

Vorbemerkung des RKI: Bei diesem Text handelt es sich um die Übersetzung einer in einem Europäischen Konsortium entstandenen wissenschaftlichen Publikation (Originaltext in Englisch). Im Detail beziehen sich die beschriebenen Maßnahmen z.T. sehr auf Südeuropa und entsprechen nicht unbedingt deutschen rechtlichen Rahmenbedingungen auf Bundes- oder Landesebene. Dennoch gibt die vorliegende Veröffentlichung wichtige Hinweise für die auch auf Teile von Deutschland zutreffende Verbreitung von *Aedes albopictus* und ggf. ihre Bekämpfung.

Welche Biozide in Deutschland für behördliche Bekämpfungsmaßnahmen gem. § 18 IfSG anerkannt sind, ergibt sich aus einer Liste des Umweltbundesamtes (siehe:

<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/liste-ss-18-infektionsschutzgesetz>). Alle zugelassenen Mittel findet man in einer Datenbank der BAUA:

https://www.baua.de/DE/Themen/Anwendungssichere-Chemikalien-und-Produkte/Chemikalienrecht/Biozide/Datenbank-Biozide/Biozide_dynnode.html

Bellini R, Michaelakis A, Petrić D, et al. Practical management plan for invasive mosquito species in Europe: I. Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*). *Travel Med Infect Dis.* 2020;35:101691.

doi:10.1016/j.tmaid.2020.101691

(Englisches Original: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1477893920301599>)

Praktischer Managementplan für invasive Mückenarten in Europa: I. Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*)

Romeo Bellini^{a,*,1}, Antonios Michaelakis^{b,*,1}, Dušan Petrić^{c,2}, Francis Schaffner^{d,2}, Bulent Alten^{e,3}, Paola Angelini^{f,3}, Carles Aranda^{g,h,3}, Norbert Becker^{i,3}, Marco Carrieri^{j,3}, Marco Di Luca^{k,3}, Elena Fălcută^{k,3}, Eleonora Flacio^{l,3}, Ana Klobučar^{m,3}, Christophe Lagneau^{n,3}, Enrih Merdić^{o,3}, Ognyan Mikov^{p,3}, Igor Pajović^{q,3}, Dimitrios Papachristos^{b,3}, Carla A. Sousa^{r,3}, Arjan Stroos^{s,3}, Luciano Toma^{t,3}, Marlen I. Vasquez^{u,3}, Enkelejda Velo^{u,3}, Claudio Venturelli^{v,3}, Marija Zgomba^{s,3}

a Centro Agricoltura Ambiente "G. Nicoli", Crevalcore, Italien

b Department of Entomology and Agricultural Zoology, Benaki Phytopathological Institute, Kifissia, Griechenland

c Department of Plant and Environment Protection, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbien

d Francis Schaffner Consultancy, Riehen, Schweiz

e Hacettepe University, Faculty of Science, Department of Biology, Ecology Division, Verg Laboratories, Beytepe, Ankara, Türkei

f Regional Health Authority of Emilia-Romagna, Bologna, Italien

g Mosquito Control Service of Baix Llobregat Council, Spanien

h Animal Health Research Center IRTA-CReSA, Spanien

i Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS), Speyer, Deutschland

j Department of Infectious Diseases, Vector Borne Diseases Unit, Istituto Superiore di Sanità, Rome, Italien

k Cantacuzino National Medico-Military Institute for Research and Development, Bucharest, Rumänien

l Laboratory of Applied Microbiology, University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland, Bellinzona, Schweiz

m Department of Epidemiology, Andrija Štampar Teaching Institute of Public Health, Zagreb, Kroatien

n EID Méditerranée, Division Research and Development, Montpellier, Frankreich

o Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology, Osijek, Kroatien

p National Centre of Infectious and Parasitic Diseases, Sofia, Bulgarien

q University of Montenegro, Biotechnical Faculty, Podgorica, Montenegro

r Global Health and Tropical Medicine, Instituto de Higiene e Medicina Tropical, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal

s Centre for Monitoring of Vectors, Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority, Wageningen, Niederlande

t Department of Environmental Science and Technology, Cyprus University of Technology, Zypern

u Department of Infectious Diseases Control, Institute of Public Health, Tirana, Albanien

v Department of Public Health, Azienda Unità Sanitaria Locale della Romagna-Cesena, Cesena, Italien

* Korrespondenz-Autor.

**Korrespondenz-Autor.

E-mail-Adressen: rbellini@caa.it (R. Bellini), a.michaelakis@bpi.gr (A. Michaelakis), dusanp@polj.uns.ac.rs (D. Petrić), fschaffner.consult@gmail.com (F. Schaffner).

¹ Diese Autoren trugen gleich viel zum Manuskript bei.

² Diese Autoren trugen gleich viel zur ersten Revision des Manuskriptes bei.

³ Diese Autoren trugen gleich viel zur durch Kommentierung und Vorschläge zur Finalisierung des Manuskriptes bei.

[Übersetzung: Christina Frank, RKI]

Abstract

Aedes albopictus, auch als „asiatische Tigermücke“ bekannt, ist eine invasive Stechmückenspezies in Europa, die aufgrund ihrer starken Belästigung und ihrer Vektorkapazität für Krankheitserreger wie Dengue-, Chikungunya-, Gelbfieber- und Zika-Virus große Besorgnis hinsichtlich der öffentlichen Gesundheit hervorruft. Infolgedessen führen die zuständigen Behörden Managementaktivitäten durch, um die Populationsdichte von Mücken zu verringern, möglichst unter schädliche und epidemiologische Schwellenwerte. In städtischen Gebieten sind diese Ziele schwer zu erreichen, da sich die Arten hauptsächlich auf Privatgrundstücken in einer Vielzahl von künstlichen Brutstätten entwickeln können. Dieses Dokument (Managementplan) wurde so strukturiert, dass es den Akteuren als umfassender praktischer und technischer Leitfaden für die bestmögliche Organisation der Vektorkontrollaktivitäten dienen kann. Der aktuelle Plan umfasst koordinierte Verfahren wie standardisierte Bekämpfungsmaßnahmen und Aktivitäten zur Qualitätskontrolle, Überwachungsprotokolle, Aktivitäten für Interessengruppen und die allgemeine Bevölkerung sowie einen Notfallvektorbekämpfungsplan zur Verringerung des Risikos eines Krankheitsausbruchs.

1. Einleitung

Die Globalisierung von Handel und Reisen erleichtert die Verbreitung exotischer Arten auf der ganzen Welt. Ein beträchtlicher Teil dieser Arten hat sich etabliert und verursacht schwerwiegende Auswirkungen auf die Umwelt, die Wirtschaft und die menschliche Gesundheit. Diese Arten werden als invasiv bezeichnet. Im alten Handelszentrum Europa wurden mehr als 11.000 nicht heimische Arten eingeführt und konnten sich etablieren, von denen mindestens 15% als invasiv und schädlich gelten. Unter den nicht heimischen wirbellosen Landtieren in Europa sind Insekten die dominierende Gruppe: Von 1.522 etablierten Arten sind 1.306 (86%) Insekten [1].

An Stechmücken wurden unabsichtlich mehrere invasive Mücken-Spezies (IMS) in Europa eingeführt, wo sie häufig günstige Umwelt- und Klimabedingungen finden um dauerhafte Populationen aufzubauen, die durch den Klimawandel noch verbessert werden. IMS wie *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti*, *Aedes atropalpus*, *Aedes koreicus*, *Aedes japonicus* und *Aedes triseriatus* sind in Europa zu einem Thema vorrangiger Bedeutung geworden, widergespiegelt in der zunehmenden Anzahl von Nachweisen in verschiedenen Ländern und aufgrund des damit verbundenen Risikos für die öffentliche Gesundheit durch die Vektorkapazität einiger dieser Mückenspezies [2].

