

Gremium	Termin	Status
Ortsbeirat Maudach	27.08.2020	öffentlich

**Anfrage des Mitgliedes der GRÜNEN im Ortsbeirat
Artenvielfalt im Maudacher Bruch**

Vorlage Nr.: 20201941

Stellungnahme der Verwaltung

Es ist eine ausführliche Anlage beigefügt, die von der KABS e.V. zu den einzelnen Fragen erarbeitet wurde. Anbei die Kurzfassung:

1. Welche Chemikalien werden im Maudacher Bruch seit wann, in welcher Menge und in welcher Häufigkeit gegen die Vermehrung von Mücken eingesetzt?

Abgestimmt auf die Art und Menge der Stechmücken im Maudacher Bruch erfolgt nach Überschreiten eines gewissen Mückenlarvenanteils jährlich seit etwa 1985 eine Bekämpfungsaktion. In den letzten 10 Jahren wurden dabei im Durchschnitt 54 ha Hektar Fläche behandelt (geringste 2009 mit 25,3, höchste 2015 mit 83,4). Je nach Aufkommen und Larvenstadium werden zwischen 10 und 20 kg Eisgranulat mit Bti pro Hektar ausgebracht.

2. Wie ist die Wirkung dieser Chemikalien auf Mücken?

Das eingesetzte Protein, das von dem Bakterium *Bacillus thuringensis israelensis* (Bti), einem natürlichen Feind der Stechmücken, gebildet wird, tötet je nach aufgenommener Menge die Larven innerhalb weniger Minuten bis Stunden.

3. Und 4.

Wie ist die Wirkung dieser Chemikalien auf andere Insekten? Gibt es fundierte Erkenntnisse darüber, welche Auswirkungen diese Chemikalien über die Nahrungskette oder andere Zusammenhänge auf den Bestand von Amphibien, Schlangen und Vögel haben?

Dies ist ausführlich der Anlage zu entnehmen, in der einzelne Tierarten aufgelistet und die Auswirkungen erläutert sind.

5. Gibt es Erhebungen über die Entwicklung des Bestandes typischer Arten im Maudacher Bruch über die letzten 10 Jahre?

Für das Maudacher Bruch liegen umfangreiche Arbeiten von verschiedenen Autoren vor. Eine Aufarbeitung wurde im Rahmen der Pflege- und Entwicklungsplanung durch J. Mazomeit sowohl historisch, als auch relativ aktuell Entwurfsstand geleistet. Rund 500 Pflanzenarten, und viele andere Arten aus verschiedensten Tiergruppen wie Libellen, Heuschrecken, Schnecken, Tagfalter etc. wurden erfasst bzw. Quellen und Fundangaben ausgewertet. Ebenso fanden Erhebungen der Artveränderungen im Rahmen der Pflege- und Entwicklungsplanung 1996 und Fortschreibung 2008 statt. Eine Fortschreibung in den nächsten Jahren ist geplant.

Entscheidend ist letztlich die Stabilisierung des Grundwasserstandes, um die typischen Lebensbedingungen zu erhalten.

Anlage:

Stellungnahme der KABS e.V vom 13.08.2020, erstellt von Dipl. Biol. Herrn Dirk Reichle, Wissenschaftlicher Direktor, **Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V.**

Anlage: Stellungnahme KABS

1. Welche Chemikalien werden im Maudacher Bruch seit wann, in welcher Menge und in welcher Häufigkeit eingesetzt?

Der Maudacher Bruch stellt als verlandeter ehemaliger Rheinarm mit seinen über Jahrhunderten entstandenen großflächigen Niedermoorbereichen ein typisches Bruthabitat von Sumpfwaldstechmücken dar.

Die aus verschiedenen Stechmückenarten der Gattung *Aedes* bestehenden ökologischen Gruppe der Sumpfwaldstechmücken legen ihre Eier während des Sommerhalbjahres in den feuchten Waldboden ab. Nach der vollständigen Entwicklung können diese Eier mehrere Monate bis Jahre im trockenen Waldboden überdauern, ohne an Lebensfähigkeit einzubüßen. Da die Wasserkörper der grundwassernahen Sumpfwälder im Laufe des Sommerhalbjahres in der Regel eintrocknen, weisen die Eier der Sumpfwaldstechmücken eine Schlupfhemmung bei hohen Temperaturen auf, so dass diese Arten nur eine Generation im Frühjahr eines jeden Jahres hervorbringen. Durch die ansteigenden Grundwasserstände während des Winterhalbjahres kommt es zu einer Überflutung der Brutstättenbereiche der Sumpfwaldstechmücken. Aus den dort ruhenden Eiern schlüpfen schon sehr früh im Jahr die Larven der Sumpfwaldstechmückenarten, welche sich aufgrund eines niedrigen unter Entwicklungsnullpunktes in dem noch kalten Wasser erfolgreich entwickeln können. Ausgehend von einem Schlupf im Februar kann die Entwicklungszeit bis zu drei Monate betragen, d.h. die fertigen Fluginsekten treten erst gegen Ende April/Anfang Mai auf.

Die bei hoher Populationsdichte plageerregenden Sumpfwaldstechmückenarten werden im Maudacher Bruch von der KABS e.V. mit dem biologischen Mittel B.t.i. seit etwa 1985 bekämpft. Da es sich bei den Sumpfwaldstechmücken um monozyklische Arten mit lediglich einer Generation pro Jahr handelt, erfolgte hierbei pro Jahr nur eine Bekämpfungsaktion.

Der Fläche der jährlichen mit dem biologischen Mittel B.t.i. behandelten Flächen war hierbei abhängig vom Umfang der überschwemmten Stechmückenbrutstätten und dem jeweiligen Besatz an Stechmückenlarven. So erfolgt im Rahmen der von der KABS praktizierten ökologischen Bekämpfungsstrategie eine biologische Bekämpfung erst nach dem Überschreiten gewisser Schwellenwerte des Larvenbesatz plageerregender Stechmückenarten. Die im Maudacher Bruch ebenfalls vorkommenden ornithophilen Stechmückenarten der Gattung *Culex* und *Culiseta* werden von der KABS e.V. bei der Ermittlung der Larvendichte nicht berücksichtigt und ebenfalls nicht gezielt bekämpft.

So befinden sich in dem als Landschaftsschutzgebiet ausgewiesenen Bruchgelände mit einer Gesamtfläche von 523 Hektar auf rund 90 Hektar potentielle Bereiche mit Brutstätten von Sumpfwaldstechmücken. In den letzten 10 Jahren wurden im Durchschnitt jährlich eine Fläche von rund 54 Hektar gegen Larven plageerregender Stechmückenarten biologisch behandelt, wobei in diesem Zeitraum die geringste behandelte Fläche mit 25,3 Hektar im Jahr 2009 und die höchste behandelte Fläche im Jahr 2015 mit 83,4 Hektar zu verzeichnen waren. Aufgrund der Größe der Teilflächen und der Unzugänglichkeit der naturbelassenen Bruchflächen erfolgte dabei im Mittel bei rund 90 % der Flächen eine Behandlung mit dem Helikopter aus der Luft.

Durch aktives Einbringen von empor gepumptem Grundwasser wurden in den letzten Jahren die ehemaligen Niedermoorbereiche des Maudacher Bruches künstlich bewässert. Dadurch kam es in vielen Massenbrutstätten der Sumpfwaldstechmücken zu einer langfristigen ausgedehnten Überflutung der potentiellen Eiablagebereiche bis in den Sommer, wodurch eine Eiablage durch die Weibchen nicht möglich wurde. Diese legen ihre Eier in den feuchten Waldboden, jedoch nicht auf Wasserflächen ab. Aufgrund des damit in vielen Bereichen einhergehenden niedrigen Besatzes an Larven von plageerregenden Stechmückenarten, lag in den Jahren 2018 und 2019 die Gesamtfläche der mit dem biologischen Wirkstoff B.t.i. behandelten Fläche trotz sehr großflächiger Überflutungen jeweils bei lediglich rund 33 Hektar. Dies spiegelt das Konzept der von der KABS praktizierten ökologischen Bekämpfungsstrategie wider, bei der nicht automatisch beim Auftreten von Stechmückenlarven, sondern erst nach dem Überschreiten gewisser Schwellenwerte eine biologische Bekämpfung erfolgt.

Nach mehreren Beschwerden wegen sehr heftiger Stichbelästigungen während der für Sumpfwaldstechmücken untypischen Hochsommermonate wurde vor einigen Jahren ein künstliches Erdbecken der Regenrückhalteanlage „Kurzweil“ als Massenbrutstätte für Auwaldstechmücken ausgemacht. Durch die gelegentlichen künstlichen Beschickungen des insgesamt nur 0,1 Hektar großen Erdbeckens während der Sommermonate wurde es den eigentlich entlang der Auwälder des Rheins vorkommenden Stechmückenarten („Rheinschnaken“) ermöglicht, in den Maudacher Bruch einzuwandern. Daher werden neben den Sumpfwaldstechmücken seit mehreren Jahren im Maudacher Bruch die ebenfalls plageerregenden Auwaldstechmückenarten der Gattung *Aedes* nach größeren Starkregenereignissen mit künstlicher Beschickung des Erdbeckens der Regenrückhalteanlage „Kurzweil“ mit dem biologischen Wirkstoff B.t.i. bekämpft.

Die Aufwandmenge pro Hektar schwankt in Abhängigkeit von Larvenstadium, Larvendichte und Vegetation (bei sehr dichter Vegetation über den Brutstätten erhöht sich die Aufwandmenge) zwischen 10 bis 20 kg pro ha Eisgranulat. Hierin enthalten sind zwischen 600 bis 800 g B.t.i. (Formulierung Vectobac WG ca. 2.800 ITU/ mg nach Bestrahlung). Das Eiweiß unterliegt nach der Applikation dem bakteriellen Abbau im Gewässer, es kommt also zu keiner Anreicherung des Wirkstoffs im Gewässer oder der Nahrungskette.

2. Wie ist die Wirkung dieser Chemikalie auf Mücken?

Zunächst einmal setzen wir keine Chemikalien bei der biologischen Stechmückenbekämpfung ein, sondern ein Protein, das von einem weltweit vorkommenden Bodenbakterium, *Bacillus thuringiensis var. israelensis*, gebildet wird. Dieses Bakterium ist ein natürlicher Feind von Stechmückenlarven. Über Millionen von Jahren war es in der Evolution für dieses Bakterium von Vorteil, einen derartigen, für bestimmte Mückenlarven toxisch wirkenden Proteinkristall, zu bilden. Der Vorteil liegt darin begründet, dass sich das Bakterium in den Mückenkadavern optimal vermehren konnte und bis heute kann.

Der mückenspezifische *Bacillus thuringiensis israelensis* (B.t.i.) wurde 1976 in der Negev Wüste in Israel entdeckt wurde. Professor Dr. Yoel Margalit (Ben Gurion Universität) isolierte das Bakterium aus toten Mückenlarven, die er in einem Mückenbrutplatz in der Negev-Wüste gefunden hatte.

Schon bald wurde erkannt, dass dieses sporenbildende Bakterium während seiner Entwicklung Eiweißkristalle, δ -Endotoxin) bildet, die als Fraßstoff hochselektiv Dipterenlarven weniger Familien aus der Unterordnung Nematocera (Mücken im weiteren Sinne), insbesondere Stech- und Kriebelmückenlarven (Culicinae bzw. Simuliidae) abtöten. Nur bei vielfacher Überdosierung werden die Larven weniger weiterer Mückenfamilien getroffen, während alle anderen Organismen und natürlich auch Menschen nicht geschädigt werden.

Daraufhin begannen bereits 1978 die Wissenschaftler der Universität Heidelberg in Zusammenarbeit mit der KABS mit *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* (Serotyp H-14) zu experimentieren. Diese Entdeckung brachte den Durchbruch bei der biologischen Bekämpfung der Stechmücken.

Die gezielte Wirksamkeit von B.t.i. beruht auf der im Zuge der Sporulation gebildeten Eiweißkristallen, die das Protoxin (δ -Endotoxin) enthalten. Während intensiver Forschungsarbeiten an vielen Fachinstituten in den USA, England, Frankreich, Israel und der Bundesrepublik Deutschland (Universität Heidelberg) konnte nachgewiesen werden, dass dieses Protoxin im alkalischen Darmmilieu der Mücken unter der Einwirkung von Darmfermenten (Enzymen) in kleinere Eiweißkomponenten (Toxine) abgebaut wird, welche erst den tödlichen Wirkstoff für Mückenlarven darstellen. An der Oberfläche der Mitteldarmepithel-Zellen von manchen Mückenlarven befinden sich spezielle Glykoproteine, die als Rezeptoren für die Toxinmoleküle dienen. An diese lagern sich ganz gezielt nach dem "Schlüssel-Schloss-Prinzip" die einzelnen Eiweißkomponenten an. Daraufhin öffnen sich in der Darmwand an den "besetzten Rezeptor-stellen" Poren, durch die Ionen aus dem Darmlumen in die Darmzellen einströmen. Durch die Verschiebung der Ionenkonzentration dringt durch Osmose verstärkt Wasser in die Darmzellen ein, sie schwellen an und platzen. Der Darminhalt kann daraufhin durch die im Darm entstandenen Löcher in die Körperhöhle der Mückenlarven eindringen und sich mit der Körperflüssigkeit vermischen, woran die Mückenlarven, je nach Menge des aufgenommenen Protoxins, nach wenigen Minuten bis Stunden sterben.

Entomopathogene Bakterien, wie B.t.i., haben sich durch die Produktion von insektenabtötenden Toxinen einen wichtigen ökologischen Vorteil verschafft indem ihre Sporen geschützt in den Insektenkadavern auskeimen können. Sie schaffen sich gleichsam ihren natürlichen "Fermenter", in dem sie sich vermehren können.

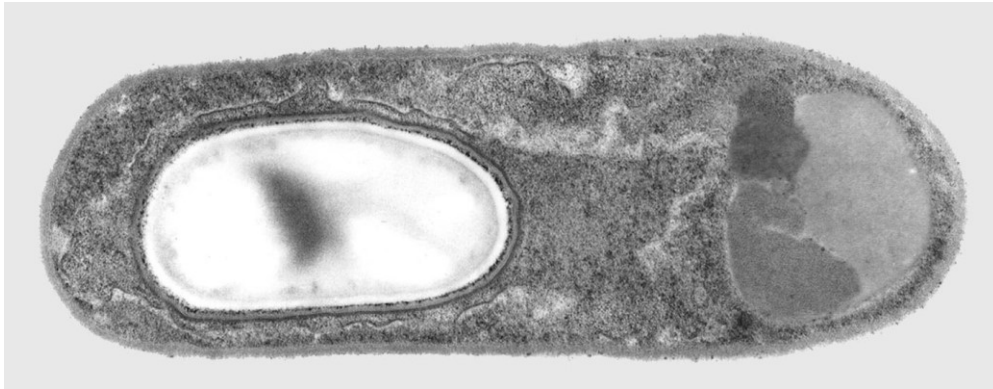


Abbildung 1: *Bacillus thuringiensis israelensis* (links: Spore; rechts: Eiweißkristall).

