

Der Einsatz von Bti-Präparaten zur Stechmücken- bekämpfung - Hintergründe, Risiken und Bedenken

Ernst-Gerhard BURMEISTER

Gliederung

Vorbemerkungen

1. Verbreitung und Biologie der Stechmücken
 - 1.1 Stechmückenplage - ein neues Phänomen ?
 - 1.2 Heimische unterschiedliche Stechmücken
2. Bekämpfung der Stechmücken, moderne Methoden und Aspekte
 - 2.1 Einsatz und Wirkungsweise von Bti
 - 2.2 Welche Tiergruppen sind noch betroffen ?
 - 2.3 Notwendige Konzentrationen
 - 2.4 Problematik der Trägersubstanzen
3. Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft
 - 3.1 Reaktionen auf räuberische Organismen
 - 3.2 Einfluß auf die Biozönose
 - 3.3 Einfluß durch Art der Applikation
4. Untersuchungen und Erfolgskontrollen
5. Naturschutz und natürliche Vorbeugung
 - 5.1 Einsatz in Schutzgebieten
 - 5.2 Praeventionen
 - 5.3 Gesundheitliche Probleme
 - 5.4 Abschließende Bemerkungen
6. Literatur

Abstract

In the last years in Germany, especially in Bavaria, mosquito control has come into high demand. Mosquito populations, within their natural turnover have not increased, but the contact zones between mosquito and man have. Recreational activities, sports and sports fields, camping sites, restaurants etc. are entering areas like alluvial flood plains or flooded areas of lakes dominated by mosquitoes. The same applies to residential areas. The extract from *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) was developed for biological pest-control (endo-toxin) effective specifically against mosquitoes (Culicidae) and black-flies (Simuliidae), according to assurances by the producer and persons with interests in using Bti. The difficulties with Bti applications are demonstrated here. Bti has also been used against non-biting midges (Chironomidae) in the impoundments of the Danube river (Bavaria). This study documents further that other animals in small ponds are killed, too. Together with the primary effect on target and non-target organisms also the secondary effect on higher levels in the food chains, such as birds and bats, is to be emphasised:

the reduction of the masses of mosquitoes and midges, the basis for their nutrition. Pest control with Bti is an intervention in the biocoenotic systems of valuable habitats. In the present work, the biology of mosquitoes, their control with modern methods and aspects, the effect on animal life in habitats and the studies on the success of the pest-control are documented. The most problematic applications of this special insecticide in protected areas are discussed. Some alternative methods for prevention against mosquitoes are given.

Vorbemerkungen

Stechmücken gelten als unangenehme Plagegeister des Sommers, die den Aufenthalt im Freien verleiden. Einem großen Teil der Bevölkerung stellt sich die Frage "wozu diese Tiere gut sind". Dabei wird ausschließlich der Mensch in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt, nicht jedoch die Lebensgemeinschaft unserer terrestrischen und aquatischen Lebensräume. Hier erfüllen die Stechmücken ganz besonders durch ihr Massenaufreten wichtige Funktion als Nährtiere sowohl als wasserlebende Larven wie auch als flugaktive erwachsene Mücken. Ebenso fungieren sie als Regulatoren in den Lebensgemeinschaften. Dennoch werden beständig Forderungen nach einer Bekämpfung dieser Stechmücken artikuliert, zumal seit mehreren Jahren ein sog. unbedenkliches Präparat angeboten wird und eine Betreibergesellschaft für den Einsatz und für begleitende Untersuchungen zur Verfügung steht. Der Einsatz von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* Endotoxin (Bti-Wirkstoff) wird als unbedenklich eingestuft. Hier jedoch sollen Risiken und bisher nicht untersuchte Reaktionen der Glieder von entsprechenden Biozönosen dokumentiert werden. Einsätze von Bti gegen Stechmücken können nur vor dem Hintergrund der primären und sekundären Auswirkungen innerhalb der Lebensgemeinschaft und den zu fordernden Inventarisierungen und Begleituntersuchungen diskutiert werden.

1. Verbreitung und Biologie der Stechmücken

1.1 Stechmückenplage - ein neues Phänomen?

Stechmücken waren immer in unterschiedlicher Dichte im Einzugsgebiet von Gewässern, vielfach kleinen Stillgewässern, vorhanden, wie Darstellungen aus dem 18. Jahrhundert belegen. Die Dynamik der Flüsse, ihre Überschwemmungszonen in der Aue und die zurückbleibenden Kleingewässer mit den sich dort entwickelnden Stechmücken haben diesen Großraum als lebensfeindlich für den

Menschen ausgewiesen und Siedlungen verhindert, sieht man von Brückenköpfen der Handelswege ab. Auch Überschwemmungsbereiche großer Seen etwa des Alpenvorlandes haben sich als Nässezonen (Niedermoore, Streuwiesen) als Siedlungs- und Aufenthaltsraum dem Bevölkerungsdruck entzogen. Siedlungsbereiche waren auf die Hochterrassen und trockenen Standorte im umgebenden Hügelland beschränkt. Durch veränderte Verhaltensweisen des Menschen ist die Kontaktzone mit diesen Tieren ausgedehnt worden oder aber die Bevölkerung ist sich dieses Kontaktes nicht mehr bewußt. So werden Aktivitäten in Bereiche verlagert, die früher auf Grund der Präsenz von Stechmücken gemieden wurden. Auch Siedlungen schieben sich inzwischen in diese Zonen vor, wodurch erneut Konflikte entstehen. Da die Eigenverantwortlichkeit der Bürger stark abnimmt, werden andere (meist Behörden) für ein natürliches Phänomen verantwortlich gemacht und Bekämpfung wird gefordert.

1.2 Heimische unterschiedliche Stechmücken

MOHRIG (1969) erwähnt für Deutschland 44 Arten der Culicidae, die jedoch nicht alle am Menschen Blut saugen. Unter den 5 Gattungen besiedeln die Larven der Gattung *Anopheles* stehende perennierende Gewässer des freien Geländes, wobei sauberes Wasser vorhanden sein muß (Augebiete). Die Eier werden einzeln an der Wasseroberfläche abgelegt, durch die Oberflächenspannung werden diese zusammengetrieben. Die Larven selbst hängen waagrecht an der Wasseroberfläche (ohne Atemrohr) im Gegensatz zu allen übrigen Culicidae (Schräglage an der Wasseroberfläche, mit Atemrohr). *Culex*-Larven findet man dagegen vorzugsweise neben Freiland-Gewässern jeglicher Art auch im urbanen Bereich, wo sie selbst stark nitrathaltige Düngegewässer wie auch temporäre Pfützen besiedeln. Die Weibchen dieser sog. Hausmücken überwintern und legen Eier als schiffchenförmige Pakete auf der Wasseroberfläche ab. Mehrere Generationen folgen im Jahreszyklus aufeinander. Wie bei *Culex* erfolgt die Eiablage bei *Mansonina*, wobei jedoch nur eine Generation im Jahr durchlaufen wird. Die Larven leben festsitzend an submersen Wasserpflanzen, indem sie sich einbohren und ihren Sauerstoffbedarf dem Pflanzengewebe entnehmen. Die Weibchen sind bereits am Tage stechaktiv. Ebenfalls Eischiffchen legen die Weibchen der Gattung *Culiseta* ab, wobei sie bei der Wahl der Brutgewässer ein ähnlich breites Spektrum wie die der Gattung *Culex* besitzen. Die Mücken überwintern häufig in Wohnungen. *Culiseta annulata* ist mit *Culex pipiens* meist vergesellschaftet, beide werden als Hausmücken bezeichnet.