Diese IMS stellen aufgrund ihrer Fähigkeit zur Übertragung von Krankheiten eine erhebliche Bedrohung für die Gesundheit von Mensch und Tier dar. In Europa war *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse 1894) (Diptera: Culicidae) 2007 in Norditalien für den Ausbruch des von Chikungunya-Virus (CHIKV) verursachten Chikungunya-Fieber verantwortlich, bei dem etwa 250 Menschen infiziert wurden [3,4], und 2010 in Südfrankreich und Kroatien, sowie 2014 in Südfrankreich für lokale Übertragungen des Dengue-Virus (DENV) [5]. 2017 kam es in Europa zu zwei CHIKV-Ausbrüchen: Vier Cluster mit 298 autochthonen Fällen in Italien [6,7] und ein Cluster in Frankreich [8] mit 4 bestätigten autochthonen Fällen.

Dass sowohl Vektoren als auch Krankheitserreger nach langer Abwesenheit in Europa wieder auftauchen, ist besorgniserregend. Beispielsweise tritt *Ae. aegypti* nach Jahrzehnten der Abwesenheit erneut an der Schwarzmeerküste Südrusslands, Georgiens und der Türkei auf [9]. Darüber hinaus war diese Spezies 2012–2013 der Vektor der DENV-Typ-1-Epidemie auf Madeira (Portugal) mit etwa 2.000 registrierten Fällen [10], und 2017 wurde es auf Fuerteventura (Kanarische Inseln, Spanien) festgestellt [11]. Diese Spezies ist ein äußerst effizienter DENV-Vektor, der 1927 bis 1928 für die schwerste dokumentierte Dengue-Epidemie in Europa verantwortlich war, in der sich etwa 90% der Athener Bevölkerung infizierten und mehr als 1.000 Menschen starben [12]. In den Jahren 2015–2016 kam es in vielen Regionen Südamerikas zu einem Ausbruch des von Zika-Virus

(ZIKV) verursachten Zika-Fiebers, welches hauptsächlich durch den Stich von *Ae. aegypti* oder *Ae. albopictus* verbreitet wird [13]. In Europa wurde 2019 der erste autochthone ZIKV-Fall registriert [14]. Derzeit gibt es in der französischen Überseeregion Réunion einen Dengue-Ausbruch, der von *Ae. albopictus* [15] verursacht wird.

Aktuelle Modelle räumen Risiken für Ausbrüche von durch Mücken übertragenen Krankheiten („mosquito-borne disease“, MBD) ein, wobei dieses Risiko mit den Auswirkungen des Klimawandels zunimmt [16–20]. Länder des Mittelmeerraums können aufgrund der hohen Mückenpopulationsdichte und der langandauernden saisonalen Mückenaktivität besonders stark von MBD betroffen sein [21,22].

Aedes albopictus ist eine invasive Mückenart aus Ostasien, die an Körper und Beinen schwarz-weiße Streifen aufweist (Abb. 1). *Aedes albopictus* hat sich in den letzten Jahrzehnten aufgrund seiner ökologischen Plastizität und des vom Menschen vermittelten Transports auf der ganzen Welt verbreitet. Seit ihrer ersten Entdeckung in Albanien im Jahr 1979 [23] wurden *Ae. albopictus* in vielen anderen europäischen Ländern (siehe Abb. 2 für weitere Einzelheiten und Referenzen) sowie im Osten und Süden des Mittelmeerbeckens, in der Region Thrakien der Türkei und an der östlichen Schwarzmeerküste nachgewiesen [9,24–27].

2. Komponenten des Managementplans

Dieser Managementplan zur Bekämpfung von *Ae. albopictus* in Gebieten, in denen die Spezies gut etabliert ist, umfasst mehrere Aktivitäten, die je nach Verfügbarkeit lokaler Ressourcen und Kosten-Nutzen-Bewertung angepasst werden können.

Die Hauptkomponentenaktivitäten des Managementplans sind wie folgt (und in Abb. 3 dargestellt):

- Risikobewertung für die öffentliche Gesundheit
- Überwachung durch Ovitrap
- Standardbekämpfungsmaßnahmen in öffentlichen und privaten Bereichen
- Mitarbeit der Bevölkerung
- Haus-für-Haus-Bekämpfungsmaßnahmen auf privaten Grundstücken
- Notfallbekämpfungsmaßnahmen als Reaktion auf die Entdeckung von Dengue-, Chikungunya- oder Zika-Importfällen
- Qualitätskontrolle der Wirksamkeit der Behandlung
- Verhinderung der Ausbildung von Resistenzen gegen Insektizide

Jede Komponente wird ausführlich erläutert, um den lokalen Behörden eine umfassende praktische und technische Anleitung für die bestmögliche Organisation der Vektorbekämpfungstätigkeiten zu bieten. Zusammen mit den Routinemaßnahmen zur Verringerung der Populationsdichte von *Ae. albopictus* enthält der Managementplan einen Notfallvektorbekämpfungsplan, um das Risiko einer Epidemie beim Nachweis infizierter Personen zu verringern.

2.1. Risikobewertung für die öffentliche Gesundheit

Das lokale Epidemierisiko hängt hauptsächlich von der Vektorstechmückendichte und der Anzahl der importierten Infektionsfälle beim Menschen ab. Während die Anzahl der importierte Fälle beim Menschen hauptsächlich von sozioökonomischen Parametern abhängt und aus den historischen Daten geschätzt werden kann, liefert ein quantitatives standardisiertes Überwachungssystem für *Ae. albopictus* basierend auf der mittleren Dichte zuverlässige Informationen über die Mückendichte adulter Tiere und kann zur Entwicklung von Präventionsmodellen für die durch *Ae. albopictus* übertragenen Krankheitsausbrüche verwendet werden. Der Leser kann auf früher veröffentlichte

Artikel zurückgreifen, um genauere Anweisungen zur Durchführung der quantitativen Überwachung und Risikobewertungsanalyse zu erhalten [28–30].

2.2. Überwachung durch Ovitrap

Die Überwachung von *Ae. albopictus* erfolgt am besten mit Eiablagefallen (Ovitrap), welche die Weibchen dazu bringen, ihre Eier in das bereitgestellte Eiablage substrat (z.B. Holzstäbchen) zu legen. Die Ovitrap sind schwarze Plastikbehälter mit einem Fassungsvermögen von ca. 1 l. Der Betreiber legt das Eiablage substrat/Holzstäbchen mit der gerippten Seite in den wassergefüllten Behälter, um die Eiablage des Weibchens zu erleichtern. Anschließend wird die Ovitrap bis zum Überlaufloch (ca. 2/3 des Volumens) mit Leitungswasser gefüllt. Wenn alle 14 Tage kontrolliert wird, sollte dem Wasser ein Larvizid (z. B. *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*-*B.t.i.*) zugesetzt werden, um die Entwicklung von Larven zu verhindern [31]. Die Ovitrap-Aufstell dichte kann entsprechend der angestrebten Datengenauigkeit gewählt werden. Wenn man aus vorausgegangenen Untersuchungen im Untersuchungsgebiet unter Verwendung derselben Ovitrap die mittlere Eidichte kennt, kann die Anzahl der Ovitrap unter Verwendung der Taylor-Gleichung berechnet werden [32].

$$N = mb - 2 \times a \times [Z\alpha / 2 / D]^2$$

wobei m der bekannte durchschnittliche Eidichtewert ist; b und a sind Koeffizienten, die durch das Taylorsche Potenzgesetz definiert sind [32–34] (a ist eine Konstante, die von der Größe des Überwachungsnetzwerks abhängt, d. h. der Anzahl der Ovitrap und den Umgebungsbedingungen, während b die Datenaggregation misst); Z ist der Standardnormalverteilungswert für eine gegebene Wahrscheinlichkeit [35]; D ist der von der Überwachung erwartete Genauigkeitsgrad, der als Prozentsatz des Mittelwerts festgelegt werden kann [36].

