



*Allschwil, 20.06.2025*

# INSEKTIZIDRESISTENZ DER ASIATISCHEN TIGERMÜCKE IN DER SCHWEIZ

**Kurzbericht**

**Pie Müller**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>KONTAKTE</b> .....	<b>1</b>
<b>ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>2</b>
<b>1. HINTERGRUND</b> .....	<b>3</b>
<b>2. PROJEKTZIEL</b> .....	<b>3</b>
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>3</b>
3.1 Testmaterial .....	3
3.2 Bioassays .....	3
3.3 PCR-Diagnostik .....	4
<b>4. RESULTATE</b> .....	<b>4</b>
4.1 Bioassays .....	4
4.2 Molekularbiologische Analysen .....	5
<b>5. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN</b> .....	<b>6</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>6</b>

# KONTAKTE



Associated Institute of the University of Basel

**Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut**  
Kreuzstrasse 2  
CH-4123 Allschwil

Pie Müller, PD Dr. sc. nat.  
Einheitsleiter Vector Biology  
Departement Epidemiologie und Public Health  
T: +41 61 284 82 41  
M: +41 79 315 58 93  
[pie.mueller@swisstph.ch](mailto:pie.mueller@swisstph.ch)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Gesundheit BAG**  
Schwarzenburgstrasse 157  
3003 Bern

Linda Adamíková  
[linda.adamikova@bag.admin.ch](mailto:linda.adamikova@bag.admin.ch)

**Eidgenössisches Departement für Umwelt,  
Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK**  
**Bundesamt für Umwelt BAFU**  
**Abteilung Boden und Biotechnologie**  
Worblentalstrasse 68  
CH-3063 Ittigen

Basil Gerber, Dr. phil. nat.  
Stv. Sektionschef Biotechnologie  
Abteilung Boden und Biotechnologie  
T: +41 58 463 03 50  
[basil.gerber@bafu.admin.ch](mailto:basil.gerber@bafu.admin.ch)

## Danksagung

Gerne möchte ich mich bei Linda Adamíková vom BAG und Basil Gerber vom BAFU die gute Zusammenarbeit bedanken. Ein herzlicher Dank geht an Nikoleta Anicic, Daniel Cherix, Eleonora Flacio, Klaudia Erndle und Bianca Modespacher für die Organisation und das Einsammeln der Proben im Feld sowie Salome Keller, Ana Luisa Nogueira, Romina Rocchetti und Tobias Suter für die Aufzucht sowie die Durchführung der Insektizidtests. Vielen Dank an Jean-Philippe David, Frédéric Laporte und Louis Nadalin für die grossartige Unterstützung von der Université Grenoble Alpes bei der Durchführung der ddPCR.

## Hinweis

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) und des Bundesamts für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

# ABKÜRZUNGEN

ddPCR	Droplet Digital PCR
<i>kdr</i>	Knock-down resistance
PBO	Piperonylbutoxid
PCR	Polymerase chain reaction
Swiss TPH	Swiss Tropical and Public Health Institute (Deutsch: Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut)
WHO	World Health Organization (Deutsch: Weltgesundheitsorganisation)