Nur wenn im Darm der Zielorganismen spezifische Bedingungen vorliegen, kann der Eiweißkristall seine gezielte Wirkung entfalten. Diese sind:

1. Alkalisches Darmmilieu;
2. Spezifische Darmproteasen (Verdauungsfermente), die den Eiweißkristall (Protoxin) zu den eigentlichen Toxinen (einzelne Eiweißkomponenten) abbauen;
3. Spezielle Rezeptorstellen an der Oberfläche der Mitteldarm-Epithelzellen, an die sich die Eiweißkomponenten anlagern und die Regulationsprozesse an der Zellmembran außer Kraft setzen, was letztendlich zum Platzen der Darmzellen führt.

Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass diese Bedingungen insbesondere im Darm von Stech- und Kriebelmückenlarven, auftreten. Daher wird B.t.i. im Wesentlichen nur zur Bekämpfung dieser beiden Insektengruppen herangezogen. Nur bei vielfach überhöhter Konzentration des Protoxins können wenige andere Mückenarten getroffen werden. Außer Mückenlarven werden keine anderen Organismen geschädigt, da sie keine Rezeptoren für die B.t.i.-Toxine besitzen. Die unterschiedliche Sensibilität verschiedener Mückenarten liegt an der unterschiedlichen Anzahl von Rezeptoren an den Mitteldarmzellen.

Tabelle 1: Sensibilität unterschiedlicher der Mückenfamilien für B.t.i.

Familie	Dosis [ppm]	Sterberate [%]	Sensibilität
<i>Culicidae</i>	0,2	100	1x
<i>Simuliidae</i>	0,4	100	2x
<i>Psychodidae</i>	1,0	100	5x
<i>Chironomidae</i>	1,8	90	>10x
<i>Dixidae</i>	2,0	100	10x
<i>Chaoboridae</i>	180,0	kein Effekt	
<i>Sciaridae</i>	3,0	90	15x
<i>Tipulidae</i>	30,0	50	>100
<i>Ceratopogonidae</i>	180,0	kein Effekt	

Mit dieser Entdeckung eröffnete sich den Biologen die Möglichkeit einer gezielten Bekämpfung der Mücken, die häufig nicht nur Lästlinge, sondern in tropischen und subtropischen

Ländern auch Überträger gefährlicher Krankheiten sind. Der letzte Aspekt gewinnt mit der Verbreitung invasiver Stechmückenarten, wie z. der Asiatischen Tigermücke zunehmend auch in Deutschland an Bedeutung. Die KABS bzw. deren Tochter die „Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung - GFS“ sowie das dazugehörige „Institut für Dipterologie“ (IfD) unterstützen weltweit Bekämpfungsmaßnahmen gegen Malaria- und Dengue-Überträger in integrierten Bekämpfungsaktionen mit B.t.i.

Der Wirkungsweise von B.t.i. liegt also ein komplizierter biologischer Mechanismus zugrunde, auf dem die selektive Wirkung gegen Mückenlarven beruht. Zur Anwendung in der Routinebekämpfung kommen nicht die Bakterien selbst, sondern lediglich die Eiweißkörper, die von ihnen produziert werden.

Weitergehende Untersuchungen haben bewiesen, dass sich nicht nur ein Eiweißmolekül an den Rezeptorstellen anlagert, sondern mehrere Eiweißkomponenten synergistisch zusammenwirken, d.h. sie verstärken sich gegenseitig in ihrer Wirkung. Der komplizierte Wirkmechanismus ist wahrscheinlich ein von dem Bacillus im Laufe der Evolution erworbener Regelmechanismus, um Resistenzphänomenen gegen die Toxinwirkung entgegenzuwirken.

Je komplexer ein Wirkmechanismus ist, desto schwieriger ist es für einen Zielorganismus, Resistenz zu entwickeln. Es besteht daher auch die berechtigte Hoffnung, dass bei diesen biologischen Bekämpfungsmitteln aufgrund der Komplexität des Wirkmechanismus in naher Zukunft keine Resistenzerscheinungen auftreten werden, wie sie für herkömmliche chemische Bekämpfungsmittel typisch sind.

3. Wie ist die Wirkung dieser Chemikalie auf andere Insekten

A. Untersuchungen zur Selektivität von B.t.i.

Die Umweltverträglichkeit von B.t.i. ist durch Untersuchungen, die von Fachkollegen in international anerkannten Fachjournalen publiziert wurden, sowie durch eigene wissenschaftliche Untersuchungen hinreichend belegt. Trotzdem ruhten die Wissenschaftler der KABS nicht und dokumentierten über 40 Jahre hinweg in ihren Begleituntersuchungen die Unbedenklichkeit ihrer durchgeführten Maßnahmen. Darüber hinaus ist die KABS bestrebt, neue wissenschaftliche Erkenntnisse und technische Verbesserungen jeweils umgehend in die Bekämpfungsstrategie einfließen zu lassen. Damit wird sichergestellt, dass die von uns durchgeführte Bekämpfung technisch und wissenschaftlich stets auf dem neuesten Stand ist.

Tabelle 2: Liste von Nichtziel-Organismen, die nicht von B.t.i. getroffen werden

Taxon	Getestete Dosierung [ppm]	Arten
Cnidaria	100	<i>Hydra sp.</i>
Turbellaria	180	<i>Dugesia tigrina</i> , <i>Bothriostoma personatum</i>
Rotatoria	100	<i>Brachionus calyciflorus</i>
Mollusca	180	<i>Physa acuta</i> , <i>Aplexa hypnorum</i> , <i>Galba palustris</i> , <i>Anisus leu-costomus</i> , <i>Bathyomphalus contortus</i> , <i>Hippeutis com-</i>

		<i>planatus, Pisidium sp.</i>
Annelida	180	<i>Tubifex sp., Helobdella stagnalis</i>
Acari	180	<i>Hydrachnella sp.</i>
Crustacea	180	<i>Chirocephalus grubei, Daphnia pulex, Daphnia magna, Ostracoda, Cyclops strenuus, Gammarus pulex, Asellus aquaticus, Orconectes limosus</i>
Ephemeroptera	180	<i>Cloeon dipterum</i>
Odonata	180	<i>Ischnura elegans, Sympetrum striolatum, Orthetrum brunneum</i>
Heteroptera	180	<i>Micronecta meridionalis, Sigara striata, Sigara lateralis, Plea leachi, Notonecta glauca, Ilyocoris cimicoides</i>
Coleoptera	180	<i>Hyphydrus ovatus, Guignotus pusillus, Coelambus impressopunctatus, Hygrotus inaequalis, Hydroporus palustris, Ilybius fuliginosus, Rhantus pulverosus, Rhantus consputus, Hydrobius fuscipes, Anacaena globulus, Hydrophilus caraboides</i>
Trichoptera	180	<i>Limnophilus sp., Phryganea sp</i>
Pisces	180	<i>Esox lucius, Cyprinus carpio, Perca fluviatilis</i>
Amphibia (Adulte)	180	<i>Triturus alpestris, Triturus vulgaris</i>
Amphibia (Larven)	180	<i>Triturus cristatus, Bombina ariegata, Bufo bufo, Bufo viridis, Bufo calamita, Rana esculenta, Rana temporaria</i>

In Tabelle 2 sind alle Organismen aufgelistet, die bei den zurückliegenden Untersuchungen sowohl in Labor- als auch Freilandversuchen auf ihre Empfindlichkeit gegenüber B.t.i. getestet wurden. Alle bisherigen Tests haben gezeigt, dass nur Mückenlarven, insbesondere Stechmücken- und Kriebelmückenlarven (Zielorganismen) eine sehr hohe Sensibilität aufweisen und dadurch erfolgreich mit B.t.i. bekämpft werden können.

Neben den in den Rheinauegewässer häufig vorkommenden Arten, deren Verluste im Ökosystem sich durch eine B.t.i.-Wirkung verheerend auswirken könnte, wurden in den zurück liegenden Jahren auch seltene Arten getestet, weil von verschiedenen Seiten Vermutungen geäußert wurden, dass B.t.i. gegen diese doch eine Auswirkung haben könnte.

So wurden z.B. im Rahmen einer Diplom-Arbeit von Herrn M. SCHWEITZER (Betreuung: Dr. R. KUHN, Universität Mainz) ökotoxikologische Untersuchungen an ausgewählten

Gewässern des Bienwaldes in Zusammenhang mit der vermuteten Schädigung des Feenkrebsses *Siphonophanes grubei* bei einer B.t.i. Anwendung vorgenommen. In von *S. grubei* bewohnten Gewässern wurde eine experimentelle Behandlung mit verschiedenen B.t.i.-Dosierungen (1, 10, 100 ppm) durchgeführt. Dabei konnte sogar bei 100 ppm keine Schädigung der Krebs-Population beobachtet werden. Zu Erläuterung: 100 ppm entspricht einer B.t.i.-Menge von 100 kg/ha (berechnet auf 10 cm Wassertiefe). Bei der Routinebekämpfung gegen die Stechmücken werden dagegen nur wenige hundert Gramm/ha eingesetzt!

B. Vergleichende Untersuchungen zur Entwicklung der Insektenfauna in mit B.t.i. bekämpften und unbekämpften Gewässern

Diese Untersuchungen wurden sowohl im Bereich des NSG Kühkopf-Knoblochsaue (Hessen) sowie in einem vergleichbaren Gebiet im Bereich „Speyerer Grün“ (Teil des NSG Hockenheimer Rheinbogen, Gemarkung Hockenheim) durchgeführt. Dort wurden einzelne semipermanente Gewässerabschnitte mit B.t.i.-Granulat behandelt, wohingegen isolierte vergleichbare Gewässerabschnitte unbehandelt blieben. Um messbare Resultate zu erzielen, erfolgte eine hoch dosierte B.t.i.-Applikation, die beim 10fachen (10 ppm) der bei der Schnakenbekämpfung üblichen Dosis (< 1 ppm) lag.

Neben dem Vergleich der Insektenentwicklung in beiden Arealen wurden auch die abiotischen Verhältnisse, insbesondere die Überflutungshöhe, in beiden Gewässerabschnitten untersucht.

Der Vergleich der Ergebnisse gibt Aufschluss über die Auswirkungen der B.t.i.-Applikationen auf die aquatische Insektenfauna. Es zeigte sich, dass es selbst bei einer so drastischen Überdosierung zu keiner gravierenden und nachhaltigen Beeinträchtigung der aquatischen Lebewelt und der Abiotik kam. Zu beobachtende Schwankungen waren entweder auf eine nur kurzfristige Beeinträchtigung oder auf lebensraum-immanente Ursachen (Überflutung und Trockenfallen) zurückzuführen. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen damit sehr eindrucksvoll die hohe Umweltverträglichkeit von B.t.i., selbst bei einer massiven Überdosierung. Im Rahmen dieser Studie wurde auch die Insektenentwicklung in unterschiedlichen Höhenzonen des Auwalds unter besonderer Berücksichtigung der Zuckmücken untersucht.

Neben den Stechmücken werden nur wenige weitere Vertreter der Mücken getroffen, da nur Mückenlarven die Rezeptorproteine an den Mitteldarmzellen besitzen, an denen die B.t.i.-Toxine ihre Wirkung entfalten können. Eine einzigartige Eigenschaft von B.t.i., die eine Bekämpfung der Zielorganismen zulässt, ohne dass es zu messbaren negativen Beeinträchtigungen bei Nichtzielorganismen im Nahrungsnetz kommt. Mögliche Schädigungen werden durch die ökologisch orientierte Strategie der KABS vermieden, was die Langzeituntersuchungen z.B. bei Käfern und Zuckmücken belegen.

Die bedeutendste Gruppe hierbei stellen die Zuckmücken (Chironomidae) dar, da sie im Auwald sowohl als Larven als auch als Imagines (Fluginsekten) eine bedeutende Rolle im Nahrungsnetz, z.B. für Fische (Larven) als auch für Vögel und Fledermäuse darstellen. Dies ist schon seit Anfang der 1980er Jahre bekannt.

In zahlreichen unserer Untersuchungen sollte dem Vorwurf nachgegangen werden, dass durch die Bekämpfung mit B.t.i. die Zuckmücken-Fauna geschädigt würde.

Möglichen Auswirkungen der biologischen Stechmückenbekämpfung auf das Dargebot von Zuckmücken und anderen Insektenarten wurde durch vergleichende Erfassung der Insektenpopulationen anhand von Lichtfallenfängen nachgegangen.

Zu diesem Zweck wurden in zwei regelmäßig bekämpften Rheinauegebieten bei Philippsburg (Rheinschanzinsel) und Hockenheim (Herrenteich), sowie in zwei unbekämpften Tabu-Gebieten bei Lampertheim und Bobenheim-Roxheim Nachtfänge mit einer speziellen Leuchtanlage vorgenommen. Die dabei anfliegenden Insekten wurden aufgesammelt und anschließend ausgewertet. Die Untersuchungen wurden von dem Diplombiologen F.STEUERWALD (Entomologe) vorgenommen.

Die Studien zeigten, dass sich in allen untersuchten Arealen eine reichhaltige Insektenfauna und darüber hinaus eine sehr starke Zuckmücken-Fauna entwickelt hat (immerhin handelt es sich bei rund ¼ aller gefangenen Tiere um Vertreter aus der Familie der Zuckmücken).

Dieses Ergebnis lässt aber auch erahnen, was es bedeuten würde, wenn man im Oberrheingebiet mit unselektiven Maßnahmen gegen die Stechmücken vorgehen würde. Die Vielzahl der Insekten, die durch die gezielte biologische Bekämpfung der KABS geschont wird, würde bei einer unselektiven Bekämpfung aus dem Nahrungsnetz weitgehend verschwinden und zu nicht abschätzbaren Schäden im Ökosystem der Rheinauen führen.

Hier die detaillierte Darstellung der von Wissenschaftlern der KABS vorgenommenen Arbeiten zu den Zuckmücken:

In Mitteleuropa kommen etwa 1.000 Arten an Zuckmücken (Chironomidae) vor. Sowohl die Larven als auch die adulten Tiere können lokal in großen Massen auftreten und spielen daher eine wichtige Rolle als Nahrungsorganismen für verschiedene Prädatoren. Wie schon lange bekannt ist können die meist aquatischen Larven der Zuckmücken durch das Toxin des *Bacillus thuringiensis israelensis* (B.t.i.) geschädigt oder getötet werden, allerdings muss die Dosis um ein Vielfaches höher sein als bei Stechmückenlarven. Um die Auswirkungen von B.t.i. auf die Zuckmücken und deren Populationen im Anwendungsgebiet der biologischen Stechmückenbekämpfung zu untersuchen wurden von der KABS bereits umfangreiche Forschungsarbeiten durchgeführt.