Die erste Positionierung der Ovitrap sollte von hochqualifizierten Entomologen an gut schattierten Standorten durchgeführt werden, vorzugsweise am Boden, die für Menschen und Tiere nicht leicht zugänglich sind.

Die Position jeder Ovitrap sollte während der Saison und über die Jahre beibehalten werden. Die genaue Beschreibung jeder Position (Probenahmestation) zusammen mit den genauen geografischen Koordinaten muss in einer speziellen Datenbank registriert werden.

Auf jeder Ovitrap sollte einen den Standort repräsentierenden eindeutigen Code mit Permanentmarker auf dem äußeren Etikett der Ovitrap eingetragen werden (zur doppelten Überprüfung beim Ersetzen des alten durch ein neues Ovipositionssubstrat/Holzstäbchen sowie auf der Oberseite des Holzstäbchen (Eiablage substrats)).

Die Ovitrap müssen jedes Mal genau an den gleichen Stellen platziert werden, um eine Verschiebung während des gesamten Probenahmezeitraums zu vermeiden. Wenn eine Ovitrap mehrmals verloren geht oder beschädigt wird, sollte ein neuer geeigneter Ort unweit des vorherigen ausgewählt werden, um die Überwachung fortzusetzen.

Das Eiablage substrat/Holzstäbchen sollte mit Einweg-Plastikhandschuhen gesammelt, mit Gaze oder Papier umwickelt und in einer Plastiktüte aufbewahrt werden (um ein Austrocknen der Eier während des Transports zu vermeiden). Das Datum der Probenahme sollte auf dem Probenahmebeutel angegeben werden. Die Proben sollten bei Raumtemperatur aufbewahrt und so bald wie möglich (1–2 Tage nach der Entnahme) an das für die Eizählung zuständige Labor geschickt werden.

Die Innenwände der Ovitrap müssen gründlich mit Wasser und einem weichen Schwamm oder direkt mit einer behandschuhten Hand gereinigt, mit sauberem Wasser gespült und mit neuem Wasser (ggf. unter Beigabe von *B.t.i.*) aufgefüllt werden.

Ovitrap können wöchentlich, zweiwöchentlich (Zugabe von *B.t.i.* zum Wasser) oder bei begrenzten

Ressourcen einmal pro Monat (diskontinuierliche Überwachung) angefahren werden. Die letzte Option eignet sich weniger für die Schätzung der Populationsdichte, ermöglicht jedoch möglicherweise eine bessere Abdeckung der Region in einem Fall, in dem nur Daten zur Anwesenheit bzw. dem Fehlen benötigt werden. Weitere Informationen finden Sie auch in „Anhang 1: Standardarbeitsanweisungen für das Feldmanagement von Ovitrap“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24106.57281>), „Anhang 2: Standardarbeitsanweisungen für die Eizählung“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25784.29441>) und „Anhang 3: Standardarbeitsanweisungen für die Qualitätskontrolle der Überwachung von *Aedes albopictus*“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35850.62403>). Bei einem großen Überwachungsnetz mit vielen Betreibern kann es erforderlich werden, vor dem Hochladen in die Datenbank ein Qualitätskontrollverfahren zur Validierung der Daten einzurichten [37].

2.3. Standardbekämpfungsmaßnahmen in öffentlichen und privaten Bereichen

In Gebieten, in denen *Ae. albopictus* gut etabliert ist und seine Populationsdichte epidemiologische Bedeutung erlangt hat und / oder in denen die Art erhebliche Belästigungen verursacht, sollten Bekämpfungsmaßnahmen gemäß den nationalen / regionalen Vorschriften getroffen werden. In Gebieten, in denen die Art nicht gut etabliert ist, weil sich der Besiedlungsprozess noch in einem frühen Stadium befindet und / oder weil die Umweltbedingungen weniger günstig sind, könnte der Eliminierungsansatz unter Verwendung aller verfügbaren Methoden in Betracht gezogen werden (diese werden im vorliegenden Manuskript nicht beschrieben und diskutiert).

Vor und während der Bekämpfungsoperationen sollten alle Lebensräume, die für eine potenzielle Larvenentwicklung geeignet sind, inspiziert, das Vorhandensein / Fehlen von Larven registriert und kartiert werden. Eine digitale Datenbank mit GIS-Software (z. B. QGIS 2.x) wird vorgeschlagen, um die Planung und Verwaltung von Maßnahmen zur Mückenbekämpfung zu unterstützen. Diese Datenbank kann auch die Liste und die Standorte der „problematischsten Habitats“ enthalten, an denen hohe Vektordichten besondere Auswirkungen haben können. Beispiele für solche Standorte sind die Nähe zu Kinderkrippen und -gärten, Seniorenheimen und Krankenhäusern.

In öffentlichen Bereichen sollten die Entfernung von Brutstätten und die Larvenbekämpfung sorgfältig durchgeführt werden, indem auf alle zugänglichen Brutstätten abgezielt wird. Die dauerhafte Entfernung ist aus Kosten-Nutzen-Sicht äußerst vorteilhaft und kann in öffentlichen Bereichen angewendet werden, indem verlassene Standorte mit weggeworfenen Materialien, in denen sich Regenwasser sammeln kann, gereinigt, die Vegetation in der solche Materialien versteckt sein können entfernt und die Hohlraum-Materialien selbst entsorgt werden [2,38–44].

Larvizide sollten in allen Brutstätten angewendet werden, die nicht entfernt werden können, wie dies normalerweise bei Regenauffangbecken oder Gullys (Straßenabflüsse) der Fall ist. Auffangbecken sammeln und halten Wasser und viele städtische menschliche Nebenprodukte zurück, wodurch sie stark verschmutzte Kleingewässer sind und sich gleichzeitig hervorragend für das Wachstum von Mückenlarven eignen. In dieser Art von Brutstätte kann die Larvendichte von *Ae. albopictus* mit bis zu 500 Larven pro Liter signifikant werden (persönliche Beobachtung von RB). In Anbetracht der Saisonalität der Mückenentwicklung, die abhängig von den örtlichen Klimabedingungen variiert, sollten kontinuierliche Larvizidbehandlungen entsprechend organisiert werden, zum Beispiel beginnend mit dem Beginn der saisonalen Entwicklung. Es sollten solche larvizide Produkte aus den verfügbaren registrierten Bioziden zur Mückenbekämpfung ausgewählt werden, die eine monomolekulare Oberflächenschicht als physikalische Barriere bilden und verhindern, dass die Larven auf der Oberfläche atmen - und zwar in der auf dem Etikett angegebenen Höchstdosis

(aufgrund der schwierigen Zustände diesen Habitaten). Für den gleichen Wirkstoff sind flüssige Formulierungen hinsichtlich der Kosteneffizienz üblicherweise Tabletten- oder Granulatformulierungen vorzuziehen, da Tabletten / Granulate typischerweise keine lang anhaltende Aktivität garantieren und weil sie eher dazu neigen, durch schwimmende Materialien über der Wasseroberfläche blockiert oder von sich im Gully ansammelnden Schlamm adsorbiert zu werden. Die Periodizität der Larvenbehandlung muss gut geplant sein. Schätzungen zur Dauer der Larvizidwirksamkeit sollten aus der Fachliteratur abgeleitet werden, da Informationen zur Produktwirksamkeit, die auf dem Produktetikett angegeben sind, normalerweise ungenau sind [45–47].