# 1. HINTERGRUND

In den vergangenen Jahren konnte sich die invasive Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) neben dem Kanton Tessin auch in weiteren Regionen der Schweiz ansiedeln und weiterverbreiten (Engeler & Flacio, 2022). Mit Zunahme der Mückendichte und der Anzahl an virämischen Reiserückkehrenden während den Sommermonaten erhöht sich die Gefahr einer lokalen Übertragung von Viren wie Dengue oder Chikungunya. Um solche Übertragungen einzudämmen, wird unter besonderen Umständen – neben den bestehenden Massnahmen – auch der Einsatz von Adultiziden empfohlen (Fouque et al., 2020). Für die Auswahl geeigneter Adultizide sowie für die Entwicklung von Strategien zur Verhinderung von Resistenzen sind Daten zur Resistenz lokaler Tigermückenpopulationen, der damit verbundenen molekularen Mechanismen und der Veränderung der Resistenz im Laufe der Zeit entscheidend. Jedoch fehlen uns aktuelle Informationen in der Schweiz. Die letzten umfassenden Untersuchungen wurden 2013 im Kanton Tessin durchgeführt (Suter et al., 2017). Besorgniserregend ist die kürzlich europaweit durchgeführte Studie, in der Asiatische Tigermücken auf die Präsenz des V1016G «knock-down» Resistenzallels (*kdr*) getestet wurden (Pichler et al., 2022). Diese Mutation verleiht Resistenz gegen Pyrethroide, die eine wichtige Insektizidklasse darstellen. Darunter fällt auch Deltamethrin, das kürzlich in der Schweiz zur Bekämpfung adulter Tigermücken zugelassen wurde (<https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2024/1010/de>). In der Studie von Pichler et al. (2022) wurde die *kdr*-Punktmutation bereits an 12 von 69 Standorten in Europa nachgewiesen – darunter war auch eine positive Probe aus Basel.

## 2. PROJEKTZIEL

Ziel des vorliegenden Projekts war es, den momentanen Insektizidresistenzstatus der Asiatischen Tigermücke in der Schweiz zu erfassen. Dazu wurden adulte Tigermücken aus der Schweiz einerseits auf das Vorhandensein einer phänotypischen Resistenz gegen die wichtigsten Adultizidklassen getestet sowie deren DNA auf das Vorhandensein der V1016G und I1532T *kdr*-Punktmutationen mittels PCR-Diagnostik untersucht.

## 3. MATERIAL UND METHODEN

### 3.1 Testmaterial

Für die Aufzucht der Mücken wurden über das Schweizerische Mückennetzwerk SMN positive Holzstäbchen aus den Ovitrapns der Tigermückenmonitoring-Programme in den Kantonen Tessin, Waadt und der Region Basel verwendet und als Kolonie im Labor gemäss dem Protokoll von Suter et al. (2017) etabliert. Für die Bioassays wurden pro Insektizid und Negativkontrolle 100 bzw. 50 drei bis fünf Tage alte adulte Weibchen aus der F<sub>1</sub>- oder F<sub>2</sub>-Generation angestrebt.

### 3.2 Bioassays

Die Bioassays wurden gemäss den Guidelines der Weltgesundheitsorganisation WHO durchgeführt (WHO, 2022b). Dafür wurden entweder Filterpapiere oder Flaschen mit diagnostischen Kon-

zentrationen (Engl. «discriminant dose») (WHO, 2022a) ausgewählter Insektizide sowie Kontrollpapiere, die nur die Trägersubstanz aufweisen, präpariert (Tabelle 1). Die Insektizide repräsentieren Wirkstoffe, die in Produkten enthaltend sind, die von der WHO als Adultizide für die Bekämpfung von *Aedes*-Mücken aufgeführt sind.

**Tabelle 1: Testsubstanzen**

Insektizidklasse	Insektizid	Bioassay	Konzentration <sup>1</sup>	Träger
Pyrethroide	Deltamethrin	Röhrchentest	0.03%	Silikonöl
	Permethrin <sup>2</sup>	Röhrchentest	0.4%	Silikonöl
Organophosphate	Malathion	Röhrchentest	5.0%	Silikonöl
Neonikotinoide	Chlothianidin	Flaschentest	10 µg pro Flasche	Azeton + MERO 1'500 ppm
Butenolide	Flupyradifurone	Flaschentest	80 µg pro Flasche	Azeton + MERO 1'500 ppm

<sup>1</sup> Die Konzentrationen entsprechen den von der WHO angegebenen diagnostischen Konzentrationen für Filterpapiere des «Insecticide Susceptibility Assays» (Röhrchentest) bzw. des WHO Flaschentests (WHO, 2022b)

<sup>2</sup> 60:40 cis:trans-Isomerenverhältnis

### 3.3 PCR-Diagnostik

Aus jeder Population wurde DNA aus Pools von etwa 200 Mücken (Tabelle 3) unter Verwendung des DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany) extrahiert. Anschliessend wurde diese DNA mithilfe einer diagnostischen Droplet-Digital-PCR (ddPCR) auf einem QX100 ddPCR-System (Bio-Rad, Hercules, Kalifornien, USA) gemäss einem Protokoll der Universität Grenoble Alpes auf das Vorhandensein der beiden *kdr*-Mutationen V1016G und I1532T untersucht (David et al., unveröffentlicht).