So wurde in Laborversuchen die Wirkung von B.t.i. auf die Larven verschiedener Zuckmückenarten getestet:

Larven der *Chironomus plumosus*-Gruppe wurden im Laborversuch bei einer B.t.i.-Konzentration geschädigt, die etwa dem 80fachen der üblichen Menge entspricht, wie sie bei einem Routineeinsatz zur Bekämpfung von Stechmücken zu Einsatz kommt (METZGER 1987). Larven von *Chironomus thummi thummi* wurden bei einer 40-50fachen Überdosis geschädigt (YIALLOUROS 1993). Bei histologischen Untersuchungen an Mitteldarmepithelzellen wurden Veränderungen an Mitochondrien, Dyciosomen und dem basalen Labyrinth festgestellt (YIALLOUROS 1993).

FABIS (1995) und YIALLOUROS (1996) ermittelten eine Schädigung der Larven von *Psectrotanypus varius*, *Psectrocladius psilopterus* und *Xenopelopia nigricans* bei einer 40-60fachen Überdosierung von B.t.i.

Bei den Versuchen von FILLINGER (1999) wurden Schädigungen an den Larven von *Endochironomus tendens*, *Glyptotendipes pallens* und *Pseutdosmittia* sp. bei einer 30-260fachen Überdosierung festgestellt. Lediglich *Cricotopus sylvestris* erwies sich als besonders sensibel

und zeigte schon bei einer 11fachen Überdosis Schäden.

Diese Studien wurden durch Freilandversuche zur B.t.i.-Wirkung auf Zuckmücken ergänzt, um so Aufschluss über mögliche ökologische Folgewirkungen zu erlangen:

In langjährigen Feldversuchen mit Emergenzfallen in den Überschwemmungsaue des Oberrheins konnte FILLINGER (1999) keinen statistisch belegbaren Rückgang der Abundanz von Zuckmücken nach einer Routinebekämpfung mit B.t.i. feststellen. Entsprechend stellte METZGER (1987) in Feldversuchen, die er in den nordbadischen Rheinauen durchführte, selbst bei einer 160fachen Überdosierung noch keine Schädigung der Zuckmücken fest.

FILLINGER (1999) beprobte mit Emergenzfallen an vier Standorten jeweils aquatische, semi-terrestrische und terrestrische Bereiche. Dabei konnten mindestens 163 verschiedene Zuckmückenarten nachgewiesen werden. Zwischen den einzelnen Standorten gab es erhebliche Unterschiede in der Artenzusammensetzung und Abundanz der Zuckmücken. Als Hauptfaktor für diese Schwankungen wurden die regelmäßig wiederkehrenden Überschwemmungen durch den Rhein ermittelt. Diese fortwährenden Störungen charakterisieren den Lebensraum Auwald und sind essentieller Bestandteil der Lebensbedingungen dieser Biozönose.

Wechselnde abiotische Faktoren, insbesondere Hochwasser- bzw. Trockenheitsperioden, sind also für die Schwankungen in Arten- und Individuenzahlen der Zuckmücken als ursächlich anzusehen und überdecken sämtlichen möglichen Auswirkungen, die eine B.t.i.-Applikation auf die Zuckmücken-Gemeinschaften haben könnte.

Das Angebot von Zuckmücken aber auch aller anderen nächtlich flugaktiven Insekten, die z.B. als Nahrung für Fledermäuse essentiell sind, untersuchten über viele Jahre hinweg STEUERWALD & ZEITZ (1992-1996) bzw. STEUERWALD & STEUERWALD (2015). Die Autoren erfassten dabei mit Hilfe einer Lichtfanganlage an verschiedenen Auwaldstandorten die dort in den Abend- und Nachtsunden fliegenden Insekten. Dabei wurden Standorte, die seit vielen Jahren regelmäßig mit B.t.i. im Routineeinsatz bekämpft wurden, mit Standorten verglichen, an denen keine biologische Stechmückenbekämpfung stattfindet (Tabugebiete). An allen Standorten traten die Zuckmücken als die bei weitem häufigste Insektengruppe auf. Je nach Jahreszeit betrug der Anteil der Zuckmücken am Gesamtfang zwischen 60% und über 95%. Typisch war das besonders häufige Auftreten der Zuckmücken kurz nach der Dämmerung. Im Laufe der Nacht nahm ihr Anteil kontinuierlich ab und es traten vermehrt Schmetterlinge (Lepidoptera), Käfer (Coleoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera) auf. Unterschiede in der Häufigkeit von Zuckmücken in mit B.t.i. bekämpften Gebieten und unbehandelten Gebieten konnten nicht festgestellt werden. Lediglich Stechmücken traten in unbekämpften Gebieten deutlich häufiger auf.

Somit bleibt festzuhalten, dass es durch die biologische Stechmückenbekämpfung keine erheblichen Einflüsse auf die dämmerungs- und nächtlich flugaktive Insektenfauna gibt. Auch die direkte toxische Auswirkung auf Larven von Zuckmücken ist bei einer Dosierung des Toxins, wie es in der Routineapplikation ausgebracht wird, als (abhängig von der jeweiligen Art) auszuschließen bzw. als ökologisch nicht erheblich einzustufen.

Viele Befürchtungen in Bezug auf die Beeinträchtigung von Zuckmückenlarven bei einer B.t.i.-Applikation der Stechmückenbrutgebiete werden insbesondere schon durch die von der KABS in enger Zusammenarbeit mit den Genehmigungsbehörden erarbeitete Bekämpfungs-

strategie ausgeräumt. Diese ergibt sich aus den unterschiedlichen Brutgebieten von Zuck- und Stechmücken. Während Stechmücken sich in stehenden, nur kurzzeitig Wasser führenden Brutstätten entwickeln, stellen Dauergewässer, wie z.B. verschlammte Altrheinarme oder Baggerseen (die Zahl dieser hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich erhöht), die Massenbrutstätten von Zuckmücken dar. Diese sind jedoch keine Brutstätten von Stechmücken und werden daher bei der Bekämpfung ausgespart.

Kritik kommt in den letzten Jahren in Bezug auf die Zuckmückenproblematik v.a. von Seiten der Universität Koblenz-Landau. Wissenschaftler der Universität Koblenz-Landau haben ein alternatives Bekämpfungskonzept erstellt, das im Wesentlichen auf einer Untersuchung basiert, die an verschiedenen rheinland-pfälzischen Standorten am Oberrhein durchgeführt wurde. Diese Studie weist aber erhebliche fachliche Mängel auf, Schlussfolgerungen die hier gezogen werden, sind unzulässig und statistisch nicht abgesichert, wie eine unabhängige Expertenkommission des Journals, in dem der Artikel zunächst veröffentlicht wurde, festgestellt hat. Der Artikel musste komplett überarbeitet werden (dies ist aktuell der Fall), wird aber leider immer noch in vielen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zitiert. Eine Bewertung dieses alternativen Bekämpfungskonzepts ist als gesondertes Dokument beigefügt.

Literatur:

- FABIS, R. (1995): Ökotoxikologische Untersuchung der Auswirkung einer *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*-Behandlung (BTI) auf die Larven von *Psectrotanytus varius* (Chironomidae). - Diplomarbeit, Universität Heidelberg. 110 S.
- FILLINGER, U. (1999): Faunistische und ökotoxikologische Untersuchung mit BTI an Dipteren der nördlichen Oberrheinauen unter besonderer Berücksichtigung der Verbreitung und Phänologie der Zuckmücken (Chironomidae). - Dissertation, Universität Heidelberg. 451 S.
- METZGER, R. (1987): Die Chironomiden-Fauna (Diptera) ausgewählter Gewässer am nördlichen Oberrhein so-wie deren mögliche Beeinflussung durch die Stechmückenbekämpfung mit BTI-Präparaten. Diplomarbeit, Universität Heidelberg. 145 S.
- STEUERWALD, F. & ZEITZ, R. (1992, 1993, 1994, 1995, 1996): Untersuchung zur Zusammensetzung von nächtlich flugaktiven Insektenpopulationen in ausgewählten Auwaldgebieten unter besonderer Berücksichtigung der Chironomiden; KABS-Berichte im Rahmen der Begleituntersuchungen zur Stechmückenbekämpfung mit BTI.
- STEUERWALD, F. & STEUERWALD, R. (2015): Untersuchung zur Zusammensetzung von nächtlich flugaktiven Insektenpopulationen in ausgewählten Auwaldgebieten unter besonderer Berücksichtigung der Chironomiden; KABS-Bericht im Rahmen der Begleituntersuchungen zur Stechmückenbekämpfung mit BTI.
- YIALLOUROS, M. (1993): Elektronenmikroskopische Untersuchung zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* und *Bacillus sphaericus* auf das Mitteldarmepithel von *Chironomus thummi thummi* (Chironomidae, Diptera). KABS-Bericht.
- YIALLOUROS, M. (1996): Untersuchung zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* und *Bacillus sphaericus* auf Larven von *Psectrocladius psilopterus* und *Xenopelopia nigricans* (Chironomidae, Diptera). KABS-Bericht.

An ein paar weiteren Beispielen soll die Unbedenklichkeit von *B.t.i.* gegenüber weiteren Insektengruppen aufgezeigt werden.

Wasserkäfer

Aquatisch lebende Wasserkäfer weisen keine Sensibilität gegenüber *B.t.i.* auf. Eine Schädigung könnte also nur über das Nahrungsnetz erfolgen durch den Entzug von Nahrung.

Von Bedeutung ist hier eine Langzeituntersuchung von KÖGEL (2019) in Bezug auf die Auswirkungen der Stechmückenbekämpfung auf aquatische Käferarten. Grundlage dieser aktuellen Studie waren die Untersuchungen im Rahmen der Dissertation (KÖGEL, 1984), die die Prädatoren der Stechmückenlarven im Ökosystem Rheinauen als Thema hatte.

In den Untersuchungen von 1979 - 1982 konnte KÖGEL vier typischen Stechmückenbrutgebieten in der nördlichen Oberrheinebene eine hohe Artendiversität feststellen. Insgesamt konnte er 30 Wasserwanzen- und 89 Wasserkäferarten nachweisen. Untersucht wurden die in Labor- und Freilandversuchen die Fressraten einzelner Arten. Sie stiegen pro Tag in jedem Fall mit steigender Temperatur. Keinen Einfluss hatte die Temperatur jedoch auf die Gesamtfressrate während des Larvenstadiums, da sich die Entwicklung der Tiere bei sinkenden Temperaturen verlangsamte. Auffällig waren die hohen Fressraten pro Tag der Wasserkäferarten *Rhantus consputus* und *Hydrophilus caraboides*.

In unterschiedlichen Gewässertypen wurden erhebliche Unterschiede bezüglich der Art und Zahl der Prädatoren beobachtet. Während in Dauergewässern und temporären Gewässern mit längerer Wasserführung eine sehr reichhaltige Feindfauna nachgewiesen werden konnte, war die Feindfauna in typischen Brutgewässern der Überschwemmungsmücke *Aedes vexans* recht artenarm. Hier ernährten sich vor allem der Wasserkäfer *Rhantus consputus* und der Strudelwurm *Mesostoma sp.* von den Stechmückenlarven.

In der Untersuchung von 2015 - 2017 (KÖGEL, 2019) wurden exakt die Gewässer mit der gleichen Methodik untersucht, die KÖGEL bereits 1979 – 1982 untersucht hatte. Ziel war festzustellen, ob es in den letzten 35 Jahren signifikante Veränderungen in der Besiedlung mit Wasserkäfern und Wasserwanzen als Fressfeinden von Stechmückenlarven gegeben hat. Während dieser Phase fand eine intensive Bekämpfung der Stechmückenlarven auf Basis von *B.t.i.* statt.

Die Auswertung zeigt, dass etwa 10 % der damals nachgewiesenen Arten verschwunden sind. Z.T. wurde dieser Schwund auf die extreme Trockenheit in den Untersuchungsjahren 2015 bis 2017 zurückgeführt. Besonders betroffen waren hierbei v.a. die Gattungen *Haliphus* und *Hygrotus*, die stark abgenommen oder verschwunden waren. Betrachtet man allerdings die typischen Fressfeinde der Stechmückenlarven, v.a. *Rhantus consputus*, *Hydrochara caraboides* und *Rhantus suturalis*, stellt man fest, dass diese Bestände in den letzten 35 Jahren sich nicht verändert, ggfs. sogar zugenommen haben. Das wird als Indiz gewertet, dass die Bekämpfung der Stechmückenlarven keine negativen (direkte und indirekte) Auswirkungen auf die Nontarget-Organismen hatte.

Die Rückgänge der oben genannten Arten führt KÖGEL mögliche negative Wirkungen von Pflanzenschutzmittel (Glyphosat) an, da auffällig viele algophage bzw. -phile Arten in ihren Beständen stark zurückgegangen sind. Allerdings werden negative Auswirkungen des stark in der Verbreitung befindlichen Kalikokrebs (*Faxonius immunitis*) für wahrscheinlich gehalten. Bemerkenswert war auch, dass unter denen im Gebiet aufgelisteten Rote-Liste-Arten keine

auffälligen Bestandsrückgänge festgestellt wurden.

Abschließend sei bemerkt, dass sich darüber hinaus unter den Käfer- und Wanzenarten, die in den untersuchten Stechmückenbrutgewässern gefunden wurden, keine Arten der Anhänge II bzw. IV der FFH-Richtlinie befinden. Eine Erheblichkeit der biologischen Stechmückenbekämpfung im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der FFH-Richtlinie 92/43/EWG kann somit bezüglich der Wasserwanzen und -käfer nicht festgestellt werden.

Literatur:

Kögel, F. (1984): Die Prädatoren der Stechmückenlarven im Ökosystem der Rheinauen; Dissertation, Universität Heidelberg.

Kögel, F. (2019) Wasserkäfer und -wanzen als Fressfeinde von Stechmückenlarven in den Rheinauen – Vergleich von Erfassungen in den Jahren 1979 – 1982 mit 2015 – 2017. Carolina, Vol. 77: 11 – 52, 31. Abb.

Libellen:

Die ökologischen Ansprüche der einzelnen Arten sind sehr vielfältig und unterscheiden sich mitunter deutlich voneinander. Die Bandbreite der besiedelten Habitate ist dadurch äußerst umfangreich. Libellen sind dabei besonders anspruchsvoll in Bezug auf die Qualität und Struktur aller Teillebensräume, die in den verschiedenen Lebensphasen genutzt werden (als Larve, als Imago während der Reife und Paarung, beim Ruhen, bei der Jagd und anderes mehr) (STERNBERG & BUCHWALD 1999).