Mit 24 Arten ist die Gattung *Aedes* die artenreichste der Familie der Culicidae in Deutschland. Besonders häufig und stets als 'Plagegeister' angesprochen sind *Ae. vexans*, *Ae. sticticus* (sog. Auwaldmücken oder Rheinschnaken), wobei *Ae. vexans* auf Grund ihrer Präferenz auch als Wiesemücke bezeichnet wird. Ebenfalls häufig ist *Ae. communis* (Waldmücke) und *Ae. geniculatus* (Baumhöhlenmücke). Alle *Aedes*-Arten legen ihre Eier einzeln auf feuchtem Boden ab, der potentiell

überflutet wird, die Larven schlüpfen nach der Überwinterung der Eier bei Überstauung der terrestrischen Eiablageorte. Diese Arten der Überschwemmungsflächen bilden meist die Mückenkalamitäten und sind die Zielorganismen der Bekämpfung. Dennoch werden die Mücken nicht artlich differenziert in Auwald-, Wiesen- oder Hausmücken, zumal nicht von Personengruppen, die eine Bekämpfung fordern.

2. Bekämpfung der Stechmücken, moderne Methoden und Aspekte

2.1 Einsatz und Wirkungsweise von Bti

Unter den bisher bekannten und wirkungsvoll eingesetzten "Insektiziden" ist der Wirkstoff des Bti sicher unvergleichlich und der bisher umweltschonendste, bezieht man die früher verwendeten chemischen Präparate (DDT etc.) mit ein. Diese wurden zu Beginn ihres Einsatzes ebenso für unbedenklich erklärt wie Folgepräparate. Ein Einsatz von lebenden Bakterien (Bti) ist nicht zulässig und so wird die Wirkkomponente, das Peptid, kristallin ausgebracht. Nach bisherigen Erkenntnissen geht vom Wirkstoff des Bti (Endotoxin = Peptid + Trägersubstanz) keine direkte Breitenwirkung aus, d.h. die Zielorganismen und verwandte Insektengruppen (andere Tiergruppen ?) sind eingengt. Nur sie besitzen nach derzeitigem Kenntnisstand Zellrezeptoren in der Darmwand, in die die Wirkkomponente des *Bacillus thuringiensis israelensis* eindringt und dort zur Zerstörung der Darmzellen führt (CHARLES & de BARJAC 1981, 1983, ELLAR et al. 1986, GILL et al. 1992, HOFTE & WHITELEY 1989, KNOWLESS & ELLAR 1987, LUTHY et al. 1986, SCHNETTER et al. 1981, YI-ALLOUROS et al. 1999). Die Aufnahme vom Bti-Präparat bzw. Wirkstoff führt darum zum Tod der Larven, die Nahrung als Filtrierer aufnehmen, nach Zerstörung der peritrophischen Membran mit einer Auflösung der Darmwand. Die Larven fallen im weiteren Entwicklungsprozeß aus, demnach findet keine Verpuppung und kein Schlüpfen der erwachsenen Fluginsekten statt, bei denen nur die Weibchen von Stech- und auch Kriebelmücken *Culicidae* bzw. *Simuliidae* blutsaugend sind.

Nicht nur durch den Tod der Zielorganismen wird die Wirkung von Bti deutlich, wobei immer nur eine Mortalitätsrate meßbar ist (Anteil getöteter Individ. an der Gesamtpopulation) sondern auch durch Verhaltensänderungen, z.B. wenn standorttreue Tiere ihren Lebensraum verlassen, was durch erhöhte Drift erkennbar ist. Die Reaktion zeigt sich durch aktives Verlassen des Kleinlebensraumes oder durch Trennung vom Substrat und damit zur passiven Ersatzlebensraumsuche, d.h. eigene Übergabe des Organismus an die Wasserbewegung und Windverdriftung (BACK et al. 1985, JACKSON et al. 1994). Hierbei wird Bti offensichtlich nach Wahrnehmung als unangenehm empfunden. Dies bedeutet, daß Rezeptoren für Bti vor der Aufnahme in den Darm vorhanden sein müssen (Rezeptoren der Mundwerkzeuge ?).

Als Zielorganismengruppe gelten Culicidae und einzeln Simuliidae, eine weitere Dipteren-Familie (Beide zu Nematocera = Mückenartige), die bei

de als Filtrierer (Ausnahmen !) den Bti-Wirkstoff aufnehmen, wobei die Simuliidae bevorzugt in Fließgewässern auftreten.

Dennoch sind auch bei der Anwendung von Bti einige Gefahren aufzuzeigen, die bei einer Ausbringung dringend bedacht werden sollten. So sind Langzeituntersuchungen bisher in entsprechenden Gebieten unterblieben, die eine Auswirkung auf die gesamte Biozönose dokumentieren könnten. Eine Ausnahme ist die Begleituntersuchung von HERSHEY et al. (1998), wobei eine Dauerbehandlung mit Bti erfolgte, wie sie in unseren Breiten nicht geplant ist. Die Wirkungsweise des Präparates ist überall abhängig von zahlreichen abiotischen und biotischen Faktoren im jeweiligen Ausbringungsort. Sekundäreffekte sind bisher nur ungenügend bekannt (s.u.).

Es erscheint notwendig darauf hinzuweisen, daß der deutlich überwiegende Teil der in der Bundesrepublik durchgeführten Untersuchungen zur Wirkungsweise von Bti auf Organismen im Freiland von Interessengruppen unterstützt wird (Finanzmittel), die eine Bekämpfungsmaßnahme propagieren (KABS, Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V.). Eine objektive Stellungnahme zum Problemkreis kann darum nicht erwartet werden, ebenso fehlen bisher unabhängige Untersuchungen.

2.2 Welche Tiergruppen sind noch betroffen?

Das Präparat (Delta-Endotoxin) zur Bekämpfung von Nematocera wirkt nicht spezifisch gegen limnophile Stechmücken (Culicidae) oder rheophile bzw. rheobionte blutsaugende Kriebelmücken (Simuliidae), die nur eine artenarme Familie innerhalb dieser Zweiflüglergruppe ausmachen, sondern auch auf andere Familien der Nematocera, wie der Nachweis von Rezeptorzellen bei den nicht blutsaugenden Zuckmücken (*Chironomidae*) durch YIALLOUROS (1999) dokumentiert. Die letale Wirkung auch auf diese Mückengruppe wird von dieser Autorin bestätigt, wobei jedoch die Arten unterschiedlich stark reagieren (Darmenzyme zur Aktivierung des pro-toxins).

Neben dem Einsatz in Still- und Fließgewässern gegen die beiden vornehmlich blutsaugenden Mückengruppen wurden zudem die völlig harmlosen, aber offensichtlich belästigenden Zuckmücken (*Chironomidae*) in den Stauhaltungen der Donau bekämpft. Hierzu sind entsprechend hohe Konzentrationen durch die Abdrift des Wirkstoffes notwendig. Bei Bekämpfungsmaßnahmen in Stillgewässern gelten die Chironomiden als Nicht-Zielorganismen. Mit etwa 560 Arten, von denen nur sehr wenige in ihrer Reaktion auf Bti geprüft wurden, sind diese Mücken die artenreichste merolimnische Insektenfamilie in Bayern. Unter diesen sind zahlreiche sehr seltene und gefährdete Arten, so auch Glazialrelikte und stenotope Arten. Alle sind in die jeweilige Lebensgemeinschaft eingebunden und besitzen große Bedeutung für die Funktionalität der limnischen Biozönosen (Nahrungsgrundlage für zahllose Organismen und Zentrum der Nahrungsnetze).