## 4. RESULTATE

### 4.1 Bioassays

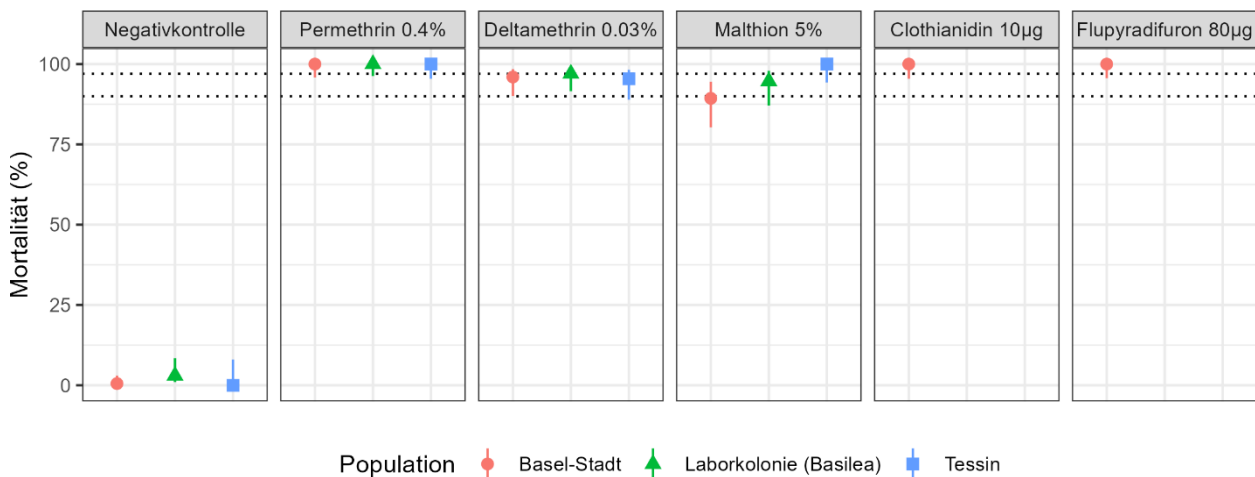
Aufgrund von Schwierigkeiten beim Ausschlüpfen der im Feld gesammelten Mückeneier im Labor konnten nicht für jede Population 100 Individuen pro Insektizid getestet werden. Die Anzahl der getesteten Mücken variierte zwischen 63 und 100 (Tabelle 2).

Mit Ausnahme von Malathion in der Population aus Basel-Stadt fanden sich keine Hinweise auf eine phänotypische Insektizidresistenz in den untersuchten Populationen (Abbildung 1).

**Tabelle 2:** Anzahl getesteter Mücken pro Population und Insektizid

Insektizid	Population	n
Negativkontrolle	Basel-Stadt	186
	Laborkolonie (Basilea)	100
	Tessin	44
Permethrin 0.4%	Basel-Stadt	88
	Laborkolonie (Basilea)	99
	Tessin	80
Deltamethrin 0.03%	Basel-Stadt	99
	Laborkolonie (Basilea)	100
	Tessin	88
Malthion 5%	Basel-Stadt	75
	Laborkolonie (Basilea)	75
	Tessin	63
Clothianidin 10 µg	Basel-Stadt	80
Flupyradifuron 80 µg	Basel-Stadt	84

n: Anzahl getesteter Individuen.