Die Larven der Libellen leben aquatisch und benötigen für ihre Entwicklung je nach Art und Larvengewässer zwischen 2-3 Monaten und mehreren Jahren (BELLMANN 1993). Sie besiedeln sowohl fließende als auch stehende Gewässer. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um ausdauernde Gewässer. Nur wenige Arten vertragen ein zeitweises Austrocknen des Brutgewässers während der Sommermonate.

Die Auwälder bieten durch ihr vielfältiges Angebot unterschiedlicher Strukturen und Gewässertypen und durch ihre Dynamik einen hervorragenden Lebensraum für eine Vielzahl von Libellenarten. In der Tat stellen die Auen der Oberrheinebene für manche seltenen Arten (z.B. *Leucorrhinia pectoralis*, *Leucorrhinia caudalis*) einen Standort von großer bundesweiter Bedeutung dar. Daher stellt sich auch hier die Frage möglicher negativer Auswirkungen durch die Stechmückenbekämpfung auf die Libellenfauna. Hierbei muss strikt auf die Trennung zwischen Larven und Adulten geachtet werden und die ökologischen Ansprüche jeder einzelnen Art in den jeweiligen Teilhabitaten in Betracht gezogen werden.

Larven:

Aufgrund der bereits erwähnten Bindung der meisten Libellenarten an ausdauernde Gewässer ist eine Überschneidung mit den Brutgewässern der bekämpften Überschwemmungsmücken-Arten in der Regel nicht gegeben. Auch eine Beeinflussung der Larven von Libellenarten der Fließgewässer (z.B. Quelljungfern (Cordulegastridae), die meisten Keiljungfern (Gomphidae) oder die Helm-Azurjungfer (*Coenagrion mercuriale*)) ist daher generell auszuschließen. Selbst bei Libellenarten, deren Larven eine zeitweise Austrocknung der Brutgewässer tolerieren können, ist eine gemeinsame Besiedlung mit bekämpfungsrelevanten *Aedes*-Arten eher unwahrscheinlich. Die Überschwemmungsmücken entwickeln sich überwiegend in ephemeren Gewässern nach Hochwasserereignissen, die nur wenige Tage oder

maximal wenige Wochen bestehen. Diese Zeit reicht auch den sich schnell entwickelnden Libellenlarven nicht aus, um ihre Entwicklung abzuschließen.

Eine direkte negative Wirkung von *B.t.i.* auf die Larven der Libellen kann ausgeschlossen werden. Hierzu gibt es zahlreiche Veröffentlichungen, bei denen keine Beeinträchtigung der Libellenlarven festgestellt werden konnte (z.B. ALY & MULLA 1987, PAINTER et al.1996). Auch ein Nahrungsmangel sollte durch die Stechmückenbekämpfung nicht verursacht werden. Einerseits ist dies durch die fehlende Überschneidung der Brutgewässer zu erklären, andererseits durch die deutlich unterschiedlichen Entwicklungszeiten der Larven von Stechmücken und Libellen.

Imagines:

Für eine potentielle Gefährdung der adulten Libellen würde als Ursache höchstens ein möglicher Nahrungsmangel durch die Reduktion der Stechmückenpopulation in Frage kommen. Dies erscheint aber extrem unwahrscheinlich, da gerade in den Auwaldbereichen ausreichend Nahrung in Form anderer zahlreicher Fluginsekten zur Verfügung steht.

Libellen weisen eine deutliche und artspezifische Jahresphänologie auf, die innerhalb einer Art nur leichte Schwankungen zwischen den Jahren in Abhängigkeit von den klimatischen Umständen zeigt. Massenentwicklungen von Überschwemmungsmücken können je nach Pegelverlauf zu allen Jahreszeiten innerhalb der Vegetationsperiode auftreten. Eine Abhängigkeit von Stechmücken als Hauptnahrungsquelle wäre aufgrund starker Populationschwankungen zu unsicher und würde in Jahren mit zu geringer Stechmückenentwicklung (z.B. 1998, 2003) rasch zu einem Einbruch der Libellenpopulationen führen, insbesondere bei Arten mit einjährigem Entwicklungszyklus.

Libellen sind Nahrungsopportunisten und nutzen eine Vielzahl unterschiedlicher Organismen als Beutetiere (polyphag) und sind daher äußerst flexibel in der Wahl ihrer Nahrung. Die meisten Arten jagen tagsüber bei höheren Temperaturen und auf offener Fläche, sei dies über der Wasseroberfläche oder auf Lichtungen, Wiesen oder über Schilfflächen. Diese Bereiche werden von Stechmücken weitgehend gemieden, insbesondere tagsüber. Die plagerregenden Auwaldmücken sind während der Dämmerung aktiv, wenn die meisten Libellen schon ihre Ruheplätze aufgesucht haben. Nur wenige Libellenarten sind auch Dämmerungsjäger an Wegrändern und Lichtungen und kommen so in Kontakt mit den Stechmücken (z.B. *Aeshna cyanea*).

Untersuchungen zur Toxizität von *B.t.i.* auf Libellenlarven wurden von Morawcsik (1983) an Larven der Kleinlibellenart *Ischnura elegans* sowie der Großlibellenart *Sympetrum striolatum* durchgeführt. Die Larven wurden in Laborversuchen *B.t.i.*-Konzentration von 1,8 ppm und 180 ppm ausgesetzt. Es konnten keine schädigenden Wirkungen festgestellt werden. Auch PFITZNER (1999) hat die Wirkung von *B.t.i.* auf Libellenlarven (*Coenagrion puella*, *Aeschna mixta*) untersucht. Hierbei wurden die Larven *B.t.i.*-Konzentrationen von 1 ppm, 10 ppm und 100 ppm ausgesetzt. Es konnten keine schädigenden Wirkungen festgestellt werden.

Weitere Untersuchungen wurden von Pfitzner (1999) zur Rolle der Odonata als Prädatoren der Culiciden im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Heidelberg durchgeführt. Insgesamt konnten in fünf Untersuchungsgebieten in der mittleren und südlichen Rheinebene 29 Libellenarten (13 Klein- und 16 Großlibellen) beobachtet werden. Das Aufkommen von Stechmücken in den jeweiligen Gebieten war wegen des Ausbleibens größerer Hochwas-

serwellen gering, nur in einem Gebiet (Rheinau) traten durch künstliche Flutung und Stauhaltung größere Populationen auf. In drei von sechs Libellen der Gattung *Aeshna* konnten Reste von Stechmücken nachgewiesen werden, drei Tiere der Gattung *Sympetrum* hatten keine Stechmücken gefressen.

Pfützner (1999) führte weitere Untersuchungen zur Bedeutung der Culiciden in der Nahrung von Libellen durch. Der Bericht beschäftigt sich mit der Fragestellung, inwieweit Stechmücken (Culicidae) eine wichtige Nahrungsquelle für Libellen darstellen, die durch die Stechmückenbekämpfung wegfallen würde. Nahrungsreste im Kropf der Libellen wurden mit immunologischen Methoden untersucht. Von insgesamt 31 Libellen konnten nur bei vier Tieren Nahrungsreste von Stechmücken nachgewiesen werden, obwohl allen gefangenen Tieren eine ausreichende Menge davon zur Verfügung stand. Bei der Gattung *Aeshna* waren drei Nahrungsproben positiv („stechmückenhaltig“) und bei *Platycnemis pennipes* war es eine. Bei *Sympetrum*, *Lester viridis* und *Ischnura elegans* wurden keine Stechmückenreste in der Nahrung nachgewiesen.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen sind indirekte negative Einflüsse über eine Reduktion des Nahrungsangebots infolge der Stechmückenbekämpfung unwahrscheinlich. Dies macht auch die Liste der Libellenarten für den Zeitraum von vor 1980 bis 2009 für das NSG Kühkopf-Knoblochsaue (Hessen) sehr deutlich. Hier hat sich die Zahl nachgewiesener Libellenarten von vor 1980 (24 Arten) bis 2009 (47 Arten) nahezu verdoppelt, in einem Gebiet, das seit Ende der 1980er Jahre regelmäßig bekämpft wird.

Die aktuelle Rote Liste Baden-Württemberg enthält gegenüber ihrer Vorgängerversion (Sternberg et al. 1999) deutlich weniger Arten. Die Anzahl der als 'vom Aussterben bedroht' eingestuftarten hat sich von 23 auf zwölf knapp halbiert, die der als 'stark gefährdet' eingestuftarten um ein knappes Drittel von 16 auf elf abgenommen. Die Zahl der als 'ungefährdet' eingestuftarten hat sich von 20 auf 32 (60 %) erhöht.

Literatur:

Bellmann, H. (1993) Libellen. Augsburg, Germany: Naturbuch-Verlag.

Hunger, H., Schiel, F.-J. (2006) Rote Liste der Libellen Baden-Württembergs und der Naturräume, Stand November 2005 (Odonata). Libellula Supplement 7: 3-14

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/-/grosse-moosjungfer-leucorrhinia-pectoralis-charpentier-1825> (Abfrage 19.06.2020).

<https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/-/zierliche-moosjungfer-leucorrhinia-caudalis-charpentier-1840> (Abfrage 19.06.2020).

Morawcsik, J. (1983): Untersuchungen zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* auf aquatische Nontarget-Organismen; Dissertation, Universität Heidelberg.

Pfützner, W. P. (1999): Faunistische Untersuchung zum Vorkommen der Odonaten und ihrer Rolle als Prädatoren der Culiciden; Diplomarbeit, Universität Heidelberg.

Pfützner, W. P. (1999): Culiciden als Bestandteil der Nahrung von Libellen; KABS-Bericht.

Pfützner, W.P., Beck, M., Weitzel, Th., Becker, N. (2015) The role of mosquitoes in the diet of adult dragon and damselflies (Odonata), J. Am. Mosq. Control Assoc., Vol. 31(2): 187 - 189.

Sternberg et Buchwald (1999) Die Libellen Baden-Württembergs, Bd. 1 (Allgemeiner Teil, Kleinlibellen (Zygoptera)) und Bd. 2 (Großlibellen (Anisoptera), Literatur), Ulmer Verlag.

Der Insektenrückgang ist auf viele Faktoren zurückzuführen, leider ist es kein monokausales Problem und schon gar kein Problem, das auf die Arbeit der KABS zurückzuführen ist. Als Gefährdungsursachen für den Insektenschwund werden von folgende Faktoren aufgeführt:

- klimatische Ursachen
- Eutrophierung oder Entwässerung der Brutgewässer
- Beschattung der Brutgewässer
- Fischbesatz
- Zunahme von Neobiota (z.B. Kalikokrebs, Schwarzmeergrundel u.a.)
- Großflächiger Einsatz von Insektiziden und Herbiziden in der Landwirtschaft (z.B. Glyphosat, v.a. Neonicotinoide)
- Verlust an Lebensraum
- Zerschneidung der Lebensräume z.B. durch Straßen
- Versiegelung der Böden (z.B. Steingärten im Siedlungsbereich, u.a.)
- Lichtsmog
- u.v.m.

3. Auswirkungen der Chemikalie auf Reptilien, Amphibien, Vögel

Da B.t.i. ein Protein ist, unterliegt es im Gewässer dem bakteriellen Abbau. Es kommt im Gegensatz chemischen Pestiziden zu keinen Anreicherungen in Organismen und der Nahrungskette.

a) Reptilien

B.t.i. hat keinerlei Auswirkungen auf Reptilien, weder direkt über eine toxische Wirkung noch über das Nahrungsnetz.

b) Amphibien

Von den 19 in Deutschland vorkommenden Amphibienarten wurden mit Ausnahme der Rotbauchunke alle Arten in Baden-Württemberg nachgewiesen (SOWIG 2007a). Darüber hinaus liegen Fundmeldungen eingeschleppter bzw. ausgesetzter Arten vor (z.B. Ochsenfrosch *Rana catesbeiana* in der Oberrheinebene). Taxonomisch stehen z.B. in Baden-Württemberg sechs Molcharten (Urodela) 13 Frosch- bzw. Krötenarten (Anura) gegenüber.

Aufgrund ihrer Häufigkeit wurden die Amphibien in drei Gruppen eingestuft. Gruppe 1 umfasst die drei häufigsten Amphibienarten Grasfrosch, Erdkröte und Bergmolch. Die Verbreitungsgebiete der Vertreter der Gruppe 2 (Teichfrosch, Kleiner Wasserfrosch, Teichmolch, Gelbbauchunke und Feuersalamander) weisen gegenüber der ersten Gruppe bereits Lücken

auf. Nur in bestimmten Naturräumen schwerpunktmäßig verbreitet sind Laubfrosch, Fadenschmolch, Kammmolch, Kreuzkröte, Springfrosch, Wechselkröte und Seefrosch (= Gruppe 3). In dieser Gruppe finden sich Arten, die in der Oberrheinebene relativ häufig anzutreffen sind. Die vier seltensten Arten sind in Gruppe 4 zusammengefasst: Geburtshelferkröte, Knoblauchkröte, Moorfrosch und Alpensalamander.

Die im Oberrheingraben häufigsten Amphibienarten sind Grasfrosch, Erdkröte und Wasserfrosch. Schwerpunktmäßige Vorkommen haben hier die Kreuzkröte und der Seefrosch. Der Moorfrosch erreicht hier die Westgrenze seines Verbreitungsgebiets.

Aufgrund der mosaikartigen Verzahnung von Landlebensräumen und Reproduktionsgewässern stellen die dem direkten Rheinregime ausgesetzten Oberrheinauen für viele Amphibienarten einen idealen Lebensraum dar.

Hinsichtlich der biologischen Stechmückenbekämpfung könnten grundsätzlich zwei Faktoren einen Einfluss auf die lokalen Amphibienpopulationen haben:

- direkte Toxizität des Bekämpfungswirkstoffs B.t.i. (*Bacillus thuringiensis israelensis*)
- Auswirkungen auf das Nahrungsangebot

Dabei ist zwischen möglichen Auswirkungen auf die Adulten einerseits und die Amphibienlarven andererseits zu unterscheiden.

Toxizität gegen Amphibienlarven

Einer möglichen Beeinträchtigung der Amphibien und besonders ihrer Larven durch die Anwendung von B.t.i. ist die KABS von Beginn an nachgegangen. Bereits die Arbeitsgruppe „Rheinschnakenbekämpfung“ am Zoologischen Institut der Universität Heidelberg beschäftigte sich mit diesem Thema.