Die Aussagen der KABS - Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e.V. - (früher: K.A.z.B. Schnakenplage am Oberrhein e.V.; BECKER 1993, 1997, 1999; BECKER et al. 1996) beziehen sich fast ausschließlich auf die Zielorganismen. Frühere Untersuchungen und solche außerhalb der KABS haben gezeigt, daß auch andere Tiergruppen betroffen sind. So sind nicht nur die Chironomiden, die in allen Gewässertypen die Hauptmasse der Organismen stellen und von übergeordneter Bedeutung sind, sondern auch systematisch weit entfernte Tierarten beeinflusst (Primär-, Sekundäreffekte). Es reagierten im Langzeitversuch (HERSHEY et al. 1998) Larven von "Schnaken" (*Tipulidae*), Waffenfliegen (*Stratiomyidae*), Eintagsfliegen und Wasserkäfern (Tab. 1). Nach 3 Jahren zeigten Insektenarten und -gruppen plötzlich Reaktionen durch quantitative wie qualitative Ausfälle und fallen so zum großen Teil im Wirkungsgefüge der Biozönose aus (Beispiele Tab. 1). Die Freilandversuche von FILLINGER (1998) lassen bei der Interpretation von Kontroll- und Bti-Fallenfängen auch den Schluß zu, daß gerade die Chironomiden in den behandelten Flächen sowohl bezüglich Art- wie Individuenzahlen (geschlüpfte Imagines) signifikant abnehmen. Der Hinweis auf andere Ergebnisse bei Laborversuchen scheint diesen Tatbestand abschwächen zu wollen, beweist jedoch die Nichtübertragbarkeit von Laborbefunden auf das Freiland. Zudem wurden nur sehr wenige Arten getestet. In den Testproben fallen sehr wahrscheinlich bereits die anwesenden juvenilen Larven aus, die dann selbstverständlich in der Emergenz fehlen. Demnach sind die Aussagen bezügl. der Wirkung auf Chironomiden geschönt, zur Gesamtbiozönose ohne Aussagewert, da nur ein Teil durch Photoelektoren erfaßt werden kann (s.u.).

Auswirkungen bei Fischen (Jungfische, Fischbrut) und Amphibien (MORAWSCIK 1983, FORTIN et al. 1986, WIPFLI 1994) werden von den Verantwortlichen des Bti-Einsatzes den Trägersubstanzen zugeschrieben. Eine erhöhte Dichte von Detritivoren kann mit den anfallenden abgetöteten Insektenlarven einhergehen (s. *Hyalella* - Crustacea, Amphipoda) (BURMEISTER 2000). Bedenken gegenüber dem Einsatz von Bti im Freiland werden auf Grund von Wirkungen auf andere Organismen in neuerer Zeit laut (SCHMIDT 2001). Ein Bericht über die lethale Wirkung von Bt bzw. „Sporen“ von Bt auf Mäuse (Darmzerstörung) ist bisher nicht bestätigt worden (ANONYMUS 1999).

2.3 Notwendige Konzentrationen

Die KABS ermittelt an Hand der Dichte von Stechmücken einen Einsatz des Bti-Wirkstoffes, der mittels Hubschrauber im Flächenversuch oder durch Handapplikation ausgebracht wird. Es handelt sich damit um Schätzwerte, die Wirkung im Lebensraum selbst ist von zahllosen Faktoren abhängig (Wetter, Temperatur - Schlupf von *Aedes*-Larven erst ab 10° C -, Größe des Wasserkörpers, Larvendichte, Stadium, Destruentendichte, Dichte der submersen + emersen Vegetation bzw. der gesamten Biomasse, etc.). In Laborversuchen wurden verschiedene Tiergruppen einem Einsatz (verschiedene Konzentrationen) von Bti-Wirkstoff ausgesetzt, wobei mit Ausnahmen der Zielgruppen, nur

Literaturrefassung zur Wirkungsweise von Bti auf verschiedene Tiergruppen (nach Iglthaler 1999).

Arten der verzeichneten Tiergruppen werden mit dem jeweiligen Literaturzitat (Nr) und dem Ergebnis dokumentiert. Vorkommen in Deutschland (X, G = Gattung tritt in Mitteleuropa auf), Untersuchungszeiträume (D) : K - Kurzzeituntersuchung (bis zu einem Monat), M - mittlere Untersuchungsdauer (von einem Monat bis zu einem Jahr), L - Langzeitbeobachtung (länger als 1 Jahr). Literaturdaten: Nr. 1-8: Freilanduntersuchung BRD Nr. 9-27: Freilanduntersuchungen USA, Nr. 28-41: Laborversuche.

Arten	Nr	Ergebnis	V	D
DIPTERA - NEOLATO CERA				
allg	15	nach 3 Jahren um 67 % weniger		L
Culicidae (Stechmücken)				
<i>Culiseta</i>	18	starke Dezimierung (100%)	X	K
Aedes	11	starke Dezimierung	X	K
	6	starke Dezimierung		K
	5	starke Dezimierung (100%)		K
	20	starke Dezimierung		K
	27	starke Dezimierung		K
	22	starke Dezimierung (100%)		K
	24	starke Dezimierung		K
Culex	11	starke Dezimierung	X	K
	21	starke Dezimierung		K
	37	starke Dezimierung		K
	22	starke Dezimierung (100%)		K
Anopheles	22	starke Dezimierung	X	K
	3	starke Dezimierung		M
<i>Psorophora columbica</i>	22	starke Dezimierung		K
	11	starke Dezimierung		K
<i>Phaenophaea</i>	13	starke Dezimierung (100%)		K
Simuliidae (Kriebelmücken)				
Larven allg	10	stark erhöhte Drift, Mortalität		K
	18	stark erhöhte Drift, Mortalität		K
	21	stark erhöhte Mortalität		K
	27	stark erhöhte Mortalität		K/M
Simulium	16	stark erhöhte Drift, abnehmende Dichte	X	K
<i>S. vittatum</i>	12	kein signifikanter Einfluss	G	K
	17	erhöhte Mortalität		K
	35	erhöhte Mortalität		K
	25	stark erhöhte Mortalität		K
<i>S. venustum</i>	10	stark erhöhte Drift	G	K
	23	stark erhöhte Mortalität		K
	25	stark erhöhte Mortalität		K
<i>S. verecundum</i>	35	erhöhte Mortalität	G	K
<i>S. tuberosum</i>	10	stark erhöhte Drift	X	K
	23	stark erhöhte Mortalität		K
	20	stark erhöhte Mortalität		K
<i>S. vittatum</i> -Komplex	12	stark erhöhte Mortalität	G	K
<i>S. tuberosum</i> -Komplex	12	kein signifikanter Einfluss		K
<i>Prosimulium mixtum</i>	10	stark erhöhte Drift	G	K
	12	kein signifikanter Einfluss		K
	23	stark erhöhte Mortalität		K
	25	stark erhöhte Mortalität		K
<i>P. autumnum</i> (Larv.)	23	stark erhöhte Mortalität	G	K
<i>Stegopterna mutata</i>	10	stark erhöhte Drift	G	K
	12	kein signifikanter Einfluss		K
	25	stark erhöhte Mortalität		K
<i>Cnephia ornithophila</i>	12	kein signifikanter Einfluss	G	K
	25	stark erhöhte Mortalität		K
<i>C. discolorata</i> (Larv.)	23	stark erhöhte Mortalität	G	K
Chironomidae (Zuckmücken)				
allg	18	leicht erhöhte Drift, kein Einfluss auf die Mortalität		K
	15	nach 3 Jahren um 84 % weniger		L
	27	kein signifikanter Einfluss		K
	23	erhöhte Mortalität		K
	11	kein Einfluss		K
	12	leicht erhöhte Drift		K
	10	kein Einfluss		K
	2	erhöhte Mortalität		K
	4	erhöhte Mortalität (bis 100%)		K
	3	erhöhte Mortalität		M
ehoberrische Chironomiden	15	nach 3 Jahren um 74 % weniger		L
unbestimmte Chironomiden	15	nach 3 Jahren um 83 % weniger		L
<i>Goeldi chironomus holoprasinus</i>	9	Dezimierung		K
	20	Einfluss		K
Tanytarsini				
<i>Tanytarsus</i> spp.	9	Dezimierung	X	K
	11	Dezimierung, stark		K
<i>Rheotanytarsus</i>	9	Dezimierung	X	K
	10	kein Einfluss auf die Dichte		K
	16	leicht erhöhte Drift		K
	18	leicht erhöhte Mortalität		K
<i>R. distinctissimus</i>	21	erhöhte Mortalität	X	K/M
<i>R. exiguus</i>	21	erhöhte Mortalität	G	K/M
<i>Cynotanytarsus</i>	16	kein Einfluss	X	K
<i>Synoplistella</i>	16	kein Einfluss	X	K
<i>Paratanytarsus</i> (Larven)	11	erhöhte Mortalität	X	K
	30	sehr stark erhöhte Mortalität		K
<i>P. grinnelli</i>	31	stark erhöhte Mortalität (100%)	G	K
<i>Micropectus</i> (Larven)	11	stark erhöhte Mortalität	X	K
Chironomus				
<i>Chironomus</i> sp.	16	kein Einfluss	X	K
	36	stark erhöhte Mortalität		K
<i>C. corus</i>	9	erhöhte Mortalität	G	K
<i>C. riparius</i>	11	erhöhte Mortalität	G	K
	28	erhöhte Mortalität		K
<i>C. tentans</i>	30	stark erhöhte Mortalität	G	K
<i>C. vishniaczi</i>	30	stark erhöhte Mortalität	G	K
<i>C. nigropictus</i>	30	erhöhte Mortalität	G	K
<i>C. thomasi</i>	37	stark erhöhte Mortalität	X	K
<i>Dicrotendipes</i> (Larven)	11	erhöhte Mortalität	X	K
	16	erhöhte Drift		K
<i>Dicrotendipes pedicellatus</i>	30	stark erhöhte Mortalität	G	K
<i>Glyptotendipes submarginatus</i>	30	stark erhöhte Mortalität	G	K