Bei Verwendung einer flüssigen Formulierung muss der Anwender an jedem Auffangbecken sprühen, bis die gewünschte Menge der Lösung aufgebracht wurde. Um eine ordnungsgemäße Verteilung des Insektizids sicherzustellen, ist es ratsam, mindestens 30 ml Lösung, die die geeignete Konzentration des Wirkstoffs enthält, pro Auffangbecken zu verteilen. Es ist auch wichtig, dass der Sprühstab mit der Düse immer in das Gitter der Abflussabdeckung eingeführt wird und die Düse so eingestellt wird, dass sie die gesamte Wasseroberfläche bedeckt. Wenn nur ein Teil der erforderlichen Menge des Produkts im Wasser landet, ist die Wirksamkeit eingeschränkt. In den letzten Jahren wurde in Italien nachgewiesen, dass ein Anwender, der zu Fuß oder mit dem Fahrrad unterwegs ist, 80 bis 90 Gullys pro Stunde behandeln kann.

Ein wechselnder Einsatz von Produkten mit unterschiedlichen Wirkmechanismen sollte ebenfalls berücksichtigt werden, um die Entwicklung von Resistenzen zu verhindern (siehe Prävention der Insektizidresistenz).

Die Mitarbeiter, die Straßenentwässerungsbehandlungen durchführen, können mit einem GPS-Gerät ausgestattet werden, um die Echtzeitsteuerung ihrer Routen sowie den korrekten Zeitpunkt des Sprühens an jedem Straßenabfluss zu unterstützen. Das zu behandelnde Stadtgebiet sollte in Sektoren einer bestimmten Größe eingeteilt sein, die proportional zur Anzahl der gleichzeitig an der Behandlung beteiligten Mitarbeiter ist. Die Größe dieser Sektoren sollte den Abschluss der Behandlung an nicht mehr als zwei aufeinander folgenden Arbeitstagen ermöglichen.

Die Überlagerung der von GPS erstellten Karten mit der verfügbaren Straßenabflusskarte kann als Qualitätskontrollmethode dienen. Eine Liste der technischen Spezifikationsanforderungen, die bei der Vorbereitung von Angeboten für die Erbringung des Straßenentwässerungsdienstes zu berücksichtigen sind, ist aufgeführt in „Anhang 9: Standardarbeitsanweisungen - Öffentliche Ausschreibungsvorlage für die Auswahl von Schädlingsbekämpfungsunternehmen“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11838.23361>). In privaten Gebieten liegen die Entfernung von Brutstätten und die Behandlung von Larviziden hauptsächlich in der Verantwortung der Eigentümer (siehe Mitarbeit der Bevölkerung), es sei denn, die Haus-zu-Haus-Kampagne wird von öffentlichen Stellen durchgeführt (siehe Haus-für-Haus-Bekämpfungsmaßnahmen auf privaten Grundstücken).

2.4. Mitarbeit der Bevölkerung

Viele Brutstätten für *Ae. albopictus*-Larven befinden sich auf Privatgrundstücken. Für diese Larvenbrutstätten muss in der Regel der Eigentümer die Verantwortung tragen. Es ist daher notwendig, die Bevölkerung darüber zu informieren und zu sensibilisieren, wie die Präsenz von *Ae. albopictus* auf Privatgrundstücken verhindert und kontrolliert werden kann, und in der Zwischenzeit zu kommunizieren, welche Maßnahmen die öffentlichen Stellen ergriffen haben, um das Problem zu verringern. Spezifische Maßnahmen zur Verbesserung der Beteiligung der Bevölkerung sind in Tabelle 4.1 in Anhang 4 zusammengefasst: „Standardarbeitsanweisungen - Vorlage für die Verordnungen“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28300.87684>).

In der Regel führt eine Kampagne zur Beteiligung der Bevölkerung nicht zu zufriedenstellenden

Ergebnissen, da nur ein kleiner Teil der Bürger ihr Eigentum aktiv verwaltet. Kommunale oder regionale Verordnungen, die besondere Aufmerksamkeit und Verwaltungsmaßnahmen in privaten Bereichen erfordern, haben sich als nützlich erwiesen, wenn sie durch regelmäßige Besuche von öffentlichen Vertretern wie Polizei, Umweltdiensten und Beamten des öffentlichen Gesundheitswesens mit der Möglichkeit von Geldbußen wegen Nichteinhaltung durchgesetzt werden. Ein Beispiel für eine kommunale Verordnung ist in „Anhang 4: Standardarbeitsanweisungen - Textbausteine für Verordnungen“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28300.87684>).

2.5. Haus-zu-Haus-Bekämpfungsmaßnahmen auf privaten Grundstücken

Falls die Standardbekämpfungsmaßnahmen keine zufriedenstellende Reduzierung der *Ae. albopictus*-Populationsdichte erreichen, kann eine zusätzliche Bekämpfungstrategie wie die Haus-zu-Haus-Strategie (HzH) implementiert werden, die öffentlichen und privaten Bereiche abdecken:

- Regelmäßige HzH-Aktionen während der Mückenbrutzeit an allen privaten Grundstücken. Diese Aktivitäten sollten die Entfernung oder Änderung potentieller Brutstätten, die Behandlung von permanenten und temporären Brutstätten durch Larvizide und die Verteilung von Informationen an die Bewohner der Liegenschaften umfassen (es sollten mindestens 95% aller Anwesen kontrolliert bzw. darauf bekämpft werden);
- Einführung einheimischer Ruderfußkrebs-Arten (Mückenlarven-fressende Organismen) wie *Macrocyclus albidus* oder *Mesocyclops leukarti* in permanenten Wasserbehältern (z. B. Wassertonnen in Gärten);
- Meldung von Personen, die die Behandlung ablehnen und anderer kritischer Fälle, an die Behörden;
- Qualitätskontrolle zur Wirksamkeit von Interventionen im öffentlichen und privaten Bereich durch eine unabhängige Organisation/Gruppe;
- zusätzliche Überwachung durch Stechaktivitätstests oder Fallen für adulte Mücken durch die Qualitätskontrollorganisation, um die verbleibende Bevölkerungsdichte in den behandelten Gebieten herauszufinden [48].
- Schalten eines öffentlich zugänglichen Informationskanals über das Internet und die lokale Presse;
- Bereitstellen einer Website mit zusätzlichen Informationen darüber, warum die Maßnahme durchgeführt werden sollte, und Erläuterung der Unbedenklichkeit für Menschen und Haustiere bei der Verwendung von Larviziden;
- Bereitstellung einer direkten Telefonnummer für Personen, die um Unterstützung bitten.

Zur Unterstützung und Optimierung der HzH-Kampagne sollte eine Datenbank mit detaillierten Informationen für jedes Grundstück erstellt und aktualisiert werden, z. B. Kontaktinformationen bei Abwesenheit des Besitzers sowie Anzahl und genaue Position der dauerhaften Brutstätten. Grundstücke, die keine potenzielle Brutstätte aufweisen, können seltener untersucht werden, während kritisch betroffene Grundstücke häufiger besucht werden sollten.