In seiner Dissertation untersuchte MORAWSCIK (1983) bereits die Wirkung von BTI auf 18 verschiedene wasserlebende Tiergruppen in Labor- und Freilandtests. Darunter waren Strudelwürmer, Muscheln, Schnecken, Krebstiere, diverse Insektenarten, Fische und Amphibienlarven (Bergmolch, Gelbbauchunke, Erd-, Wechsel- und Kreuzkröte sowie Wasser- und Grasfrosch). Darüber hinaus führte MORAWSCIK (1983) auch Tests an Kaulquappen des afrikanischen Krallenfroschs (*Xenopus laevis*) durch. Dabei stellte er sowohl bei dieser Amphibienart als auch bei den Kaulquappen einheimischer Froschlurche eine deutliche Empfindlichkeit dieser Tierarten gegen die im Test verwendeten B.t.i.-Produkte fest.

In einer gesonderten Untersuchung ging deshalb PRÜFER (1983), die derselben Arbeitsgruppe angehörte, diesen Beobachtungen nach. Dabei sollte geklärt werden:

1. warum früher getestete BTI-Präparate toxisch auf Anuren-Larven wirkten,
2. welches dabei das eigentliche toxische Agens sei,
3. welcher Natur das Toxin sein könnte und

4. wie und wo es wirkt.

Für die Versuche wurden Kaulquappen des Krallenfrosches Mortalitätstests unterworfen. Dabei kamen Konzentrationen der verwendeten B.t.i.-Formulierungen von 1,8 mg/l bis 580 mg/l zur Anwendung. Getestet wurden sechs Chargen von BTI-Präparaten, die im Auftrag der Autorin hergestellt wurden (Biologische Aktivität zwischen 1.000 und 4.000 ITU/mg) sowie die kommerziellen BTI-Präparate Teknar 402 (1.000 ITU/mg), Bactimos (6.000 ITU/mg) und ABG (1.000 ITU/mg). Darüber hinaus wurden die Internationalen Pasteur-Standards IPS 78 (1.000 ITU/mg) und IPS 80 (8.000 ITU/mg) getestet.

Die Mortalitätstests wurden an unterschiedlich alten Larven durchgeführt. Dabei wurden die Larven verschiedenen hohen Konzentrationen der genannten B.t.i.-Präparate ausgesetzt. Die Bestimmung der Mortalität erfolgte nach 24 Stunden.

Ein weiterer Mortalitätstest wurde an drei Tage alten Larven durchgeführt. Dabei wurden diese Larven unterschiedlich langen Einwirkungszeiten einer B.t.i.-Lösung von 180 mg/l ausgesetzt, bevor sie in Quellwasser weitergehältert wurden. Die Bestimmung der Mortalität erfolgte nach 24 Stunden.

Wichtigste Ergebnisse:

Zunächst wurden Krallenfroschlarven unterschiedlicher Altersklassen verschiedenen Konzentrationen des BTI-Präparats BR 8102 (1.000 ITU/mg; Auftragsproduktion für das Testlabor) ausgesetzt. Es stellte sich heraus, dass die Krallenfroschlarven sensibel auf die Anwendung des BTI-Präparats reagierten. Überraschend war, dass Larven in der ersten Woche nach dem Schlupf zunächst unempfindlich reagierten. Erst mit steigendem Alter nahm die Empfindlichkeit zu. Unabhängig von der Entwicklungsstufe starben die Larven jedoch, wenn die Konzentration des Präparats BR 8102 320 mg/l (entsprechend 320.000 ITU/l) erreichte.

Der Mortalitätstest an sehr jungen Larven erbrachte keine Sterblichkeit. Da sehr junge Larven von ihrem Dottervorrat leben und noch keine Nahrung aufnehmen, war bei dieser Altersklasse noch keine B.t.i.-Wirkung zu verzeichnen. Als Umkehrschluss wurde festgestellt, dass das für die Mortalität verantwortliche Toxin also peroral von den Larven aufgenommen werden musste, damit es wirken konnte.

Eine toxische Wirkung trat aber nur dann ein, wenn die Kaulquappen über längere Zeiträume den B.t.i.-Formulierungen ausgesetzt waren oder nach einer kurzen Expositionszeit, der eine Hälterung in klarem Wasser folgte. Konnten die Tiere nach zeitlich begrenzter Exposition weiter Nahrung aufnehmen, wurde keine erhöhte Mortalität beobachtet.

Die Mortalitätstests mit den verschiedenen B.t.i.-Präparaten ergaben bei einer Konzentration von jeweils 180 mg/l sehr unterschiedliche Ergebnisse (Tabelle 5):

BTI-Präparat	ITU/mg	ITU der getesteten Konzentration [mg/l]	Mortalität [%]	n	p1
BR 8102	1.000	180.000	100	100	0,000
CG 8100	3.000	540.000	100	15	0,000
BR 8212	4.000	720.000	93	15	0,000
B 80/2-4	1.200	216.000	92	38	0,000
BR 8211	1.000	180.000	66	15	0,001
BR 8213	4.000	720.000	66	15	0,001
IPS 80	8.000	1.440.000	43	30	0,050
Bactimos	6.000	1.080.000	24	25	0,110
Teknar 402	1.000	180.000	4	25	0,710
ABG	1.000	180.000	0	9	
IPS 78	1.000	180.000	0	25	

Aufgrund dieses äußerst heterogenen Bildes kommt die Autorin zu dem Schluss, dass nicht das B.t.i.-Toxin selbst für die beobachtete toxische Wirkung verantwortlich sein kann, sondern ein Bestandteil der „inerten“ Zusatzstoffe, die variabler Bestandteil aller B.t.i.-Formulierungen sind, dafür verantwortlich sein muss.

Um dieser Vermutung nachzugehen wurden B.t.i.-Kulturen getestet, die von der Arbeitsgruppe „Rheinschnakenbekämpfung“ selbst herangezüchtet wurden. Dazu wurde der B.t.i.-Stamm H14 A201 verwendet, der nach unterschiedlich langen Kulturzeiträumen (6, 9, 12, 15, 24 und 72 Stunden) „geerntet“ und in Konzentrationen von 18, 180, 320 und 580 mg/l getestet wurde.

Die Bestimmung der *Xenopus*-Mortalität nach 24 h zeigte, dass bei diesem Versuch nur sehr geringe Mortalitätsraten auftraten. Die reinen Bakterienkulturen erwiesen sich also als weitgehend nicht-toxisch für *Xenopus*-Larven. Da Tests gegen den Zielorganismus *Aedes aegypti* jedoch eine deutliche Wirkung belegten, folgerte PRÜFER (1983), dass bei den Kulturen nachweislich eine Produktion des B.t.i.-typischen δ -Endotoxins stattgefunden haben musste. Sie folgerte weiterhin, dass dieses δ -Endotoxin nicht ursächlich für die bei *Xenopus* beobachtete toxische Wirkung sein konnte!

In weiteren Versuchsansätzen versuchte die Autorin das toxische Agens zu charakterisieren. Auf diese Weise konnte eine mögliche Wirkung von Exotoxinen (Phospholipase-C, Hämolyysin, Proteasen), die bei der Fermentation gebildet wurden, ausgeschlossen werden.

Letztendlich wurde für die Toxizität ein bislang unbekanntes Protein von B.t.i. verantwortlich gemacht, welches 20-40 kDa groß und hitzelabil ist. Als wahrscheinlichen Wirkungsort gibt die Autorin das Darmsystem an, wo es unter alkalischen Bedingungen herausgelöst und re-

sorbiert wird. Als möglichen Angriffspunkt des Toxins nennt die Autorin die roten Blutkörperchen, wodurch bei den Kaulquappen eine Atmungshemmung hervorgerufen wird.

Die Autorin vermutet, dass dieses unbekannte Toxin nur unter bestimmten Fermentationsbedingungen gebildet wird, weil es in industriell hergestellten Chargen enthalten ist, in den Laborkulturen hingegen nicht. Sie schließt damit, dass dieses Toxin in so geringen Mengen gebildet wird, dass seine Wirkung bei der praktischen Anwendung vernachlässigt werden kann, da eine Wirkung gegen Kaulquappen erst ab einer gegenüber dem Feldeinsatz dreifach erhöhten Aufwandmenge zu erwarten sei.

Da die mögliche Wirkung von B.t.i. auf Amphibienlarven insbesondere von Naturschutzverbänden als Kritikpunkt gegen die Biologische Stechmückenbekämpfung am Oberrhein immer wieder thematisiert wurde, erfolgte von 1990 bis 1991 an der Universität Mainz erneut eine wissenschaftliche Untersuchung dieses Sachverhalts.

In ihrer Diplomarbeit testete SCHOLTEN (1991) nochmals die Wirkung von B.t.i.-Präparaten auf Embryonen und Larven (Kaulquappen) von Kreuzkröte (*Bufo calamita*) und Krallenfrosch (*Xenopus laevis*). Die Auswirkungen wurden dabei über einen Zeitraum von 28 Tagen über die Metamorphose hinaus beobachtet.

Getestet wurden die kommerziellen B.t.i.-Formulierungen Bactimos (Puderformulierung, 10.000 ITU/mg) und Teknar HP-D (Flüssigformulierung, 1.200 ITU/mg).

Testreihe an Embryonen (befruchtete Eier):

Der zeitliche Ablauf der Embryonalentwicklung unter dem Einfluss verschiedener B.t.i.-Konzentrationen wurde mit Hilfe von Normentafeln nach GOSSNER bzw. NIEUWKOOP & FABER beurteilt.

Testreihen an Larven:

Die Untersuchungen wurden in zwei verschiedenen Jahren durchgeführt. In der Versuchsserie 1989 wurden die BTI-Konzentrationen so gewählt, dass alle möglichen bei der Stechmückenbekämpfung im Freiland auftretenden Konzentrationen getestet wurden (0,1, 0,2, 0,5, 1, 3, 10 und 100 mg/l) wobei letztere als starke Überdosierung gewertet wurde. Dieser Versuch wurde mit jeweils 20 Versuchstieren (*B. calamita*) in belüfteten 15 l-Aquarien durchgeführt.

Da sich die beiden B.t.i.-Formulierungen sehr stark in ihrer biologischen Aktivität, also der tatsächlich im Produkt enthaltenen Menge an B.t.i.-typischem δ -Endotoxin, unterschieden, waren die bei den Versuchen eingesetzten B.t.i.-Konzentrationen sehr unterschiedlich. Die Beziehungen zwischen eingesetzten Produkt-Konzentrationen und der biologischen Aktivität ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Beziehung von verwendetem Produkt, eingesetzter Konzentration und biologischer Aktivität.

Konzentration [mg/l]:	0,1	0,2	0,5	0,8	1	3	3,2	10	12,8	50	100	150	300
Biologische Aktivität Teknar HP-D [ITU/l]	120	240	600	960	1.200	3.600	3.840	12.000	15.360	60.000	120.000	180.000	360.000
Biologische Aktivität Bactimos [ITU/l]	1.000	2.000	5.000	8.000	10.000	30.000	32.000	100.000	128.000	500.000	1.000.000	1.500.000	3.000.000

In der Versuchsserie 1990 wurden toxikologische Dauertests angesetzt. Dabei wurden jeweils 25 Versuchstiere (*B. calamita* bzw. *X. laevis*) in belüfteten 15 l-Aquarien während ihrer gesamten Entwicklungszeit den Testkonzentrationen ausgesetzt. Diese Testreihe diente dazu mit Hilfe statistischer Auswertungen die B.t.i.-Konzentration zu ermitteln, bei der sich an den Versuchstieren noch keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle zeigten (NOEC).

Da sich bereits zu Beginn der Versuchsserie zeigte, dass die unter den Feldbedingungen der Stechmückenbekämpfung eingesetzten B.t.i.-Konzentrationen zur Bestimmung der NOEC zu niedrig lagen, mussten höhere Testkonzentrationen eingesetzt werden. Diese lagen bei 0,2, 0,8, 3,2, 12,8, 50, 150 und 300 mg/l. Die Entwicklung und Größe der Larven wurde durch wöchentliche Messungen bzw. anhand der Normentafeln nach GOSSNER bzw. NIEUWKOOP & FABER ermittelt.

Wichtigste Ergebnisse:

B.t.i.-Wirkung auf die Embryonalentwicklung:

Bei keiner Versuchstierart konnte eine Entwicklungsverzögerung festgestellt werden. Die Schlüpftrate aus dem Ei lag bei allen Versuchen bei 100%. D.h. eine Auswirkung der B.t.i.-Präparate auf die Embryonalentwicklung fand nicht statt.

B.t.i.-Wirkung auf die Larvalentwicklung:

Die Ergebnisse der Tests, die unter Verwendung relativ niedriger B.t.i.-Konzentrationen durchgeführt wurden, zeigen ein recht heterogenes Bild. So konnte z.B. bei *B. calamita* eine signifikant schnellere Entwicklung unter Einfluss der hohen B.t.i.-Konzentrationen (10 bzw. 100 mg/l) beobachtet werden.

Die Ergebnisse der toxikologischen Dauertests zeigen bei *B. calamita* nur am Anfang der Entwicklung einige Unterschiede in Abhängigkeit von den B.t.i.-Konzentrationen, am Ende wurden die Entwicklungsunterschiede wieder ausgeglichen.

Bei *X. laevis* entwickelten sich die Larven bei den hohen Konzentrationen signifikant langsamer. Nach zwei Wochen war dieser Unterschied jedoch wieder aufgeholt. Diese Tiere waren bei Versuchsende sogar signifikant Größer als die in den niedrigeren Konzentrationen. Mit einem maximalen Zeitunterschied von 48 h schlossen alle Larven die Metamorphose ab.

Generell wurde festgehalten, dass die Entwicklung beider Versuchstierarten unter dem Einfluss von Bactimos (B.t.i.-Puderformulierung, hohe biologische Aktivität) gleichmäßiger verläuft und am Ende kaum Unterschiede zur Kontrolle festzustellen sind. Diese sind unter dem Einfluss von Teknar HP-D (B.t.i.-Flüssigformulierung, niedrige biologische Aktivität) und insbesondere bei *X. laevis* viel deutlicher.

Über eine Mortalität der Larven, die im direkten Verlauf der Versuchsreihen auftritt, berichtet die Autorin nichts. Dies ist insofern bemerkenswert, da in den Versuchsreihen B.t.i.-

Konzentrationen auftreten, die z.T. ein Vielfaches der Konzentrationen betragen, bei denen PRÜFER (1983) bereits hohe Mortalitätsraten verzeichnete!

Beobachtung nach der Metamorphose:

Bei allen Versuchsreihen des Jahres 1989 konnte nach der Metamorphose bei *B. calamita* eine gewisse Mortalität festgestellt werden. Diese war aber offensichtlich unabhängig von den verwendeten B.t.i.-Konzentrationen und trat in unterschiedlichem Ausmaß (bis zu 30%) auch in den Kontrollen auf. Auch bezüglich der verwendeten Formulierung ergab sich kein einheitliches Bild. Die Autorin schließt nicht aus, dass die Haltungsbedingungen nach der Metamorphose einen Einfluss auf die Mortalität hatten. So überlebten nach Änderung der Haltungsbedingungen nach den Versuchen des Jahres 1990 100% der Versuchstiere.