Arten	Nr	Ergebnis	V	D
Polyphehnum				
	10	geringer Einfluss auf die Dichte, teils nicht signifikant	X	K
	16	erhöhte Drift		K
<i>Cryptochironomus</i>	16	kein Einfluss	X	K
<i>Chironomus</i>	16	kein Einfluss		K
<i>Pentapedia nigricans</i>	30	Einfluss abhängig von der Ernährungsweise	G	K
<i>Stictochironomus abscissus</i>	30	erhöhte Mortalität	G	K
<i>Atherodes</i>	16	kein Einfluss	X	K
<i>Paratendipes</i>	11	erhöhte Mortalität	X	K
Tanytarsini	12	kein Einfluss	X	K
	4	leicht erhöhte Mortalität		K
<i>Thienemannimyia</i>	16	kein Einfluss	X	K
	10	kein Einfluss (Dichte)		K
<i>Thienemannimyia</i> group	16	kein Einfluss		K
Altitarsus				
<i>Altitarsus</i> sp.	16	kein Einfluss	X	K
<i>Procladius</i>	16	kein Einfluss	X	K
	9	erhöhte Mortalität		K
	36	leicht erhöhte Mortalität		K
<i>Psectrolyptus varius</i> *	36	leicht erhöhte Mortalität	X	K
<i>Larrea</i>	10	kein Einfluss (Dichte)	X	K
Oniscoidium				
<i>Tritonia</i>	16	kein Einfluss		K
<i>Cricotopus</i>	16	leicht erhöhte Drift	X	K
<i>Cardiocladius</i>	16	kein Einfluss	X	K
<i>Eukiefferella</i>	10	geringer Einfluss (Dichte), teils nicht signifikant	X	K
<i>Smittia</i>	37	kein Einfluss	X	K
	36	kein Einfluss		K
<i>Larymenura</i>	10	kein Einfluss (Dichte)	X	K
<i>Brythodesmella</i>	14	kein Einfluss	X	M
	*			
<i>Dicrotendipes</i>	16	kein Einfluss		M
<i>Rhyacotendipes</i>	10	kein Einfluss (Dichte)	X	K
<i>Chironomus</i>	14	kein Einfluss	X	M
<i>Cochlosia</i> spp.	9	kein Einfluss auf die Mortalität		K
Ceratopogonidae (Gnitzen)				
allg	10	kein Einfluss (D)		K
	12	kein Einfluss		K
	16	kein Einfluss		M
	15	nach 3 Jahren um 29 % weniger		K
	37	kein Einfluss		K
	36	kein Einfluss		K
Culicoides				
	13	kein Einfluss	X	M
Tipulidae (Schnaken)				
allg	10	kein Einfluss (D)		K
	12	kein Einfluss		K
	15	nach 3 Jahren um 63 % weniger		L
<i>Tipula</i> sp. *	7	erhöhte Mortalität	X	
<i>T. abdominalis</i>	27	erhöhte Mortalität	G	K
Chaoboridae (Büschelmücken)				
allg	10	kein Einfluss (D)	X	K
	1	erhöhte Mortalität		M
<i>Mochlus euliciformes</i> *	36	kein Einfluss	X	K
<i>Chaoborus cristallinus</i> *	36	kein Einfluss	X	K
Dixidae (Tastermücken)				
<i>Dixa</i> sp. *	2	erhöhte Mortalität	X	
Psychodidae (Schmetterlingsmücken)				
allg	10	kein Einfluss (D)		K
<i>Psychoda alternata</i> *	2	hohe Mortalitätsrate	X	
Hemipteridae (Netzmücken)				
allg	10	erhöhte Drift	X	K
DIPTERA - BRACHYCERA				
allg	15	nach 3 Jahren um 66 % weniger als in der Kontrolle		L
Syrphidae (Waffenfliegen)				
allg	15	nach 3 Jahren um 56 % weniger		L
<i>Odonipora</i> sp.	24	kein Einfluss	X	K
Empididae				
allg	18	kein Einfluss (D)	X	K
	12	kein Einfluss		K
Syrphidae				
<i>Tubifera pendula</i> *	36	kein Einfluss	X	K
EPHEASEROPTERA				
Larven allg	10	kein Einfluss (D, M)		K
Boetidae	12	kein Einfluss		K
	18	kein Einfluss (D, M)		K
<i>Boetia</i> (Nymphen)	9	kein Einfluss (M)		K
<i>B. brunnicolor</i> (Larv.)	23	beeinträchtigt erhöhte Drift	G	K
<i>Pisicobora</i>	16	abnehmende Dichte	X	M
<i>Claenoptera</i> *	7	kein Einfluss	X	K
	36	kein Einfluss		K
	4	kein Einfluss		K
<i>Heptagenia</i> (Larv.)	18	kein Einfluss (Dichte)		K
<i>Stenonema</i>	16	leicht erhöhte Drift		M
	12	kein Einfluss		K
<i>Leucrocuta</i>	16	leicht erhöhte Drift		M
<i>Stenonema</i>	16	kein Einfluss		M
<i>Heptagenia</i> group	16	leicht erhöhte Drift	X	M