2.6. Notfallbekämpfungsmaßnahmen als Reaktion auf die Erkennung importierter Fälle von Dengue-, Chikungunya- oder Zika-Fieber

In Gebieten und in saisonalen Perioden, in denen die *Ae. albopictus*-Dichte hoch genug ist, um die Übertragung von DENV, CHIKV oder ZIKV aufrechtzuerhalten, ist es angebracht, das öffentliche Gesundheitssystem auf die Früherkennung möglicher importierter Fälle vorzubereiten. Das Risiko, dass eine Epidemie von einem infizierten Reisenden ausgeht, ist real, wie mehrere Ausbrüche von Dengue- und Chikungunya-Virus in einigen südeuropäischen Ländern in den letzten Jahren belegen

[7]. Sofern die *Ae. albopictus*-Dichte nicht bekannt ist, sollte die Überwachung adulter Stechmücken sofort unter Verwendung entsprechender Fallen (z. B. BGSentinel[®]: Biogents, Regensburg, Deutschland) mit Lockstoff (z. B. BGLure[®]) und, nach Möglichkeit, mit Co2 durchgeführt werden. Basierend auf den Ergebnissen des Monitorings kann dann die Notwendigkeit von Notfallbekämpfungsmaßnahmen eingeschätzt werden und Mückenproben zur Analyse auf Viren versandt werden.

Falls das öffentliche Gesundheitswesen von vermuteten oder bestätigten importierten Fällen von Infektionen mit CHIKV, DENV oder ZIKV erfährt, muss eine sofortige und leistungsfähige Mückenbekämpfung durchgeführt werden. Verfahren für Notfallvektorbekämpfungsoperationen für diesen Fall sind in „Anhang 5: Standardarbeitsanweisungen für Notfallvektorbekämpfungsoperationen bei Dengue-, Chikungunya- und Zikavirus-Erkennung“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13201.38242>), während Tabelle 5.1 nützliche Maßnahmen / Aktivitäten enthält, die innerhalb von 24 Stunden nach Meldung des Falls begonnen werden sollten.

2.7. Qualitätskontrolle der Wirksamkeit der Behandlung

2.7.1. Qualitätskontrolle bei routinemäßigen Larvenbehandlungen von öffentlichen Straßengullys und anderen wichtigen Brutstätten

In städtischen Gebieten sind Gullys häufig die produktivsten Kategorien von Mückenbrutstätten [28]. Zusammen mit *Ae. albopictus* können andere Mückenarten wie *Culex pipiens* und seltener *Culiseta* spp. diese Abflüsse besiedeln. Es ist von grundlegender Bedeutung, ein standardisiertes Protokoll für die Qualitätskontrolle der Larvenbehandlung von öffentlichen Gullys zu verabschieden.

Aufgrund des offensichtlichen Interessenkonflikts sollte die Qualitätskontrolle in der Verantwortung einer Stelle liegen, die unabhängig von dem Betreiber ist, der die Mückenbekämpfung durchführt. Im Falle von Behandlungen durch ein Schädlingsbekämpfungsunternehmen (SBU), das durch eine öffentliche Ausschreibung beauftragt wurde, sollte die Qualitätskontrollaktivität in der Ausschreibung gut beschrieben werden, um die SBU auf ihre Pflicht und mögliche Strafen für Fahrlässigkeit aufmerksam zu machen. Bei Behandlungen durch öffentliche Angestellte (z. B. von Gemeinden- oder Mückenbekämpfungsbezirken) sollte die Qualitätskontrolle in der Verantwortung einer anderen Stelle (z. B. Universität, Gesundheitsbehörde, Forschungsinstitut) liegen.

In jedem Fall müssen die Bekämpfungstrupps des Bedieners mit einem geeigneten GPS-Gerät ausgestattet sein, damit die Einheiten während der Arbeit in Echtzeit fernerkannt werden können. Per GPS-Gerät kann die Spur der Behandlungstrupps nachverfolgt werden.

Die Überwachung aus der Ferne reicht jedoch nicht aus, um die Qualität der Larvenbehandlungen zu beurteilen. Es sollten auch Probenahme in den Drainagen nach der Behandlung erfolgen.

Für eine wirksame Qualitätskontrolle bei Larvenbehandlungen von Straßengullys sollten die folgenden Parameter berücksichtigt werden:

- Anzahl der für die Qualitätskontrolle benötigten Gullys
- Lage der Abflüsse und Zeitpunkt der Qualitätskontrolle
- Stichprobenverfahren
- Ergebnis der Qualitätskontrolle
- Sicherheitsaspekte und Unfallverhütung

Weitere Informationen finden Sie in „Anhang 6: Standardarbeitsanweisungen für die Qualitätskontrolle von Larvenbehandlungen in Straßenabläufen“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19912.26880>).

2.7.2. Qualitätskontrolle bei Notfallbehandlungen

Im Falle des Nachweises eines Reisenden, der mit CHIKV, DENV oder ZIKV infiziert ist (oder im Verdacht steht, infiziert zu sein), sollte eine sofortige Mückenbekämpfung begonnen werden, einschließlich Adultizid und Larvizid, um den Beginn einer Epidemie zu verhindern. Es wird empfohlen, dass eine unabhängige Einrichtung nach diesen Behandlungen eine Qualitätskontrolle durchführt. Die Qualitätskontrolle sollte in einem Zeitfenster von etwa 1 bis 3 Tagen ab dem Ende der Behandlungen durchgeführt werden, wobei sowohl öffentliche als auch private Bereiche zu berücksichtigen sind. Über die gesammelten Daten muss ein technischer Bericht erstellt werden. Für eine wirksame Qualitätskontrolle der Wirksamkeit von Notfallbehandlungen sollten die folgenden Aktivitäten berücksichtigt werden:

- Qualitätskontrolle bei Anwendung von Larviziden
- Qualitätskontrolle bei Adultizidbehandlungen
- Sicherheitsaspekte und Unfallverhütung

Weitere Informationen finden Sie in „Anhang 7: Standardarbeitsanweisungen für die Qualitätskontrolle von Notfallbehandlungen“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29978.59845>):

2.7.3. Prävention von Insektizidresistenzen

Der starke selektive Druck, der bei intensiven Bekämpfungsprogrammen sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich ausgeübt wird, sowie das eingeschränkte Spektrum an Wirkstoffen, die auf dem EU-Markt als Biozidprodukte zugelassen sind, bergen das Risiko einer Resistenzentwicklung. Die Auswahl der zur Larvenbekämpfung zu verwendenden Insektizide ist derzeit auf einige wenige Produkte beschränkt, darunter die IGR-Kategorie (Diflubenzuron, Methopren, Pyriproxyfen), die mikrobielle Kategorie (*B.t.i.* und *Lysinibacillus sphaericus*) und Oberflächenschichtfilme (nach Entscheidung 2015 / 655 der EU-Kommission vom 23. April 2015 beziehen sich Oberflächenschichtfilme nicht auf die EU-Verordnung Nr. 528/2012 über Biozidprodukte). Adultizidprodukte kommen hauptsächlich aus der Gruppe der Pyrethroide, die im Fall der *Ae. albopictus*-Bekämpfung nur in bestimmten Fällen und nicht zur Anwendung in großem Maßstab empfohlen werden.

Um das Einsetzen einer Resistenz gegen Biozide zu verhindern, ist es wichtig, die Empfindlichkeit der Zielspezies gegenüber den angewendeten Wirkstoffen regelmäßig zu überwachen. Dies kann durch Labor-Bioassays geschehen, die gemäß WHO-Protokollen durchgeführt werden [49, 50]. Die Standardarbeitsanweisungen für Bioassays sind in „Anhang 8: Standardarbeitsanweisungen für Bioassays“ (<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36689.48480>) aufgeführt.