**Abbildung 1:** Bioassay-Resultat für diagnostische Konzentrationen phänotypischer Insektizidresistenz. Die Symbole geben den Mittelwert und die vertikalen Linien das 95%-Konfidenzintervall an. Die obere punktierte Linie gibt den WHO-Schwellenwert für Insektizidresistenz an. Werte unter dieser Linie deuten auf eine mögliche Insektizidresistenz hin. Werte unterhalb der unteren punktierten Linie deuten auf eine bestätigte Insektizidresistenz hin.

## 4.2 Molekularbiologische Analysen

Die molekularbiologischen Analysen ergaben keinen Hinweis auf das Vorhandensein der *kdr*-Mutation V1016G. Die *kdr*-Mutation I1532T wurde jedoch in sehr geringer Frequenz in der Population aus Basel nachgewiesen (Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Häufigkeit der *kdr*-Mutationen V1016G und I1532T

Mutation	Population	%	n
V1016G	Basel	0.0	199
	Laborkolonie (Basilea)	0.0	200
	Ticino	0.0	188
I1532T	Basel	4.9	199
	Laborkolonie (Basilea)	0.0	200
	Ticino	0.0	188

n: Anzahl getesteter Individuen.

## 5. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

In den untersuchten Populationen fanden sich keine eindeutigen Hinweise auf eine Pyrethroidresistenz. Die *kdr*-Mutation I1532T war jedoch in geringer Häufigkeit in der Population aus Basel vorhanden. Die *kdr*-Mutation V1016G wurde zwar in einer früheren Untersuchung in Tigermücken aus Basel identifiziert, trat in der vorliegenden Studie jedoch nicht auf.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die Insektizidresistenz weiterhin regelmässig zu überwachen, um potenzielle Resistenzen frühzeitig zu erkennen und fundierte, evidenzbasierte Entscheidungen über möglichen Bekämpfungsmassnahmen treffen zu können.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

Engeler L, Flacio E (2022). Projektbericht über die Aktivitäten des nationalen Netzwerks zur Überwachung und Bekämpfung invasiver Stechmücken in der Schweiz in der Saison 2021. Mendrisio, SUPSI: 35.

Fouque F, Guidi V, Lazzaro M, Ravasi D, Martinetti-Lucchini G, Merlani G, Tonolla M, Flacio E (2020). Emerging Aedes-borne infections in southern Switzerland: Preparedness planning for surveillance and intervention. *Travel Med Infect Dis* 37: 101748.

Pichler V, Caputo B, Valadas V, Micocci M, Horvath C, Virgillito C, Akiner M, Balatsos G, Bender C, Besnard G, Bravo-Barriga D, Bueno-Mari R, Collantes F, Delacour-Estrella S, Dikolli E, Falcuta E, Flacio E, García-Pérez AL, Kalan K, Kavran M, L'Ambert G, Lia RP, Marabuto E, Medialdea R, Melero-Alcibar R, Michaelakis A, Mihalca A, Mikov O, Miranda MA, Müller P, Otranto D, Pajovic I, Petric D, Rebelo MT, Robert V, Rogozi E, Tello A, Zitko T, Schaffner F, Pinto J, Della Torre A (2022). Geographic distribution of the V1016G knockdown resistance mutation in *Aedes albopictus*: a warning bell for Europe. *Parasit Vectors* 15(1): 280.

Suter T, Crespo MM, de Oliveira MF, de Oliveira TSA, de Melo-Santos MAV, de Oliveira CMF, Ayres CFJ, Barbosa RMR, Araujo AP, Regis LN, Flacio E, Engeler L, Muller P, Silva-Filha M (2017). Insecticide susceptibility of *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti* from Brazil and the Swiss-Italian border region. *Parasit Vectors* 10(1): 431.

WHO (2022a). Determining discriminating concentrations of insecticides for monitoring resistance in mosquitoes: report of a multi-centre laboratory study and WHO expert consultations. Geneva, World Health Organization: 109.

WHO (2022b). *Manual for monitoring insecticide resistance in mosquito vectors and selecting appropriate interventions*. Geneva, World Health Organization.