis* (*B.t.i.*) verwendet werden. Der Wirkstoff dieser biologischen Bekämpfungsmaßnahme ist ein Eiweiß, welches aus dem Bakterium *Bacillus thuringiensis israelensis* gewonnen wird. Zur Herstellung der *B.t.i.*-Produkte werden die Bakterien in Fermentern gezüchtet, die Eiweiße abgeerntet und zu einem Eiweißpuder verarbeitet. Die Produkte werden sterilisiert, sodass nur die Eiweißkristalle als Wirkstoff und keine Bakteriensporen oder lebensfähige Bakterien ausgebracht werden.

*B.t.i.*-Produkte wirken spezifisch auf Stechmückenlarven, die in Regenfässern und sonstigen Wasseransammlungen sowie anderen Gewässern vorkommen. Durch die Aufnahme des Eiweißes werden die Stechmückenlarven abgetötet, da das Eiweiß deren Darm zerstört. Fische, Frösche, Libellen, Pflanzen, andere Wasserorganismen, aber auch Menschen und Haustiere, die mit dem Eiweiß in Kontakt kommen, bleiben unbeschadet. Diese Formulierungen sind somit die umweltverträglichsten Produkte und besonders für den Einsatz durch die Bevölkerung geeignet.

**Bezugsquellen**

Der biologische Wirkstoff *B.t.i.* ist im Handel in verschiedenen Formulierungen verfügbar.

- Puder
- Flüssigkonzentrat
- Tabletten

Kleinpackungen für Behandlungen weniger und vor allem kleiner Brutstätten sind in Baumärkten, Gartencentern oder über den Internet-Handel verfügbar. Hierbei handelt es sich um Präparate in Form von Tabletten oder als Flüssigkonzentrat.

Großgebinde aller Formulierungen können bei verschiedenen Herstellern oder Zwischenhändlern über das Internet bezogen werden.

**Anwendung**

Um das Aufwachsen von Larven der Asiatischen Tigermücke im Bereich von potentiellen Einschleppungsorten zu verhindern, sollten - neben der Reduktion von möglichen Brutstätten - die nicht vermeidbaren Brutstätten regelmäßig behandelt werden. Hierbei ist im Bereich von Einschleppungsorten je nach Einschleppungswahrscheinlichkeit eine ein- oder mehrmalige Behandlung der entsprechenden Brutstätten während der Reproduktionsperiode eines jeden Jahres als prophylaktische Maßnahme ausreichend.

Zur Bekämpfung von kleinen und/oder einzelnen Brutstätten wie Regentonnen, Wasserkübel, Gullys auf Firmengeländen oder in Privathaushalten sind vor allem Präparate in Tropfen- oder Tablettenform geeignet. Die benötigten Konzentrationen sind den Packungsbeilagen der verschiedenen Präparate zu entnehmen. Eine Behandlung ist meist ohne weitere Hilfsmittel durch direkte Zugabe der entsprechenden Produkte möglich.

Bei großflächigen Massenbrutstätten wie Reifenlagern oder bei einer sehr großen Anzahl an Brutstätten ist es aus ökonomischen Gründen sinnvoll, Großgebinde der Flüssig- oder Puderformulierungen zu erwerben. Diese Produktkonzentrate werden mit größeren Mengen Wasser vermischt, um die benötigten Konzentrationen für die Behandlung zu erhalten. Je nach Art und Umfang der Massenbrutstätten ist eine portionsweise Ausbringung mit Hilfe von z. B. Plastikflaschen und Gießkannen oder flächige Behandlung mit handelsüblichen Pumpspritzen zu empfehlen.