Im Falle von Langzeitbekämpfungsprogrammen sollte die Rotation der verfügbaren Insektizide übernommen werden, da in einigen europäischen Populationen bereits Resistenzen nach auf Insektiziden basierenden Mückenbekämpfungsprogrammen festgestellt wurden. Grigoraki et al. [51] warnte vor hohen Resistenz von *Cx. pipiens* gegen Diflubenzuron als Folge wiederholter Diflubenzuron-Behandlungen von *Ae. albopictus* in norditalienischen Stadtgebieten; während Pichler et al. [52] eine mögliche Resistenz von *Ae. albopictus* gegen Permethrin nach kontinuierlicher Adultizidbehandlung von *Ae. caspius* in touristischen Gebieten Norditaliens feststellten. Die Rotation von Larviziden sollte unter Berücksichtigung von Produkten mit unterschiedlichen Wirkmechanismen geplant werden.

3 Schlussfolgerungen

Seit den letzten Jahrzehnten ist *Ae. albopictus* in Teile vieler europäischer Länder eingeschleppt worden, darunter Albanien, Bosnien und Herzegowina, Bulgarien, Kroatien, Frankreich,

Griechenland, Ungarn, Italien, Mazedonien, Malta, Montenegro, Rumänien, Slowenien, Spanien und die Schweiz. Einige andere Länder sind von einer Invasion bedroht, wie Österreich, Belgien, die Tschechische Republik, Zypern, Deutschland, Portugal, Serbien, die Slowakei, die Niederlande, die Türkei und das Vereinigte Königreich.

Während die Art für ihr anthropophiles Verhalten, ihre Aggressivität und ihre Vektorkapazität bekannt ist, hängt die Auswirkung ihrer Anwesenheit auf die menschliche Gesellschaft weitgehend von ihrer Populationsdichte ab. Obwohl eine räumliche Analyse der Populationsdichten nie versucht wurde, ist bekannt, dass Klimagradiënten und die lokale Wetterdynamik das Auftreten regulieren. Der *Ae. albopictus*-Managementplan, den wir im Rahmen des LIFE CONOPS-Projekts entwickelt und vor Ort getestet haben, wurde durch die Integration der Erfahrungen der vielen Mückenbekämpfungsbehörden und -institutionen, die vor Ort aktiv sind, verbessert. Es wurde als praktisches Handbuch konzipiert, in dem alle Hauptaktivitäten aufgeführt sind, die als nützlich erachtet werden, um das Problem in Gebieten, in denen die Art gut etabliert ist, unter Kontrolle zu bringen. Vorgeschlagene Methoden und Technologien wurden nach sorgfältigen Feldtests in einem Kosten-Nutzen-Bewertungsansatz definiert.

Der Plan berücksichtigt keine Situationen, in denen die Art noch nicht etabliert ist – in diesem Fall können andere Ansätze wie vorbeugende Überwachungs- und Eliminierungsprogramme angewandt werden. Es werden auch keine Situationen berücksichtigt, in denen anhaltende Ausbrüche festgestellt wurden und spezifische Vektorbekämpfungsaktivitäten durchgeführt werden sollten, um die Epidemie zu stoppen.

Lokale / regionale Behörden, die für das Mückenmanagement verantwortlich sind, sollten dieses Handbuch nutzen und nach einer Kosten-Nutzen-Bewertung diejenigen Maßnahmen ergreifen, die sie für die jeweilige Situation als angemessener erachten.

Aufgrund der großen Variabilität der Populationsdichte von *Ae. albopictus* ist es für die Autoren nicht überraschend, wenn die lokale Behörde unter bestimmten Umständen beschließt, keine der Aktivitäten zu unternehmen, während in anderen Situationen der gesamte Managementplan umgesetzt werden sollte.

Abb. 1. Zeichnung einer weiblichen asiatischen Tigermücke während der Blutmahlzeit (siehe Original)

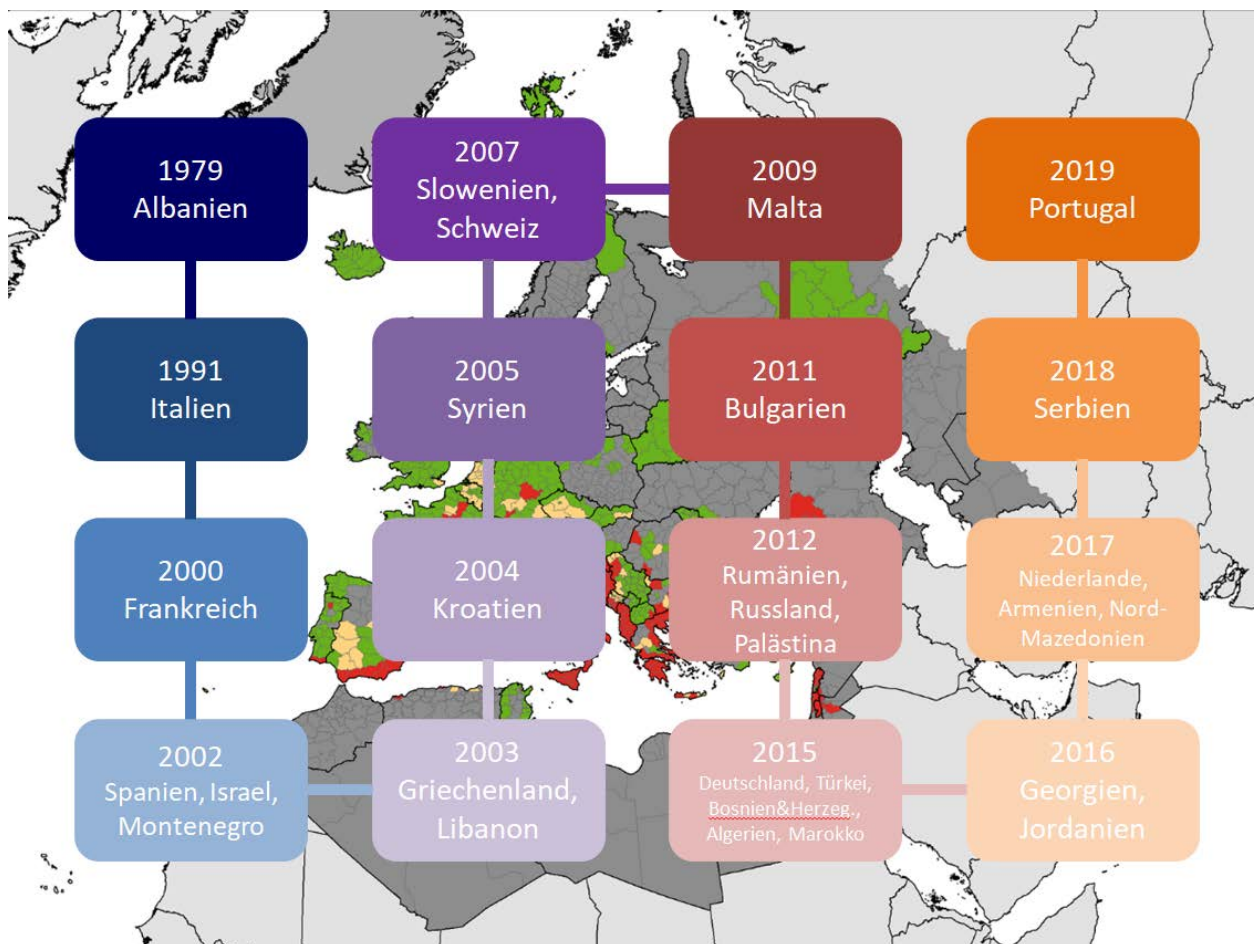


Abb. 2. Ablauf der Ausbreitung von *Ae. albopictus* in der EU und benachbarten Staaten. Die Daten zeigen die jeweils erste beobachtete etablierte Population pro Land an. Hintergrundkarte: adaptiert von ECDC mosquito maps, Mai 2020 (www.ecdc.europa.eu).