Anders bei *X. laevis*: hier konnte bei Verwendung der B.t.i.-Formulierung Bactimos, also unter dem Einfluss eines hohen B.t.i.-Anteils, keinerlei Beeinträchtigung festgestellt werden. Alle Tiere entwickelten sich ohne Störungen im Körperbau oder Verhalten. Unter dem Einfluss der Flüssigformulierung Teknar HP-D jedoch erreichten die Larven der einen Versuchsreihe innerhalb von dreieinhalb Monaten nicht einmal die Metamorphose. Bei der zweiten Versuchsreihe entwickeln sich die Tiere sehr unterschiedlich und wiesen nach der Metamorphose teilweise Missbildungen auf.

In der abschließenden Diskussion legt die Autorin dar, dass sich *X. laevis* offenbar grundsätzlich nicht gut als Versuchstier für diese Untersuchung eignet. Nach ihren Angaben entwickelten sich nicht verwendete Versuchstiere in ihren Hälterungsbecken prinzipiell deutlich schneller und besser als die Tiere in den Versuchsansätzen (auch der Kontrolle!). Sie führt das darauf zurück, dass in den Versuchsansätzen aus methodischen Gründen keine hohen Wasserwechselintervalle eingehalten werden konnten. Diese sind aber notwendig um Crowding-Effekte (Wachstumshemmung durch ins Wasser abgegebene Substanzen) zu unterdrücken.

Die Anwendung von B.t.i. in Konzentrationen, die der Aufwandmenge für den Feldeinsatz der Stechmückenbekämpfung entsprechen, sieht die Autorin als unproblematisch an.

Vor diesem Hintergrund erscheint es als sicher, dass es durch die Anwendung von B.t.i. selbst zu keinen Auswirkungen auf Amphibienlarven durch die direkte Toxizität des δ -Endotoxin kommt. Die Autoren einer Studie an Kaulquappen südamerikanischer Braunfrösche (LAJMANOWICH et al. 2015) kommen zwar zu einer gegenteiligen Beurteilung, diese Studie ist jedoch mit Fehlern behaftet (u.a. ist die Herkunft der als einzigen getesteten B.t.i.-Flüssigformulierung völlig unklar!). Sehr wahrscheinlich sind die beobachteten Wirkungen auch hier auf toxisch wirkende Zusatzstoffe der verwendeten Flüssigformulierung zurückzuführen und nicht auf den BTI-Wirkstoff selbst. Darüber hinaus weisen wir darauf hin, dass der von LAJMANOWICH et al. (2015) im Bioassay bestimmte Wert für die direkte Toxizität an Kaulquappen der 112fache Konzentration des von der KABS im Feldeinsatz ausgebrachten Bekämpfungsstoffs beträgt!

Auswirkungen auf die Amphibiennahrung

Nach den Untersuchungen zur Toxizität von B.t.i. gegen Amphibienlarven widmete sich die KABS dem Aspekt der potentiellen Auswirkungen, die die biologische Stechmückenbekämpfung auf die adulten Amphibien haben könnte. Im Rahmen verschiedener nahrungsökologischer Studien untersuchte daher BLUM (1994, 1995, 1996, 1998) die Nahrungszusammensetzung von sechs Amphibienarten der Oberrheinauen. Dabei sollten die Fragen geklärt werden, inwieweit adulte Amphibien eine natürliche Alternative zur Reduzierung der Stechmücken darstellen und ob sich die Stechmückenbekämpfung negativ auf die Ernährung von Froschlurchen auswirken könnte. Im Vordergrund standen folgende Aspekte:

1. der Einfluss der Jahreszeiten auf das Beutespektrum,
2. Unterschiede im Nahrungsspektrum der verschiedenen Altersklassen,
3. das Nahrungsspektrum in verschiedenen Biotoptypen
4. sowie die Größenverhältnisse der Beutetiere.

Zum qualitativen Vergleich von mit B.t.i. (*Bacillus thuringiensis israelensis*) behandelten und unbehandelten Gebieten wurden die Hördter Rheinaue (mit Stechmückenbekämpfung) und der Altrhein Wörth (ohne Stechmückenbekämpfung) ausgewählt. Dort wurden jeweils sechs Amphibienarten und ein Artenkomplex untersucht: Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*), Erdkröte (*Bufo bufo*), Laubfrosch (*Hyla arborea*), Moorfrosch (*Rana arvalis*), Springfrosch (*Rana dalmatina*), Grasfrosch (*Rana temporaria*) und der Wasserfrosch-Komplex (*Rana* kl. *esculenta*).

Wichtigste Ergebnisse:

Der Mageninhalt von 2.700 Exemplaren aus der Gruppe Anura wurde untersucht und dabei 20.525 Beuteindividuen nachgewiesen. Die Beutespektren der untersuchten Amphibienarten wurden durch die saisonal und lokal schwankende Nahrungsverfügbarkeit beeinflusst. Insgesamt war ein breites Beutespektrum festzustellen, das keine Hinweise auf eine nahrungsökologische Spezialisierung erkennen ließ. Lediglich die Erdkröte wies ein engeres Nahrungsspektrum auf, in dem vor allem Ameisen und Käfer dominierten.

Bezüglich der Beutetiergröße konnte eine aktive Beutewahl festgestellt werden. Die meisten Beutetiere waren > 5 mm groß. Zwischen den in den jeweiligen Lebensräumen vorkommenden potenziellen Beutetieren und den tatsächlich in den Mägen der Amphibien nachgewiesenen Beutetieren bestanden keine deutliche Korrelation. Auch zwischen der Größe und Gewicht der Amphibien und Größe und Gewicht der Beutetiere konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden.

Bezüglich der Stechmücken im Nahrungsspektrum wurde festgestellt, dass es sich von den 20.525 identifizierten Beutetieren dieser Untersuchung nur bei 29 Individuen um Stechmücken (0,14%, Tabelle 7) handelte. Im unbehandelten Gebiet „Altrhein Wörth“ lag dabei der Gesamtanteil der Stechmücken in der Anuren-Nahrung bei 0,09%, im Gebiet mit Stechmückenbekämpfung sogar bei 0,15%.

Tabelle 7: Anteil der Stechmücken in der Nahrung von Anuren (nach BLUM 1998).

Anuren-Art	Altersklasse	1993	1994	1995	1996	Summe	Summe	Anteil
						Culiciden	Beutetiere	Culiciden [%]
<i>P. fuscus</i>	Adulte	0	0	0	0	0	38	0,00
	Juvenile	0	0	0	0	0	19	0,00
<i>B. bufo</i>	Adulte	0	0	1	0	1	1797	0,06
	Juvenile	0	1	1	1	3	2502	0,12
<i>H. arborea</i>	Adulte	0	0	0	0	0	161	0,00
	Juvenile	2	1	0	0	3	1371	0,22
<i>R. arvalis</i>	Adulte	3	0	1	0	4	1950	0,21
	Juvenile	0	2	0	0	2	3280	0,06
<i>R. dalmatina</i>	Adulte	0	1	0	0	1	793	0,13
	Juvenile	1	0	0	0	1	1364	0,07
<i>R. temporaria</i>	Adulte	0	3	0	0	3	1043	0,29
	Juvenile	0	2	2	0	4	1539	0,26
<i>R. esculenta</i>	Adulte	3	1	0	0	4	810	0,49
	Juvenile	1	2	0	0	3	3858	0,08
Summe		10	13	5	1	29	20525	0,14

Mit Ausnahme der Knoblauchkröte konnten einzelne Stechmücken in den Nahrungsspektren aller untersuchten Anuren-Arten festgestellt werden, dabei blieben die jeweiligen Anteile sowohl bei ausgewachsenen als auch juvenilen Anuren stets weit unter einem Prozent.

Als Fazit konstatiert der Autor, dass die biologische Stechmückenbekämpfung keine direkten negativen Auswirkungen auf die Ernährung der Froschlurche zeigte, die daher selbst wiederum für die natürliche Bekämpfung der Stechmücken keine Bedeutung besitzen.

Betrachtungen zu Amphibienarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie

Diese von der KABS durchgeführten Studien belegen die Unbedenklichkeit der B.t.i.-Anwendung auf Amphibien. Dennoch soll an dieser Stelle dieses Konfliktfeld bezüglich der beiden Amphibienarten, die in Anhang II der FFH-Richtlinie Richtlinie 92/43/EWG gelistet sind, und die in den Rheinauegebieten auftreten können, Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) und Kammolch (*Triturus cristatus*), kritisch betrachtet werden.

Einer von mehreren Verbreitungsschwerpunkten der Gelbbauchunke z.B. in Baden-Württemberg ist die Oberrheinebene, wo sie bevorzugt die Rheinauwälder besiedelt aber auch in den Hardtwäldern vorkommt. Während sie in manchen Auegebieten weit verbreitet ist (Weisweil, Rheinau, Rastatt) fehlt sie z.B. zwischen Karlsruhe und Mannheim fast völlig (GENTHNER & HÖLZINGER 2007).

Die Gelbbauchunke ist auf charakteristische Bruthabitate spezialisiert. Sie bevorzugt insbesondere flache Kleingewässer in frühen Sukzessionsstadien mit ausreichender Besonnung. Die Mindestwasserführung für eine erfolgreiche Reproduktion beträgt etwa 45 Tage (DIETERICH 2002). Damit unterscheiden sich die Laichgewässer der Gelbbauchunke deutlich von den typischen Brutgewässern der Überschwemmungsmücken in den Rheinauen. Diese weisen in der Regel eine wesentlich kürzere Wasserführung auf und sind oft stark von Vegetation bedeckt. Aufgrund dieser unterschiedlichen Habitatpräferenzen ist es weitgehend auszuschließen, dass Kaulquappen der Gelbbauchunke durch eine B.t.i.-Applikation getroffen werden könnten. Zumal eine BTI-Applikation in der frühen Phase der Überflutung erfolgt, während die Kaulquappen erst deutlich später, nach dem Ablachen und dem Abschluss der Embryonalentwicklung, im Gewässer auftreten.

Druckwasserflächen auf Äckern, die nach GENTHNER & HÖLZINGER (2007) in Flussauen ein Laichhabitat für Gelbbauchunken darstellen, sind in der Regel keine Brutstätten der Überschwemmungsmücken und werden daher von einer Bekämpfung ohnehin ausgenommen.

Die Nahrung der Kaulquappen besteht aus Algenaufwuchs, Resten toter Tiere und Pflanzen und organischen Partikeln (GENTHNER & HÖLZINGER 2007) somit besteht keine Gefahr, dass es durch die biologische Stechmückenbekämpfung zu einer Einschränkung der Larvennahrung kommen könnte.

Ein Verbreitungsschwerpunkt des Kammolchs in Baden-Württemberg ist das Oberrheintal wo man ihn hauptsächlich im Auwald und in Kiesgruben antrifft. So finden sich in den Rheinauen zwischen Rastatt und Mannheim große Bestände dieser Tierart (RIMPP 2007).

Der aquatische Lebensraum umfasst alle Typen stehender Gewässer, lediglich Kleinstgewässer sowie Fließgewässer und langsam fließende Entwässerungsgräben werden gemieden. Ideal sind größere, mindestens 70 cm tiefe und fischfreie Gewässer mit reicher Unterwasservegetation (RIMPP 2007). Nach STOLL (2002) bevorzugt der Kamm-

molch Gewässer, die nicht oder nur sehr selten überflutet werden. Wie schon bei der Gelbbauchunke beschrieben unterscheidet sich auch hier wieder der bevorzugte Typ des Laichgewässers grundsätzlich von den nur kurzzeitig auftretenden Brutgewässern der Überschwemmungsmücken. Aufgrund dieser unterschiedlichen Habitatpräferenzen ist es auch hier wieder weitgehend auszuschließen, dass Larven und Adulte des Kammmolchs durch eine B.t.i.-Applikation getroffen werden könnten.

Vom Kammmolch ist bekannt, dass er sich sowohl als Adult-Tier wie auch als Larve von Stechmückenlarven ernähren kann. Ungeachtet der unterschiedlichen Habitatpräferenz könnte diese Tierart also prinzipiell durch die Reduktion des Nahrungsangebots durch die biologische Stechmückenbekämpfung betroffen werden.

Dass Kammmolche effektive Fressfeinde von Stechmückenlarven sind konnten schon RIEDER et al. (1982) belegen. Dies gilt vor allem für die Larven. Das aquatische Nahrungsspektrum der Adulten variiert jahreszeitlich stark und umfasst Wasserasseln, Wasserschnecken, Larven und Puppen aller Arten von Insekten (z.B. Klein- und Großlibellen, Zuck- und Stechmücken, Waffen-, Köcher- und Eintagsfliegen, Wasserkäfer und Wasserwanzen). Gerade während der Laichzeit dienen ihnen jedoch Muschelkrebse, Hüpfertingel und Wasserflöhe als optimale Nahrungsquelle (RIMPP 2007).

Als Beleg, dass die biologische Stechmückenbekämpfung die Population des Kammmolches in den Rheinauen nicht beeinträchtigt, sollen hier zwei reale Beispiele genannt werden: In den regelmäßig bekämpften Stechmückenbruthabitaten Mannheims konnten im Jahr 2012 an der Population des Kammmolchs gegenüber einer 25 Jahre zurück liegenden Studie keine Veränderungen festgestellt werden (NEUGEBAUER & WENNING 2012).

Als zweites Beispiel sei auf das Natura 2000-Gebiet 7015-341 (Rheinniederung zwischen Wintersdorf und Karlsruhe) hingewiesen. Dort hat sich in regelmäßig bekämpften Rhein- und Waldschnakenflächen bei Rheinstetten-Mörsch die Population des Kammmolches in den zurückliegenden Jahren sogar so stark entwickelt, dass die Naturschutzbehörde von dort Tiere abfängt, um mit ihnen im Rahmen des LIFE+ -Projekts „Rheinauen bei Rastatt“ neu angelegte Amphibiengewässer zu besiedeln (<http://www.rheinauen-rastatt.de/>)!

Fazit

Nach fast 40 Jahren biologischer Stechmückenbekämpfung in den Oberrheinauen gibt es nicht einen belegten Fall, dass es durch den BTI-Einsatz zu einer Schädigung der lokalen Amphibienpopulationen gekommen sei. Es ist vielmehr so, dass es in regelmäßig Bekämpften Rhein-augebieten in den vergangenen Jahren zu einer Zunahme der Individuenzahlen kam. Neben den oben erwähnten Beispielen für den Kammmolch soll hier z.B. auf den Laubfrosch verwiesen werden, dessen Population im Oberrheingebiet in den zurückliegenden Jahren deutlich zugenommen hat und sich weiter ausbreitet. So können von dieser im Stadtkreis Mannheim einst verschollenen Amphibienart mittlerweile kopfstarke Chöre in den Stechmückenbrutstätten des Stadtgebiets beobachtet werden (NEUGEBAUER & WENNING 2012).