Arten	Nr.	Ergebnis	V	D
<i>Epeirus</i> sp.	11	kein Einfluß	X	K
<i>E. fragilis</i>	23	erhöhte Drift	G	K
Siphonuridae	18	kein Einfluß		K
Isocythidae				
<i>Isocyth</i>	16	kein Einfluß	X	M
Anthropodidae				
<i>Anthropoda bipunctata</i>	27	erhöhte Mortalität	G	K
Ephemeroptera				
<i>Ephemera</i>	18	kein Einfluß		K
<i>Sarcophaga</i>	16	kein Einfluß		M
<i>Ephemera</i> (Ephemera) sp.	12	kein Einfluß	X	K
<i>Ephemera</i> (Ephemera) spp.	12	kein Einfluß	X	K
<i>Ephemera</i> (Druncella) sp.	12	kein Einfluß	X	K
Cecididae				
<i>Cecid</i>	16	kein Einfluß	X	K
Leptophlebiidae				
<i>Choroterpes</i>	16	kein Einfluß	X	K
<i>Paraleptophlebia</i> sp.	12	kein Einfluß	X	K
<i>Habroptelia virens</i>	12	kein Einfluß	G	K
Polytrichidae				
<i>Ephoron</i>	16	kein Einfluß	X	K
Ephemeroptera				
<i>H. exogenia</i>	16	leicht erhöhte Drift		K
Potamothisidae				
<i>Anisopotamus</i>	16	leicht erhöhte Drift, abnehmende Dichte		K
Tricentridae				
<i>Tricentrus</i>	18	kein Einfluß		K
<i>Tricentrus</i>	16	kein Einfluß		K
Heterocleon	16	abnehmende Dichte		K
Callibaetis spp.	20	kein Einfluß		K
20	kein Einfluß			K
ODONATA				
allg.	10	kein Einfluß (D)		K
Calopterygidae spp.	24	kein Einfluß (D)		K
Coenagrionidae	24	abnehmende Dichte		K
<i>Ischnura elegans</i> *	26	kein Einfluß	X	K
Aeshnidae				
<i>Aeshna</i>	24	kein Einfluß	X	K
<i>Libellula</i>				
<i>Libellula</i>		kein Einfluß	X	K
PLECOPTERA				
Larven	10	kein Einfluß (D, M)		K
Nemouridae				
<i>Nemoura</i> sp.	12	kein Einfluß	X	K
<i>Amphimeria wul</i>	23	sehr leicht erhöhte Drift	G	K
<i>Protonotaria completa</i>	19	kein Einfluß		K
<i>Thermonectus basillaris</i>	20	kein Einfluß		K
Hydroptilidae				
<i>Hydroptilus ovatus</i>	37	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
<i>Coelambus impressopunctatus</i>	37	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
<i>Hydropterus palustris</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Hydropterus inaequalis</i> *	4	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
Colymbetidae				
<i>Rhyacium consp. pulv</i>	37	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
<i>R. pulv. var. *</i>	36	kein Einfluß	X	K
<i>Hydropsyche fuliginosa</i> *	36	kein Einfluß	X	K
Hydrobiidae				
(Larv.)	18	kein Einfluß		K
15	Dezimierung im 3. Jahr		L	
(Adult)	18	kein Einfluß		K
<i>Hydrophilus coraboides</i> * (Larv.)	36	kein Einfluß	X	K
<i>H. triangulatus</i>	20	kein Einfluß	G	K
<i>Prosternus lateralis</i>	20	kein Einfluß		K
<i>Hydrophilus fuscipes</i> *	37	erhöhte Mortalität & leichte Mortalität	X	K
36	erhöhte Mortalität		X	K
<i>Anacarsus globosus</i> *	36	leicht erhöhte Mortalität	X	K
Halipidae				
<i>Halipid</i>	18	kein Einfluß	X	K
Helophoridae				
<i>Helophorus</i>	20	kein Einfluß	X	K
Berocidae				
<i>Berocus</i> sp.	16	kein Einfluß	X	K
<i>B. styliferus</i>	20	kein Einfluß	G	K
<i>B. signatellus</i> *	36	erhöhte Mortalität	X	K
Elmidae				
(Larv.)	10	kein Einfluß (D, M)		K
12	kein Einfluß			K
(Adult)	18	kein Einfluß (D, M)		K
18	kein Einfluß (D, M)			K
<i>Sialis</i>	16	abnehmende Dichte	X	K
<i>Opatronus</i>	16	kein Einfluß		K
<i>Duberophia</i>	16	kein Einfluß		K
Psephenidae				
<i>Psephenus</i>	10	kein Einfluß (D)	X	K
16	kein Einfluß		K	
HYMENOPTERA terrestrisch				
<i>Trichogramma cacoeciae</i>	32	keine sign. Verminderung der Parasitierungsleist., kein Einfluß (M)	X	K
<i>Apis mellifera</i> *	32	kein Einfluß (M)	X	K
36	kein Einfluß		K	

Arten	Nr.	Ergebnis	V	D
CRUSTACEA				
Anotaca	14			M
<i>Siphonophores grubei</i> *	38/6	kein Einfluß (M) im Freiland leiw. erhöhte Mortalität im Labor erhöhte Mortalität deutlich erhöhte Mortalität	X	K
Copepoda				
<i>Cyclops</i> sp.	37	kein Einfluß	X	K
37	kein Einfluß (M)			K
<i>C. vernalis</i>	14	kein Einfluß	G	K
<i>C. abyssorum profundus</i> *	7	kein Einfluß	G	K
<i>C. stercoratus</i> *	26	kein Einfluß	G	K
<i>Eucyclops macrurus</i> *	7	kein Einfluß	X	K
<i>E. serrulatus</i> *	7	kein Einfluß	X	K
<i>Acanthocyclops robustus</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Eudaptomus vulgaris</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Megacyclops vernalis</i> *	7	kein Einfluß	X	K
<i>M. leukarti</i> *	7	kein Einfluß	G	K
NEMATODA				
allg.	16	kein Einfluß		K
<i>Turbatrix caeca</i>	33	erhöhte Mortalität, abnehmendes Populationswachstum	X	K
ROTATORIA (RÄDERTIERCHEN)				
allg.	9	kein Einfluß (M)		K
<i>Rotifera cochlearis</i>	7	kein Einfluß	X	K
<i>Lecane luna</i>	7	kein Einfluß	X	K
<i>Brachionus calyciflorus</i>	1	kein Einfluß	X	
PLATHELMINTHES				
Plasmodidae	16	abnehmende Dichte (DTI?)	X	K
Turbellaria				
<i>Acanthamoeba</i> sp. *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Dugesia tigrida</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Boltonia sustosa pinnatifida</i> *	1	kein Einfluß	X	
CMIDARIA				
<i>Hydra</i> sp. *	1	kein Einfluß		X
MOLLUSKA				
Gastropoda	14			X
15	kein Einfluß			M
<i>Bathymphalus contortus</i>	37	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
<i>Galba palustris</i>	37	kein Einfluß	X	K
37	kein Einfluß		K	
36	kein Einfluß		K	
<i>Planorbis planorbis</i>	37	kein Einfluß	X	K
4	kein Einfluß		K	
36	kein Einfluß		K	
<i>Physa acuta</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Aplexa hypnorum</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Anisus leucostomus</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Hippemis complanata</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Valvata cristata</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>V. piscinalis</i>	37	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
<i>Lymnaea stagnalis</i> *	4	kein Einfluß	X	K
<i>Bithyia</i>	16	kein Einfluß		K
<i>Pisidium</i> sp. *	36	kein Einfluß	X	K
PISCES				
<i>Salvelinus fontinalis</i> (Bru)	29	erhöhte Mortalität	X	K
18	kein Einfluß		K	
(Bru)	41	veränderte Beweglichkeit, erhöhte Mortalität bei sehr hohen Konzentrationen	X	K
<i>Lebistes reticulatus</i>	37	kein Einfluß		K
<i>Erax lucius</i> (Jungfische) *	36	leicht erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Cyprinus carpio</i> (Jungfische) *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Percu fluviatilis</i> (Jungfische) *	36	kein Einfluß	X	K
<i>Salmo gairdneri</i> *	36	kein Einfluß	X	K
<i>S. trutta</i>	18	kein Einfluß	X	K
41	veränderte Beweglichkeit, erhöhte Mortalität bei sehr hohen Konzentrationen		X	K
<i>Poecilia reticulata</i> *	36	kein Einfluß		K
<i>Semotilus atromaculatus</i>	18	kein Einfluß		K
<i>Ambloplites rupestris</i>	18	kein Einfluß		K
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	41	veränderte Beweglichkeit, erhöhte Mortalität bei sehr hohen Konzentrationen	X	K
AMPHIBIA				
Urodela				
<i>Triturus vulgaris</i>	37	kein Einfluß	X	K
36	kein Einfluß		K	
<i>T. cristatus</i> *	1	kein Einfluß	X	
<i>T. alpestris</i> *	36	kein Einfluß	X	K
Anura				
<i>Rana temporaria</i>	37	kein Einfluß	X	K
<i>Rana lessonae</i> *	36	leicht erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Rana zschwenckii</i> *	36	erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Bombina orientalis</i> *	36	stark erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Bufo bufo</i>	36	leicht erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Bufo viridis</i> *	36	leicht erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Bufo calamita</i> *	36	leicht erhöhte Mortalität (P)	X	K
<i>Xenopus laevis</i> *	36	leicht erhöhte Mortalität (P)	X	K
MAMMALIA				
37	kein Einfluß (Phase)		X	M
39	kein Einfluß (Mäuse, Ratten, Hasen)		X	K
2	kein Einfluß			
36	kein Einfluß			M