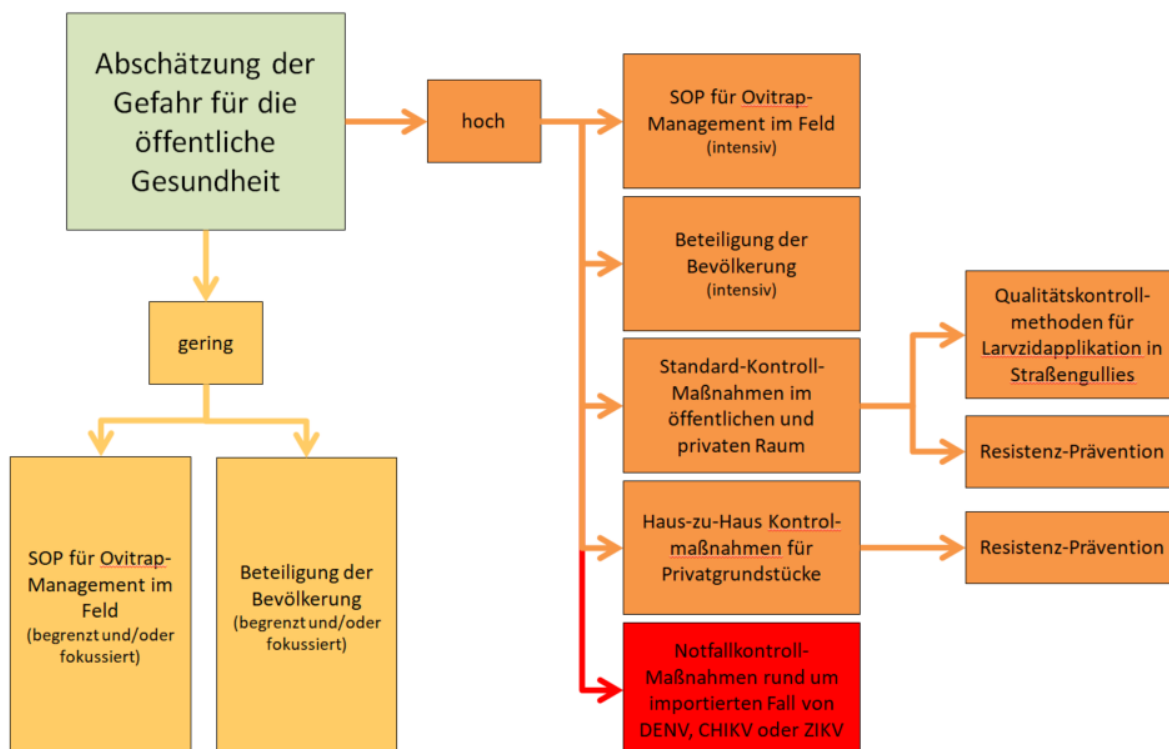


Abb. 3. Komponenten des Management-Plans zur Bekämpfung von *Ae. albopictus* (Details im Text).

Danksagung: Dieser Plan wurde im Rahmen des LIFE CONOPS Projekts erstellt, “Development & demonstration of management plans against - the climate change enhanced - invasive mosquitoes in S. Europe” (www.conops.gr, LIFE12 ENV/GR/000466), kofinanziert durch das EU Umweltfinanzierungsprogramm LIFE + Environment Policy and Governance. Diese Publikations basiert auf Arbeiten im Rahmen von COST Action AIM-COST CA17108 (<https://www.aedescost.eu>), unterstützt durch COST (European Cooperation in Science and Technology), www.cost.eu. Die Gründungssponsoren hatten keine Rolle in Manuskript-Erstellung oder –Einreichung.

Referenzen:

- [1] Keller RP, Geist J, Jeschke JM, Kühn L. Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environ Sci Eur* 2011;23:8–11.
- [2] European Centre for Disease Prevention and Control. Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. 2012. Stockholm.
- [3] Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropulacos K, Macini P, et al. An outbreak of chikungunya fever in the province of Ravenna, Italy. *Euro Surveill* 2007;12. 7–9:281.
- [4] Angelini R, Finarelli AC, Angelini P, Po C, Petropulacos K, Macini P, et al. Chikungunya in north-eastern Italy: a summing up of the outbreak. *Euro Surveill* 2007;12. E071122-2.
- [5] Medlock JM, Hansford KM, Schaffner F, Versteirt V, Hendrickx G, Zeller H, et al. A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2012;12:435–47.
- [6] Venturi G, Di Luca M, Fortuna C, Remoli ME, Flavia R, Severini F, et al. Detection of a chikungunya outbreak in central Italy, August to September 2017. *Euro Surveill* 2017;vol. 22.
- [7] European Centre for Disease Prevention and Control. Clusters of autochthonous chikungunya cases in Italy. Stockholm: first update; 2017.
- [8] European Centre for Disease Prevention and Control. Cluster of autochthonous chikungunya cases in France. 2017. Stockholm.
- [9] Akiner MM, Demirci B, Babuadze G, Robert V, Schaffner F. Spread of the invasive mosquitoes *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the Black Sea region increases risk of chikungunya, dengue, and Zika outbreaks in Europe. *PLoS Neglected Trop Dis* 2016;10:1–5.
- [10] Rezza G. Dengue and chikungunya: long-distance spread and outbreaks in naïve areas. *Pathog Glob Health* 2014;108:349–55.
- [11] European Centre for Disease Prevention and Control. New settlements of *Aedes aegypti* raising concerns for continental EU n.d. 2020<https://ecdc.europa.eu/en/news-events/new-settlements-aedes-aegypti-raising-concerns-continental-eu>.
- [12] Louis C. Daily newspaper view of dengue. *Emerg Infect Dis* 2012;18:1927–31.
- [13] Hajra A, Bandyopadhyay D, Hajra SK. Zika virus: a global threat to humanity: a comprehensive review and current developments. *N Am J Med Sci* 2016;8:123–8.
- [14] European Centre for Disease Prevention and Control. Disease data from ECDC surveillance atlas - Zika virus disease n.d. 2020<https://ecdc.europa.eu/en/zikavirus-infection/surveillance-and-disease-data/disease-data>.
- [15] European Centre for Disease Prevention and Control. Dengue outbreak in reunion. France; 2018.
- [16] Reiter P. Climate change and mosquito-borne disease. *Environ Health Perspect* 2001;109:141–61.
- [17] Gould EA, Higgs S. Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2009;103:109–21.
- [18] Medlock JM, Leach SA. Review Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. 2015. p. 3099.
- [19] Ebi KL, Nealon J. Dengue in a changing climate. *Environ Res* 2016;151:115–23. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.07.026>.
- [20] Tagaris E, Sotiropoulou REP, Sotiropoulos A, Spanos I, Milonas P, Michaelakis A. Climate change impact on the establishment of the invasive mosquito species (IMS). *Perspect. Atmos. Sci. Springer International Publishing*; 2017. p. 689–94. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-35095-0>.