Diese Beispiele zeigen, dass für den landes- wie auch bundesweit zu beobachtenden Rückgang der Amphibienpopulationen andere Faktoren ausschlaggebend sind, als die biologische Stechmückenbekämpfung. Entscheidender sind hier der Lebensraumverlust durch Trockenlegung (SOWIG 2007), die Lebensraumzerschneidung durch Verkehrswege (LAUFER & ZUR-MÖHLE 2007), amphibienschädigende Methoden in Land- und Forstwirtschaft (FRITZ 2007, OPPERMANN 2007) sowie die Fischereiwirtschaft (BAUER & LAUFER 2007) und Gewässerversauerung (GEBHARDT 2007), um nur einige zu nennen.

Vor dem dargestellten Hintergrund können keine Anzeichen dafür gefunden werden, dass die biologische Stechmückenbekämpfung die lokalen Amphibienpopulationen negativ beeinflussen würde.

Eine Erheblichkeit der biologischen Stechmückenbekämpfung im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der FFH-Richtlinie 92/43/EWG kann somit bezüglich der Amphibien nicht festgestellt werden.

Zitierte Literatur

BAUER, S. & LAUFER, H. (2007): Fische, Fischerei und Amphibien. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 135-143.

BLUM, S. (1994): Endbericht 1994: Untersuchungen zur Nahrungsökologie von Auenamphibien im Zusammenhang mit der biologischen Stechmückenbekämpfung; KABS-Bericht.

BLUM, S. (1995): Untersuchungen zum Nahrungsspektrum von Amphibien im Jahr 1993 in den rheinland-pfälzischen Rheinauen im Zusammenhang mit der biologischen Stechmückenbekämpfung; Diplomarbeit Uni-versität Mainz.

BLUM, S. (1996): Abschlussbericht 1996: Untersuchungen zum Beutespektrum von Auenamphibien in der Hördter Rheinaue und im Altrhein Wörth 1993-1996; KABS-Bericht.

BLUM, S. (1998): Untersuchungen zur Nahrungsökologie von Froschlurchen (Amphibia, Anura) der rheinland-pfälzischen Rheinaue im Hinblick auf die Bekämpfung der Stechmücken (Diptera, Culicidae); Dissertation Universität Mainz.

FRITZ, C. (2007): Wald und Forstwirtschaft. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 112-124.

GEBHARDT, H. (2007): Gewässerversauerung und Amphibien. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 124-131.

GENTHNER, H. & HÖLZINGER, J. (2007): Gelbbauchunke *Bombina variegata* (LINNAEUS, 1758). - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 271-292.

- LAJMANOWICH, R.C., JUNGES, C. M., CABAGNA-ZENKLUSEN, M. C., ATTADEMO, A. M., PELTZER, P. M., MAGLI-ANESE, M., MÁRQUEZ, V. E. & BECCARIA, A. J. (2015): Toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* in aqueous suspension on the South American common frog *Leptodactylus latrans* (Anura: Leptodactylidae) tadpoles. - Environmental Research 136: 205-212.
- LAUFER, H. & ZURMÖHLE, H.-J. (2007): Dauerhafte Amphibienschutzmaßnahmen an Straßen. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 143-157.
- MORAWCSIK, J. (1983): Untersuchungen zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* auf aquatische Nontarget-Organismen; Dissertation Universität Heidelberg.
- NEUGEBAUER, H. & WENNING, J. (2012): Amphibienkartierung im Stadtkreis Mannheim. - Projektbericht für die Stadt Mannheim; 240 pp.
- OPPERMANN, R. (2007): Auswirkungen landwirtschaftlicher Mähgeräte auf Amphibien. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 102-108.
- PRÜFER, B. (1983): Untersuchungen zur Charakterisierung der toxischen Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*-Präparaten auf *Xenopus laevis*-Larven; Diplomarbeit Universität Heidelberg.
- RIMPP, K. (2007): Nördlicher Kammolch *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768). - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 207-222.
- RIEDER, N., KÖHLER, L. & OTT, H. (1982): Rheinschnakenbekämpfung in der Oberrheinebene. Über die Möglichkeit der Schnakenbekämpfung durch Amphibien, besonders durch Molche. - Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Bad.-Württ., 55/56: 405-413.
- SCHOLTEN, F. (1991): Die Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* auf die Embryonal- und Larvalentwicklung ausgewählter Vertreter der einheimischen Anuren und *Xenopus laevis*; Diplomarbeit Universität Mainz.
- SOWIG, P. (2007a): Die Herpetofauna Baden-Württembergs. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 34-40.
- SOWIG, P. (2007b): Amphibien und Reptilien in der Agrarlandschaft. - In: LAUFER, H. FRITZ, U. & SOWIG, P. (Hrsg.) (2007): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Ulmer-Verlag, S. 92-102.
- STOLL, A. (2002): Vergleich zur Ökologie und Biologie von Molchpopulationen in rezenten und subrezentem Auebereichen des mittleren Oberrheins. - Diplomarbeit Universität Saarbrücken.

Zu ergänzen sind zwei Untersuchungen, die sich mit der Wirkung einer *B.t.i.*-Formulierung (Vectobac WG) auf Kaulquappen des Grasfroschs (*Rana temporaria*) befassen. In der Untersuchung von ALLGEIER et al. (2018) wurden Kaulquappen der Art *Rana temporaria* (Grasfrosch) in einem Whole-Lifecycle-Bioassay der einfachen, doppelten und 10fachen Felddosierung von *B.t.i.* ausgesetzt. Es wurden die körperliche Verfassung und Überlebensrate erfasst sowie die Aktivität der enzymatischen Marker Glutathione-S-Transferase (GST), Glutathione Reductase (GR) und Acetylcholinesterase (AChE) gemessen. Ein negativer Einfluss von *B.t.i.* auf die Überlebensrate und körperliche Verfassung der Kaulquappen war nicht feststellbar. Die Kaulquappen gelangten mit *B.t.i.* sogar schneller bei gleichem Körpergewicht zur Metamorphose. Allgeier et al. konnten nach Kontakt mit *B.t.i.* subzelluläre Veränderungen nachweisen, die sich in signifikanten Erhöhungen von GST, GR und AChE widerspiegeln. Die Autoren schließen daraus, dass die Kaulquappen in *B.t.i.*-behandeltem Wasser Stressbedingungen ausgesetzt waren, die langfristig negative Einflüsse auf die Fortpflanzung, Lebensdauer und Fitness der Tiere haben können. Belege hierzu fehlen.

Da die Ergebnisse in Bezug auf die hier aufgeführten Stressfaktoren sehr starke Schwankungen aufwiesen und unabhängig von der Wirkstoffdosierung waren, ist die daraus resultierende monokausale Schlussfolgerung nicht nachvollziehbar. Erklärt werden konnte ebenso nicht, worauf die schädigende Wirkung von *B.t.i.* beruhen könnte, da Amphibien keine Rezeptoren für *B.t.i.*-Cry-Proteine aufweisen, die einen Wirkungsmechanismus begründen würden.

Aufgrund der großen Bedeutung der Amphibienvorkommen in den Rheinauen, v.a. auch im Umfeld der behandelten Stechmückenbrutstätten, wurde eine Untersuchung am Steinbeis-Transferzentrum für Ökotoxikologie und Ökophysiologie an der Universität Tübingen beauftragt, diese Untersuchungen erneut durchzuführen (SCHWEIZER et al., 2019).

SCHWEIZER et al. untersuchten den Einfluss von *B.t.i.* (Vectobac WG) auf Kaulquappen des Grasfroschs (*Rana temporaria*). Den Kaulquappen wurden zu zwei Zeitpunkten verschiedene Konzentrationen von *B.t.i.* (1 mg/ L, 10 mg/ L, 100 mg/ L) sowie Reisproteinpulver als Proteinkontrolle appliziert. Neben der Erfassung der Mortalität und des Gewichts wurden biochemische (Hsp70, AChE) und zelluläre (Histopathologie) Analysen durchgeführt. Die Versuche wurden bei 15°C, einer Temperatur, wie sie auch im Freiland in den Brutgewässern auftritt, durchgeführt.

Die Mortalität war in keiner Versuchsgruppe im Vergleich zur Kontrolle signifikant erhöht. Im Vergleich zu den Kontrolltieren waren die *B.t.i.*-exponierten Kaulquappen weder signifikant leichter noch schwerer. Histopathologisch ließen sich keine Schädigungen durch *B.t.i.* im Darmtrakt der Kaulquappen nachweisen. Auch führte die *B.t.i.*-Exposition zu keiner Induktion von Stressproteinen und zu keiner Hemmung der Acetylcholinesterase (AChE). Lediglich die Proteinkontrolle zeigte einige Auffälligkeiten. Die von ALLGEIER et al. publizierten Ergebnisse zu durch *B.t.i.* ausgelösten adversen Effekten bei Amphibien konnten damit nicht bestätigt werden. Die von Allgeier et al. beschriebenen physiologischen Reaktionen könnten mit nicht adäquaten Haltungsbedingungen (v.a. nicht konstante und zu hohe Temperaturen > 20° C) im Zusammenhang stehen.

Die Autoren kommen zu dem Schluss: Da im Vergleich zu den Ausbringungsraten der KABS e.V. sowohl realistische, als auch stark erhöhte Konzentrationen getestet wurden, kann in

Anbetracht der Ergebnisse davon ausgegangen werden, dass *B.t.i.* in der Formulierung Vectobac WG Kaulquappen des Grasfroschs nicht negativ beeinflusst und daher dieser *B.t.i.*-Formulierung kein Gefährdungsgrad für Amphibien zugewiesen werden kann.

Literatur:

Allgeier, S., Frombold, B., Mingo, V., Brühl, C.A. (2018) European common frog *Rana temporaria* (Anura: Ranidae) larvae show subcellular responses under field-relevant *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (bti) exposure levels. *Environmental Research* 162: 271-279.

Schweizer, M., Miksch, L., Köhler, H.-R. et Tribskorn, R. (2019) Does *B.t.i.* (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) affect *Rana temporaria* tadpoles? *Ecotoxicol Environ Saf.* 181:121-129.

Tribskorn, R. (2019) Abschlussbericht zum Projekt Untersuchung der Wirkung einer *B.t.i.*-Formulierung (Vectobac WG) bei Kaulquappen des Grasfroschs *Rana temporaria*. Steinbeis-Transferzentrum für Ökotoxikologie und Ökophysiologie.

Vögel:

Vögel könnten durch die Tätigkeit der KABS in zweierlei Hinsichten betroffen werden. Durch Störungen an ihren Brut- und Ruheplätzen und durch eine mögliche Reduktion der verfügbaren Nahrung.

Seit Beginn der Stechmückenbekämpfung der KABS liegt ein Augenmerk darauf die Populationen der in den Überflutungsflächen lebenden Vogelarten zu schonen indem z.B. bekannte Brutvorkommen wertgebender Vogelarten von der Bekämpfung ausgespart werden. Dies erfolgt sowohl in Abstimmung mit den Naturschutzbehörden der Länder (oft als ausgewiesene Tabugebiete) oder in Eigenregie der KABS. Dabei werden Brutvorkommen im Rahmen der Feldarbeiten von Mitarbeitern der KABS selbst erfasst bzw. Vorkommen, die von Dritten (z.B. ornithologische Gebietskenner) gemeldet wurden, bestätigt und in der jeweiligen ortsspezifischen Bekämpfungsstrategie berücksichtigt.

Dem **Störungsaspekt** kommt insbesondere beim Einsatz eines Hubschraubers zur Ausbringung des Bekämpfungsmaterials Bedeutung zu, da es aufgrund von Lärm und den Abwinden des Rotors zu einer Störung oder gar Schädigung der Vögel und ihrer Nester kommen könnte. Aus diesem Grund hat die KABS dazu eigene Studien durchgeführt und, in Übereinstimmung mit den Naturschutzbehörden der Länder, zahlreiche weitere Studien an externe Gutachterbüros in Auftrag gegeben.

Dabei wurden Brutkolonien des Graureihers (*Ardea cinerea*), Horstzentren des Schwarzen Milans (*Milvus migrans*), Brutvorkommen des Teichrohrsängers (*Acrocephalus scirpaceus*) sowie weiterer Singvogelarten beobachtet und die Reaktion auf Hubschrauberüberflüge und Bodenbekämpfung protokolliert (Blank 1991, Korn & Stübing 2015, Scheckeler & Scheckeler 2016a, 2016b, Lehmann & Harms 2018).

Das übereinstimmende Ergebnis ist, dass die Vögel keine oder nur sehr geringe Reaktionen auf die Hubschrauberüberflüge zeigten. Brutvögel, die ihre Horste oder Nester verließen, kehrten schon sehr rasch wieder zurück, so dass es in diesem Zeitraum zu keiner Auskühlung der Eier, Prädation oder Brutparasitismus durch Kuckucke (*Cuculus canorus*) kommen

konnte. Singende Männchen der Teichrohrsänger unterbrachen bei Überflügen ihre Gesänge nicht oder nur für wenige Sekunden, was ebenfalls auf einen sehr geringen Grad der von den Vögeln empfundenen Störung schließen lässt (Scheckeler & Scheckeler 2016a, 2016b).

Im Rahmen einer Langzeitstudie über neun Jahre konnte in einem Vorkommensgebiet des Graureihers und des Schwarzmilans bezüglich der Zahl und Qualität der Brutbeständen keine negative Auswirkung beobachtet werden, die auf die Stechmückenbekämpfung hätte zurückgeführt werden können (Korn & Stübing 2015).

Ungeachtet dieser Ergebnisse werden Schilfgebiete grundsätzlich in einer Höhe überflogen, aus denen die Rotor-Abwinde keine Auswirkungen mehr verursachen können.

In einigen Fällen wurde beim Vorkommen störungsempfindlicher Vogelarten die jeweilige Vorgehensweise bei der Bekämpfung in Abstimmung mit den Naturschutzbehörden an die Bedürfnisse der betroffenen Vogelarten angepasst, z.B. indem eine Bekämpfung nur außerhalb der Brutzeiten durchgeführt wird oder die Applikation des BTI-Wirkstoffs in einem bestimmten räumlichen Muster erfolgt (Lehmann & Harms 2018).

Aufgrund der oben dargestellten Ergebnisse ist auszuschließen, dass es bedingt durch Störungen wegen der Bekämpfungseinsätze zu erheblichen Auswirkungen auf die Vogelwelt im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der FFH-Richtlinie 92/43/EWG kommen kann.