wenige andere reagierten (Datengrundlage s.o.). Grundsätzlich gilt, daß die Organismen im Freiland anders reagieren, da diese unter der biozönotischen Pressung stehen (entgegen dem "freiwillig gewählten" Nischenkonzept). Zudem sind im Freiland die Konzentrationen von Bti nicht kontrollierbar. Durch Drift und Wasserbewegung (auch kurzzeitig) kommt es zu Verdichtungen und Verdünnungen des Wirkstoffes, wodurch Tiere der Nicht-Zielgruppe in erhöhtem Maß geschädigt bzw. der Zielgruppe nicht in hohen Anteilen letal geschädigt werden können. Auch die Wirksamkeitsdauer von Bti im Freiland ist nicht genau bekannt, vereinfachend und beruhigend heißt es, "wird nach kurzer Zeit abgebaut" (Zersetzung durch Mikroorganismen - wo und wie?).

Die Wirkung von Bti auf Larven limnischer Insekten ist auch vom Entwicklungsstand der Larven abhängig. Larven der Stadien 1 u. 2 reagieren deutlich empfindlicher als der Stadien 3 und 4. Der Einsatz mit höheren Dosen, gezielt gegen Stechmückenlarven der Stadien 3 u. 4 eingesetzt, schädigt somit auch juvenile Larven etwa der Chironomidae (YIALLOUROS et al. 1999). Damit wird die Aussage relativiert, daß im letzten Larvenstadium (4.) der Bti-Wirkstoff bei *Aedes*-Larven 3-10, 13-75, 10-200 mal empfindlichere Reaktionen (Mortalität) auslöst als bei der Zuckmücke *Chironomus thummi thummi* im gleichen Stadium (ALI 1981, SCHNETTER et al. 1981, MORAWCSIK 1983). Orthocladinae unter den Chironomidae (bei *Psectrocladius psilopterus*, nicht generell) sollen noch weniger empfindlich reagieren. FILLINGER (1998) erwähnt eine um 10-200 fache höhere Sensibilität von *Aedes*-Larven als von Chironomiden-Larven (Laborversuche), obwohl nur 4 Arten von ihr näher untersucht worden sind. Bei gleichzeitiger Präsenz von 3. und 4. Larvenstadien der Gattung *Aedes* (Culicidae) und 1. + 2. Larven von Chironomini-Larven werden diese bei Einsatz von Bti-Wirkstoff gleichermaßen letal geschädigt.

Bei geringer Larvendichte wirkt Bti effizienter als bei hoher Dichte, darum werden bei hoher Culiciden-Larven-Dichte die Konzentrationen erhöht. Geraten diese hohen Bti-Wirkstoffkonzentrationen in dünn-besiedelte Bereiche ist die mögliche Schadwirkung auf non-target-Organismen deutlich höher. Auch die Anzahl filtrierender Organismen verringert die Wirksamkeit auf Stechmücken und zwingt bei Bekämpfungsmaßnahmen zur Erhöhung der Konzentration. Detritivoren nehmen Bti durch tote organische Substanz auf, Wirkungen sind kaum darstellbar (s.o.). Applikation von Bti an Wasserpflanzen, Versuche mit lebendem Pflanzenmaterial und Zuckmückenlarven, zeigten eine um 100fach stärkere Mortalitätsrate. Auch Abhängigkeiten von der Pflanzendichte sind bekannt, bisweilen kommt es durch Bindung von Bti an Pflanzen zu Konzentrationsverlusten.

2.4 Problematik der Trägersubstanzen

Besonders die Reaktion von Wirbeltieren (Fische + Amphibien) auf Bti wird immer wieder auf die Trägersubstanzen zurückgeführt (MORAWCSIK 1983). Hierbei handelt es sich um Laborversuche mit unterschiedlichen Beimengungen. Demgegenü-

ber weisen FORTIN et al. (1986) und WIPFLI et al. (1984) erhöhte Mortalitätsraten und Verhaltensänderungen bei der Brut des Bachsaiblings und anderer Fische nach, die nicht auf das Bindungsgranulat mit dem Wirkstoff zurückgeführt werden können.

Trägersubstanzen im Freiland sind Eis und Öl, wobei ersteres nicht überall zum Einsatz kommen kann (Handapplikation). Der Einsatz mit abbaubarem Öl führt zu einer Abdichtung der Wasseroberfläche und damit zu einer starken Einschränkung des Atemgasausstausches. Das Atmen atmosphärischer Luft an der Wasseroberfläche, auf das zahllose Wasserorganismen angewiesen sind, wird eingeschränkt. Verluste in der Biozönose sind hier unvermeidlich. Zudem kommt es zu einem erhöhten Nährstoffeintrag ins Gewässer (s.u.). Bindung des Granulats mit dem Bti-Wirkstoff an Sand führt zu einer Konzentrationserhöhung des Wirkstoffes in tieferen Wasserschichten und zur Gefährdung der dort lebenden Nicht-Zielorganismen. Die Zielgruppe der Culiciden-Larven halten sich bevorzugt an der Wasseroberfläche auf, wo das Agens wirken sollte. Defizite hier müßten wiederum durch Konzentrationserhöhungen ausgeglichen werden, die folgend zu Schädigungen von non-target Organismen führen würden.

3. Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft

3.1 Reaktionen bei räuberischen Organismen

Bei der Durchsicht der Dokumentationen zur Schädigung von 'non-target-organisms' fällt auf, daß in Langzeitstudien (HERSHEY et al. 1998) nicht nur Filtrierer geschädigt werden, sondern auch räuberische limnische Insektenlarven (räuberische Chironomidae, Wasserkäfer-Larven). Nach Aussagen der Betreibergesellschaft KABS, ist dies nicht möglich, da der Wirkstoff nur von filtrierenden Organismen aufgenommen wird und anderen limnischen Makroinvertebraten (+ Vertebraten s.o.) entsprechende Rezeptorzellen im Darm fehlen (BECKER 1999). Genauere Untersuchungen über das Vorhandensein derartiger Rezeptoren im Mitteldarm von Nicht-Zielorganismen fehlen bisher, sieht man von einzelnen Chironomiden-Arten ab (YIALLOUROS 1999). Auf die Reaktion von Wassertieren durch Fluchtreaktion (aktive Flucht = Abdrift) auf den Einsatz von Bti-Wirkstoff wurde bereits hingewiesen. Diese Widersprüche wurden bisher verdrängt.