- [21] Vazeille M, Jeannin C, Martin E, Schaffner F, Failloux AB. Chikungunya: a risk for Mediterranean countries? *Acta Trop* 2008;105:200–2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X07002343?via%3Dihub>.
- [22] Gardner LM, Chen N, Sarkar S. Global risk of Zika virus depends critically on vector status of *Aedes albopictus*. *Lancet Infect Dis* 2016;16:522–3. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)00176-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)00176-6).
- [23] Adhami J, Murati N. The presence of the mosquito *Aedes albopictus* in Albania. *Rev Mjebesore* 1987;1:13–6.
- [24] Perner H, Wilamowski A, Schnur H, Orshan L, Shalom U, Bear A. *Aedes albopictus* in Israel. *Eur Mosq Bull* 2003;14:32.
- [25] Haddad N, Harbach RE, Chamat S, Bouharoun-Tayoun H. Presence of *Aedes albopictus* in Lebanon and Syria. *J Am Mosq Contr Assoc* 2007;23:226–8.
- [26] Oter K, Gunay F, Tuzer E, Linton YM, Bellini R, Alten B. First record of *Stegomyia albopicta* in Turkey determined by active ovitrap surveillance and DNA barcoding. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2013;13:753–61.
- [27] European Centre for Disease Prevention and Control. *Aedes albopictus* – current known distribution in Europe, June 2018. 2018 <https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/aedes-albopictus-current-known-distribution-june-2018>.
- [28] Carrieri M, Angelini P, Venturelli C, Maccagnani B, Bellini R. *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) population size survey in the 2007 chikungunya outbreak area in Italy. I. Characterization of breeding sites and evaluation of sampling methodologies M. *J Med Entomol* 2011;48:1214–25.
- [29] Carrieri M, Angelini P, Venturelli C, Maccagnani B, Bellini R. *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) population size survey in the 2007 chikungunya outbreak area in Italy. II: estimating epidemic thresholds. *J Med Entomol* 2012;49:388–99. <https://doi.org/10.1603/ME10259>.
- [30] Bellini R, Bonilauri P, Puggioli A. Chikungunya and dengue risk assessment in Greece. *Vector Biol J* 2016;1.
- [31] Carrieri M, Masetti A, Albieri A, Maccagnani B, Bellini R. Larvicidal activity and influence of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on *Aedes albopictus* oviposition in ovitraps during a two-week check interval protocol. *J Am Mosq Contr Assoc* 2009;25:149–55.
- [32] Taylor LR. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 1961;189:732–5.
- [33] Taylor LR. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu Rev Entomol* 1984;29:321–57.
- [34] Kuno E. Sampling and analysis of insect populations. *Annu Rev Entomol* 1991;36:285–304.
- [35] Buntin GD. Developing a primary sampling program. In: Pedigo LP, Buntin GD, editors. *Handb. Sampl. methods arthropods Agric*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1994. p. 99–115.
- [36] Southwood TRE, Henderson PA. third ed. *Ecological methods* vol. 278. 2000. <https://doi.org/10.1038/278674a0>.
- [37] Carrieri M, Albieri A, Urbanelli S, Angelini P, Venturelli C, Matrangelo C, et al. Quality control and data validation procedure in large-scale quantitative monitoring of mosquito density: the case of *Aedes albopictus* in Emilia-Romagna region. Italy. *Pathog Glob Health* 2017;111:83–90. <https://doi.org/10.1080/20477724.2017.1292992>.
- [38] Henk van den B, Velayudhan R, Ejev M. Regional framework for surveillance and control of invasive mosquito vectors and re-emerging vector-borne diseases 2014- 2020 vol. 18. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.05.001>.
- [39] Becker N, Schön S, Klein A-M, Ferstl I, Kizgin A, Tannich E, et al. First mass development of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) —its surveillance and control in Germany. *Parasitol Res* 2017;116:847–58.
- [40] European Centre for Disease Prevention and Control. Guidelines for the surveillance of native mosquitoes in Europe. 2012. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-6-209>.
- [41] Scherrer AM, Motti R, Weckerle CS. Traditional plant use in the areas of montevesole and ascea, cilento national park (campania, southern Italy). *J Ethnopharmacol* 2005;97:129–43. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.11.002>.
- [42] Richards SL, Ghosh SK, Zeichner BC, Apperson CS. Impact of source reduction on the spatial distribution of larvae and pupae of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in suburban neighborhoods

- of a piedmont community in North Carolina. *J Med Entomol* 2008;45:617–28.
<https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>.
- [43] Unlu I, Farajollahi A, Strickman D, Fonseca DM. Crouching tiger, hidden trouble: urban sources of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) refractory to source-reduction. *PLoS One* 2013;8:1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077999>.
- [44] Stefopoulou A, Balatsos G, Petraki A, Ladeau SL, Papachristos D, Michaelakis A. Reducing *Aedes albopictus* breeding sites through education : a study in urban area. *PLoS One* 2018;13:e0202451.
- [45] Bellini R, Albieri A, Carrieri M, Colonna R, Donati L, Magnani M, et al. Efficacy and lasting activity of four IGRs formulations against mosquitoes in catch basins of northern Italy. *Eur Mosq Bull* 2009;27:33–46.
- [46] Anderson JF, Ferrandino FJ, Dingman DW, Main AJ, Andreadis TG, Becnel JJ. Control of mosquitoes in catch basins in Connecticut with *Bacillus thuringiensis israelensis*, *Bacillus sphaericus*, and spinosad. *J Am Mosq Contr Assoc* 2011;27:45–55. <https://doi.org/10.2987/10-6079.1>.
- [47] Harbison Layden J, Xamplas C, Zazra D, Henry M, O'Hara Ruiz M. Observed loss and ineffectiveness of mosquito larvicides applied to catch basins in the northern suburbs of Chicago IL, 2014. *Environ Health Insights* 2015;1. <https://doi.org/10.4137/EHI.S24311>.
- [48] Medlock J, Balenghien T, Alten B, Versteirt V, Schaffner F. Field sampling methods for mosquitoes, sandflies, biting midges and ticks vol. 15. 2018. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2018.en-1435>.
- [49] World Health Organization. Techniques to detect insecticide resistance mechanism (Field and laboratory manual). 1998. Geneva <https://apps.who.int/iris/handle/10665/83780>.
- [50] World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. 2005. Geneva <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69101>.
- [51] Grigoraki L, Puggioli A, Mavridis K, Douris V, Montanari M, Bellini R, et al. Striking diflubenzuron resistance in *Culex pipiens*, the prime vector of West Nile Virus. *Sci Rep* 2017;7:1–8.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-12103-1>.
- [52] Pichler V, Bellini R, Veronesi R, Arnoldi D, Rizzoli A, Paolo Lia R, et al. First evidence of resistance to pyrethroid insecticides in Italian *Aedes albopictus* populations 26 years after invasion. *Pest Manag Sci* 2018;74:1319–27.

Annexe:

- Annex 1: SOP für Management von Ovitrap im Feldeinsatz
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24106.57281>)
- Annex 2: SOP für Ei-Zählung
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25784.29441>)
- Annex 2: SOP für Qualitätskontrolle im Monitoring von *Aedes albopictus*
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35850.62403>)
- Annex 4: SOP – Textbausteine für Verordnungen
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28300.87684>)
- Annex 5: SOP für Notfallvektorbekämpfungsoperationen bei Dengue-, Chikungunya- und Zikavirus-Erkennung (Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13201.38242>)
- Annex 6: SOP für Qualitätskontrolle der Larvizidbehandlung von Straßen-Abflüssen
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19912.26880>)
- Annex 7: SOP für Qualitätskontrolle im Notfall Pestizideinsatz
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29978.59845>)
- Annex 8: SOP für Bioassays
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36689.48480>)
- Annex 9: SOP für Schädlingsbekämpfungsausschreibung
(Englisches Original – siehe Link: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11838.23361>)