Hinsichtlich der **Nahrung** ist besonders die Nahrungsverfügbarkeit für die Nestlinge von Bedeutung. Um diesen Aspekt vor dem Hintergrund der biologischen Stechmückenbekämpfung zu überprüfen, wurde von der KABS eine nahrungsökologische Untersuchung an einer Mehlschwalbenkolonie (*Delichon urbica*) in den rheinland-pfälzischen Rheinauen durchgeführt (Boggasch & Wolf 1990, Timmermann & Becker 2017, etc. s.u.).

Bei der Untersuchung wurde während zweier Brutphasen (Juni bzw. August) die an die Nestlinge verfütterte Nahrung unter Anwendung der Halsringmethode gewonnen und analysiert. Dabei unterschied sich die Zusammensetzung der Nahrung während der beiden Erfassungsphasen deutlich. Die Nahrungsselektion der Mehlschwalben wurde mit Hilfe des Savage-Index analysiert. Es zeigte sich, dass tagaktive Beutetiere mit terrestrischen Larven bevorzugt verfüttert wurden (erste Brut: Blattläuse (Aphidina), zweite Brut: Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) und Fliegen (Brachycera). Zuckmücken (Chironomidae) wurden gefangen, aber nicht bevorzugt. Es ist bekannt, dass u.a. die individuelle Erfahrung der Vögel sowie Konkurrenz zwischen einzelnen Tieren, Kolonien und Vogelarten eine Rolle bei der Beuteselektion spielen. Deswegen sind sowohl Rückschlüsse von der Nahrung auf die Verfügbarkeit der Insekten in der Luft, als auch Vergleiche verschiedener Mehlschwalbenkolonien nur sehr bedingt aussagekräftig.

Anhand dieser Untersuchungsergebnisse wird deutlich, dass es aufgrund der unterschiedlichen Aktivitätszeiten von Schwalben (tagaktiv) und Überschwemmungsmücken (dämmerungs- und nachtaktiv) hinsichtlich der biologischen Stechmückenbekämpfung zu keinen erheblichen Auswirkungen im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der FFH-Richtlinie 92/43/EWG kommen kann.

Hinsichtlich weiterer Vogelarten, die im direkten Umfeld der Stechmückenbrutgewässer leben, wurde bei einem unabhängigen Institut ein Gutachten in Auftrag gegeben, das die Bedeutung der Stechmücken im Nahrungsspektrum verschiedener auwaldbewohnender Vogelarten (unter besonderer Berücksichtigung des Teichrohrsängers) untersuchen sollte (Musch-

ketat 1999).

Dabei sollte mit Hilfe der Halsringmethode bei Nestlingen festgestellt werden, welche Rolle die Stechmücken (Culicidae) in der Ernährung auwaldbewohnender Vogelarten spielen. Insbesondere ging es um insektenfressende Vögel, die ihre Nahrung nicht im Flug jagen, sondern in der Vegetation aufsammeln, wo die Stechmücken tagsüber ruhen.

Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf den Arten Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*) und Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*). Außerdem wurden folgende Vogelarten untersucht: Blaumeise (*Parus caeruleus*), Dorngrasmücke (*Sylvia communis*), Kleiber (*Sitta europaea*) und Kohlmeise (*Parus major*).

Obwohl die Zweiflügler (Diptera) mit einem Individuenanteil von 17,1 % von den Vögeln am zweithäufigsten verfüttert wurden, konnte in den insgesamt 140 Nahrungsproben kein Hinweis für erbeutete Stechmücken gefunden werden.

Von fast allen Vogelarten wurden Schmetterlinge (Lepidoptera) mit 27,4 % am häufigsten den Jungvögeln zugetragen (besonders als Raupen).

Als Fazit wird festgestellt, dass Stechmücken wohl in das Beutespektrum der untersuchten Vogelarten fallen, dass als Nestlingsnahrung jedoch größere und eiweißreichere Nahrungstiere bevorzugt wurden. Man muss also davon ausgehen, dass die Stechmücken in der Ernährung der untersuchten Vogelarten keine wesentliche Rolle spielen. In dieser Hinsicht ist somit festzuhalten, dass es bezüglich der biologischen Stechmückenbekämpfung zu keinen erheblichen Auswirkungen im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der FFH-Richtlinie 92/43/EWG kommen kann.

Vogelarten nach Anhang I VSR (Richtlinie 2009/147/EG)

Bei der Überprüfung des Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie bleibt, wenn alle Vogelarten, die durch die Stechmückenbekämpfung lediglich „gestört“ werden könnten, ausgeblendet werden, nur noch eine insektenfressende Art übrig, die in den FFH-Gebieten, die in den Oberrheinauen liegen vorkommt, und die hinsichtlich der Nahrung betroffen sein könnte: das Blaukehlchen (*Luscinia svecica*).

Für diese Vogelart liegen der KABS bezüglich der Nahrungsökologie in den Rheinauen keine Daten vor. Wir leiten jedoch anhand populationsbiologischer Parameter ab, dass die Stechmückenbekämpfung keine erhebliche Auswirkung im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der Richtlinie 92/43/EWG hat. Dies wird an den folgenden Beispielen erläutert:

Die Population des Blaukehlchens in Europa weist die für Mittel- bis Langstreckenzieher erheblichen Bestandsschwankungen der Brutpopulationen auf. So berichtete z.B. U. Mahler (mndl.), dass die Brutpopulation des Blaukehlchens im NSG Waghäusel (dem größten Vorkommensgebiet dieser Vogelart in Baden-Württemberg, VSG 6717-401) Schwankungen zwischen 1 bis 2 und bis zu 150 Brutpaaren pro Saison aufweisen kann. Auf erhebliche Bestandsschwankungen der Blaukehlchen-Populationen in ihren mitteleuropäischen Brutgebieten weisen auch Bauer et al. (2005) hin. Diese Autoren stellen dar, dass nach einem generellen Rückgang der Blaukehlchen in Deutschland seit den 70er Jahren eine allgemeine Bestandszunahme mit starker Arealausweitung und Neuansiedlungen seit den 80er/90er Jahren zu verzeichnen ist.

Sehr sensibel reagieren Blaukehlchen-Populationen auf Habitatveränderungen. Insbesondere

re Wasserstandsschwankungen können durch Überflutung Verluste geeigneter Bruthabitate verursachen. Andererseits können Maßnahmen zur Optimierung des Lebensraums sehr gut dazu beitragen, die Population des Blaukehlchens zu fördern.

So z.B. geschehen im Tätigkeitsgebiet der KABS bei Dettenheim (Landkreis Karlsruhe). Ein dort ansässiger Naturschutzverein führte umfangreiche Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraumes durch, wodurch die Brutpopulation sehr stark anstieg (Abbildung 1).

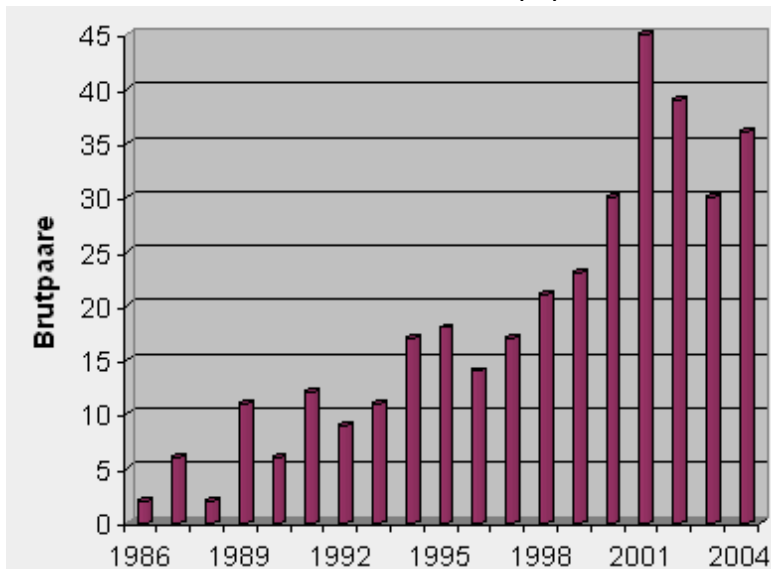


Abbildung 1: Entwicklung der Brutpaare des Blaukehlchens auf der Gemarkung Dettenheim nach flächiger Extensivierung und Pflege. Grafik aus https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/15513/dia_lus_sve.gif (Abfrage vom 30.10.2017).

Zu beachten ist, dass Dettenheim zu den Gründungsgemeinden der KABS gehört und seit 1976 Maßnahmen Bekämpfungsmaßnahmen zur Reduktion der Überschwemmungsmücken durchgeführt werden.

Eine Zunahme der Population des Blaukehlchens in einem anderen langjährigen Bekämpfungsgebiet wird von Kreuziger (2002) für das NSG Kühkopf-Knoblochsau (FFH-Gebiet 6116-350) beschrieben. Nachdem das Blaukehlchen dort früher als „absolute Rarität“ galt, nahmen seine Bestände seit Beginn der 80er Jahre, also in einem Zeitraum in dem auch dort umfangreiche Maßnahmen zur Bekämpfung der Überschwemmungsmücken durchgeführt wurden, „sehr stark zu, so dass im NSG nun alleine 70 Paare vorkommen; ähnlich viele brüten zusätzlich knapp außerhalb des NSG“.

Diese beiden Beispiele verdeutlichen, dass die Bestände des Blaukehlchens offensichtlich nicht unter einer vermeintlichen Verschlechterung des Nahrungsangebots leiden. Es ist vielmehr so, dass die Populationen in ihren Vorkommensgebieten, ungeachtet der Tätigkeiten der KABS, durchweg positive Tendenzen aufweisen. Damit wird deutlich, dass die Stechmückenbekämpfung auf die Populationen des Blaukehlchens keine erhebliche Auswirkung im Sinne von Artikel 6, Absatz 3 der Richtlinie 92/43/EWG hat.

Untersuchungen der KABS zum Thema:

- Boggasch, Ute (1990): Untersuchung der Fluginsektenfauna ausgewählter Rheinauengebiete unter besonderer Berücksichtigung der Culicidae (Diptera, Nematocera); Diplomarbeit*
- Boggasch, Ute & Wolf, Johannes (1990): Der Anteil der Culicidae an der Fluginsektenfauna ausgewählter Rheinauengebiete mit und ohne Stechmückenbekämpfung; Bericht
- Boggasch, Ute & Bernauer, Dietmar (1991): Der Anteil der Culicidae an der Fluginsektenfauna ausgewählter Rheinauengebiete & Die Bedeutung der Culicidae für die Ernährung von in den Rheinauen lebenden Mehlschwalben (*Delichon urbica*); Bericht
- Blank, Martin (1991): Kritische Prüfung von Auswirkungen einer *B.t.i.*-Applikation im Rahmen der Stechmückenbekämpfung auf ausgewählte Nichtziel-Organismen; Diplomarbeit
- Timmermann, U. & Becker, N. (2003): Die Auswirkung der Stechmückenbekämpfung auf die Ernährung auenbewohnender Vogelarten. – *Carolinea* 61: 145-165; Karlsruhe.
- Timmermann, Ute & Becker, Norbert (2017): Impact of routine *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) treatment on the availability of flying insects as prey for aerial feeding predators. – *Bull. Ent. Res.*: 1-10; doi:10.1017/S0007485317000141.

Externe Untersuchungen im Auftrag der KABS:

- Muschketat, Lothar F. (1999): Untersuchung zur Bedeutung der Stechmücken im Nahrungsspektrum auwaldbewohnender Vögel – unter besonderer Berücksichtigung des Teichrohrsängers; Bericht*
- Korn, Matthias & Stübing, Stefan (2006): Zur Auswirkung der Stechmückenbekämpfung im Bereich der Rettbergsaue (Inselrhein, Wiesbaden) auf Schwarzmilan *Milvus migrans* und Graureiher *Ardea cinerea*. –Bericht.
- Korn, Matthias & Stübing, Stefan (2007): Zur Auswirkung der Stechmückenbekämpfung im Bereich der Rettbergsaue (Inselrhein, Wiesbaden) auf Schwarzmilan *Milvus migrans* und Graureiher *Ardea cinerea*. –Bericht.
- Korn, Matthias & Stübing, Stefan (2008): Zur Auswirkung der Stechmückenbekämpfung im Bereich der Rettbergsaue (Inselrhein, Wiesbaden) auf Schwarzmilan *Milvus migrans*, Graureiher *Ardea cinerea* und weitere Brutvogelarten. – Bericht.
- Korn, Matthias & Stübing, Stefan (2010): Zur Auswirkung der Stechmückenbekämpfung im Bereich der Rettbergsaue (Inselrhein, Wiesbaden) auf Schwarzmilan *Milvus migrans*, Graureiher *Ardea cinerea* und weitere Vogelarten; Bericht
- Korn, Matthias & Stübing, Stefan (2015): Monitoringbericht 2015 zur Auswirkung der Stechmückenbekämpfung im Bereich der Rettbergsaue (Inselrhein, Wiesbaden) auf

Schwarzmilan *Milvus migrans*, Graureiher *Ardea cinerea* und weitere Brutvogelarten.
– Bericht.

- Scheckeler, U. & Scheckeler H.-J. (2016a): Beobachtung von Teichrohrsängern (*Acrocephalus scirpaceus*) auf der Elisabethenwört. Mögliche Auswirkungen der Stechmückenbekämpfung durch Hubschrauber. Stand: 15.01.2016. – Bericht.
- Scheckeler, U. & Scheckeler H.-J. (2016b): Beobachtungen Brutvögel, Schwerpunkt: Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*). Mögliche Auswirkungen der Stechmückenbekämpfung durch Hubschrauber, Probefläche Elisabethenwört. Stand: 20.09.2016. – Bericht.
- Lehmann, J. & Harms, O. (2018): Untersuchung zur Vogelwelt des NSG Bremen-Grund und den Einfluss der Arbeiten der KABS in 2018. – 10 pp.; Bericht.

Weitere zitierte Literatur:

- Bauer, H.-G., Bezzel, E. & Fiedler, W. (2005): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Band 2: Passeriformes - Singvögel; Aula-Verlag.
- Kreuziger, Josef (2002): Die Brutvogelwelt des NSG Kühkopf-Knoblochsau im Wandel der Zeit. – in: RP Darmstadt (2002) (Hrsg.): 50 Jahre Naturschutzgebiet Kühkopf-Knoblochsau. Hessens bedeutendstes Auenschutzgebiet im Wandel der letzten Jahre – S. 50-55; Darmstadt.

5. Gibt es Erhebungen über die Entwicklung des Bestandes typischer Arten des Maudacher Bruchs

Diese Frage kann ich Ihnen nicht beantworten, die Erfassung der Bestandsentwicklung bestimmter Arten ist nicht unsere Aufgabe und auch nicht von uns zu leisten. Hier sind andere Stellen für die Beantwortung dieser Frage gefragt.