Vergleicht man die Ergebnisse mit den Einsatzmethoden im Pflanzenschutz (Agrarbezug) bei bt- gentechnisch verändertem Mais, so zeigt sich, daß neben dem Schädling selbst (Maiszünsler) auch Räuber wie Florfliegen geschädigt werden (Langzeituntersuchungen). Die Pflanze produziert selbst das Endotoxin des *Bacillus thuringiensis* - Stammart auch von *B. thuringiensis* var. *israelensis* - gegen den Schädling. Nicht letal geschädigte Larven anderer Freißende der Kulturpflanze (Mais), die durch Ausfall der Primärkonsumenten (Maiszünsler - Schädling und Zielorganismus) sich überoptimal entwickeln, werden von Räufern gefressen, worauf diese sterben (HILBECK 1999)! Obwohl als Wirkstoff ausschließlich das Endotoxin der Stammart *Bacillus thuringiensis* (Bt) ermittelt wur-

de, wie es von Bti bei der Schnakenbekämpfung ausgebracht wird, sind bisher keine direkten kausalen Zusammenhänge bekannt. Die Befürworter der genetisch veränderten Kulturpflanzen durch Einbringung eines Genoms der BT sind bezüglich der Unbedenklichkeit des Einsatzes inzwischen sehr skeptisch und zurückhaltend geworden (s. Tagung der DGaE in Basel 1999).

3.2 Einfluß auf die Biozönose (Sekundäreffekte)

Der Verlust von Anteilen der Biozönose (Primäreffekte) wirkt sich auf das gesamte Gefüge aus (Sekundäreffekte). Würden alle Stechmücken getötet, was nicht der Fall ist, da auch diese unterschiedlich (Letalitätsrate, Zeitfaktor, Verdriftung) auf den Bti-Einsatz reagieren, käme es bei Fehlen großer Mengen von Filtrierern zur Überpopulation von Algen. In den meist isolierten und ephemeren Kleingewässern käme es folglich zur Eutrophierung der vermehrt absterbenden organischen Substanz (Algen + tote Mückenlarven). In diesen siedeln sich erneut vermehrt Stechmücken an (ideale Brutgewässer). Mobile Reduzenten der Stechmückenlarven haben dann den Lebensraum verlassen, ihre Rückkehr verzögert sich nach wieder vorhandenem Nahrungsangebot. In Gewässern mit einer entsprechenden Prädatorendichte kommt es in der Regel nicht zu einer Massenvermehrung der Culicidae (s.a. FILLINGER 1998), verzögert sich deren Rückkehr, führt dies zur Optimierung der Stechmückenpopulation. Eine sog. Plage wird dadurch eher gefördert als eingeschränkt und erneut muß eine Bekämpfungsmaßnahme eingesetzt werden bzw. wird gefordert! Bei *Aedes*-Arten, die auf dem feuchten Boden potentieller Überflutungsflächen die Eier deponieren, sind diese dem Zugriff der Predatoren im Gewässer entzogen. Die Überoptimierung der Larven erfolgt hier durch die hohen Nährstoffgehalte im Brutgewässer. Überlebende einer Bekämpfungsmaßnahme (keine Gleichverteilung des Wirkstoffes) werden durch das Angebot an Algen und Bakterien hier besonders gut konditioniert (hohe Reproduktionsrate und entsprechende Besiedlung neuerlich überstauter Bereiche).

Unter naturnahen Bedingungen dienen die Larven wie Imagines vielen anderen Organismen als Lebensgrundlage. Halsringuntersuchungen beim Teichrohrsänger in der Schweiz haben ergeben, daß seine Nahrung zu 53 % aus Dipteren besteht, 49 % Nematocera und 30 % Culicidae (Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg 1997). Ebenso dienen die erwachsenen Stechmücken anderen Vögeln (Limicolae, Enten, Schwalben, Blaukehlchen, Feldschwirl, Nachtigal, Dorngrasmücke u.a.) wie auch Libellen, Amphibien und Fledermäusen als Nahrung, zu Schwärmzeiten als Hauptnahrung. So ist die einzige Population der extrem gefährdeten Kl. Hufeisennase auf der Insel Herrenchiemsee auf das Vorhandensein von schwärmenden Mücken angewiesen. Eine jüngst wiederentdeckte Fledermaus aus Mitteleuropa aus der Gattung *Pipistrellus* (Zwergfledermäuse) erhielt als Namen auf Grund der Nahrungsgewohnheiten den Namen "Mückenfledermaus" (*Pipistrellus pygmaeus* (LEACH 1825), s.a. BRAUN & HAUSSLER 1999). Die Bedeutung der Culiciden-

Larven als Nahrungsgrundlage zeigt sich bei Fischen, so nimmt eine Rotfeder in 12 Stunden 1000 Mückenlarven auf.

In Fehlzeiten von Culiciden- und Chironomiden-Larven werden von den Prädatoren (Wassermilben, Wasserspinnen, Jungfische, Larven von Libellen, Larven + Imagines von Wasserwanzen und Wasserkäfern) andere Tiergruppen als Nahrungsorganismen angenommen, die vorher verschont blieben. Der Räuber-Druck erhöht sich auf die Gesamtpopulationen. Nahrungsdefizite auf einer Seite (Verlust der Stechmückenmassen) werden von den Freißfeinden ausgeglichen, die auf andere möglicherweise besonders gefährdete und bedrohte Tiergruppen ausweichen. Auch deutliche Nahrungsdefizite und Entwicklungsstörungen von Predatoren sind nachgewiesen. Es unterscheiden sich die räuberischen Gewässerbewohner in ihrer Fähigkeit, auf andere Nahrungsorganismen ausweichen zu können. Zwischen verschiedenen Räuberarten kann es zu interspezifischen Reaktionen kommen ebenso wie intraspezifische Interaktionen zwischen Individuen einer Art, die sich um weniger Beute streiten müssen.

Populationsdynamische Einflüsse zeigt nur HERSEHEY et al. (1998) in seiner Langzeitstudie auf, die bisher einzig dasteht. Hierbei ist einschränkend hinzuzufügen, daß die hier vorgenommene Dauerbehandlung mit Bti-Wirkstoff in keiner der vorgesehenen Bekämpfungsflächen Deutschlands angestrebt wird (s.o.).

3.3 Einfluß durch Art der Applikation

Neben den Sekundäreffekten der Trägersubstanzen beinhaltet auch der Einsatz von Hubschraubern, aber auch die Handapplikation in jedem Kleingewässer gewisse Risiken. So reagieren etwa Wiesenbrüter empfindlich auf den niedrig fliegenden Hubschrauber, wobei die Einsatzzeit im Sommer eine Rolle spielt. In diesen Zeiträumen (Juli : Brut- und Fütterungszeit) führen diese meist Junge, die nach Flucht der Eltern zurückgelassen werden. Optimale Flughöhe liegt bei 20 m über dem Boden, größere Flughöhe bedingt höhere Präparatekonzentration. Handapplikationen, sollen diese effektiv sein, müssen an möglichst vielen Kleingewässern durchgeführt werden, was zu flächendeckenden Störungen führt.

4. Untersuchungen und Erfolgskontrollen

Die bereits erwähnten zum Bti-Einsatz begleitend durchgeführten Freilanduntersuchungen können in keinem Fall die Bedenken zum Einsatz ausräumen, da direkte wie indirekte Schädigungen der Glieder der jeweiligen Lebensgemeinschaft nicht ausgeschlossen werden können. So zeigen nicht nur die Langzeitstudien von HERSEHEY et al. (1995, 1998) die biozönotische Wirkung auf, sondern auch die von FILLINGER (1998). Letztere weist zwar beständig auf die vorsichtige Handhabung mit dem Bti-Wirkstoff ebenso wie auf mögliche Auswirkungen insbesondere auf Chironomiden hin, vermeidet jedoch eine direkte quantitative Auswertung und weicht auf Laborergebnisse aus. Die Sensibilität gegenüber dem Wirkstoff erscheint im Freiland

deutlich erhöht (Individuendichten, inter- und intraspezifische Reaktionen). Bei dieser Untersuchung ist die Methodik zur Erfassung der Limnofauna (Photoelektoren) ebenso ungeeignet, wie die Schöpfmethode von SIEBECK (1997) im Bereich der Überschwemmungsflächen des Chiemsees, da alle besonders mobilen meist räuberischen Organismen sich durch fehlende Emergenz oder Flucht der Erfassung entziehen. Aussagen von SIEBECK (1997), daß im Überflutungsbereich nur Stechmücken, Zuckmücken, Wasserflöhe und sehr wenige Eintagsfliegenlarven leben (betroffene Gruppen) konnten durch eigene Aufsammlungen widerlegt werden. So fanden sich in Überschwemmungsbereichen im Einzugsbereich des östlichen Chiemseeufers, die im Jahre zuvor (1997) mit Bti-Wirkstoff (Hubschraubereinsatz) behandelt wurden, eine weitaus größere Artendichte, als die Begleituntersuchung von SIEBECK (1997) gefördert hat (Tab. 2). In den Riedzonen zeigt sich eine ausgeglichene Lebensgemeinschaft in der die Prädatoren die Mückenpopulationen regulieren. Demgegenüber sind flache Pfützen im Umfeld landwirtschaftlicher Anwesen von Stech- und Zuckmücken deutlich dominiert (Probenahmegewässer 6 und 7). Eine Bestandsaufnahme der Limnofauna im Ampermoos, nördlich des Ammersees nach den Pfingsthochwasserständen 1999 (BURMEISTER 1999) zeigte ähnliche Verhältnisse, vor allem aber waren die Gewässer nur sehr gering mit Stechmücken besiedelt, für die eine Bekämpfung mit Bti vorgesehen wurde.

Die Ausführungen der Arbeitsgemeinschaft für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg (1997) sowie die Untersuchungen von FILLINGER (1998) zeigen deutlich, daß auch Vergleiche zwischen verschiedenen Lebensräumen etwa den Rheinauen und dem Einzugsbereich des Bodensees nicht möglich sind. Auf der einen Seite dominieren Waldhabitate im Überschwemmungsbereich mit weitgehend definierbaren Wasserflächen, die in Seeüberschwemmungsflächen oder Grundwasserdruckgewässern mit offenen Seggenrieden oder Röhrichten fehlen. Darum lassen sich Erfahrungen mit Bekämpfungsmaßnahmen ebenfalls nicht übertragen. Diese liegen im Bereich des Chiemsees, in dessen Einzugsgebiet 1997 eine Bekämpfung stattfand, nicht vor, da die Begleituntersuchungen in keiner Weise den Ansprüchen genügen (Vergleich der Teilbereiche s. FILLINGER 1998). Aus diesem Grund sind Bekämpfungsmaßnahmen ohne Kenntnis der betroffenen Lebensgemeinschaft strikt abzulehnen, die "Vorschläge zur Optimierung der Bekämpfungsstrategie im Hinblick auf eine größtmögliche Schonung der Chironomidenzönosen" (FILLINGER 1998) weisen auf die Problematik im bisher bestuntersuchten Bereich hin.

Erfolgskontrollen zur Eindämmung der Culiciden nach Bti-Behandlungen sind bisher nur im Gewässer als Siedlungsraum der Larven durchgeführt worden, nicht jedoch durch Stichaktivitätsmessungen (vorher - nachher). Erst diese könnten Erfolg signalisieren und in den betroffenen Regionen die große Bedeutung der überall vorhandenen Hausmücken (*Culex* sp.) relativieren. Für die Bevölkerung ist Stechmücke = Stechmücke nicht jedoch für die Besiedlung der Überschwemmungsbereiche

von Seen und der Auwaldzonen. FILLINGER (1998) zeigt in den Untersuchungsjahren 1995-1997, daß die Dynamik in den hydrologischen Bedingungen dermaßen gravierend sind, daß sich weitgehend eine Culiciden-Bekämpfung erübrigt hat. Zudem wird gefolgert, daß diese Dynamik größer war als die Wirkungen durch Bekämpfungsmaßnahmen (Ausfall von Populationsanteilen), eine sehr gewagte Feststellung, da selbst nach kleinräumiger Bti-Ausbringung (Tests) einzelne Arten ausgeblieben sind. Hierbei wird auch nur die Quantität gegeneinander abgewogen, nicht die Qualität. Letztere kann bei fehlenden Kontrollstudien unerkannt zum Ausbleiben seltener Faunenelemente führen.

Eine konsequent begleitende Untersuchung zur Ermittlung der Limnofauna in den mit Bti-Wirkstoff zu behandelnden Gewässern mit Konzentrationsmessungen und begleitender Kontrollhebung sowie der Bestimmung der Mortalitätsraten aller Organismen, der Reaktion auf den Ausfall der Mückenlarven der übrigen Organismen der Kleinlebensräume über einen größeren Zeitraum hinweg, der Beobachtung des Verhalten dieser Tiere (Freßaktivität, Häutungsabläufe, Verpuppung, Emergenz, Reproduktionsfähigkeit) im Freiland fehlen bisher vollständig.

5. Naturschutz und natürliche Vorbeugung

5.1 Einsatz in Schutzgebieten

Schutzgebiete dienen dem Erhalt der ansässigen Lebensgemeinschaft, d.h. aller seiner Mitglieder. In Naturschutzgebieten und geschützten Landschaftsteilen hat die Erhaltung der gerade für diese jeweils typischen Artengemeinschaft oberste Priorität. Hierzu gehören auch die zeitweise dichten Mückenpopulationen. Entgegen anderslautenden Äußerungen ist in den Ökosystemen die Bedeutung jedes Gliedes nicht bekannt und auch nicht voraussehbar. Dennoch ist das Potential abzuschätzen, so auch das der Mücken als Nahrungsgrundlage für zahlreiche andere Arten. Die zur Diskussion stehenden (1999) Gebiete im Überschwemmungsbereich des Chiemsees, des Simsees, der Auzonen an der Amper, dem Ausflußbereich des Ammersees etc. besitzen alle landesweite Bedeutung. Zudem wird ein Großteil dieser Areale besonders auf Grund seiner Naturnähe geschätzt, in dem die anthropogenen Beeinflussungen so gering als möglich erfolgen. Die Bekämpfung eines Teils der dort ansässigen Lebensgemeinschaft mit unvorhersehbaren Folgen für deren Gesamtheit widerspricht den Schutzziele und zeigt auch deutlich ethische Unvereinbarkeiten auf.

Schutzgebietsgrenzen sind künstlich und beinhalten meist keine ausreichenden Pufferzonen. Darum unterliegen diese Gebiete einem erhöhten Invasionsdruck, da naturnahe Lebensräume außerhalb fehlen und die Tiere und Pflanzen zunehmend ihre angestammten Lebensräume aktiv oder passiv verlassen und in den Schutzräumen Fuß zu fassen versuchen. Dies gelingt meist durch die bereits vielfach geschwächte angestammte Schutzgebietenbiologie.

Der Einsatz von Bti-Wirkstoff war bisher in den Überflutungsbereichen der Seen (Chiemsee), die mit dem See direkt in Kontakt stehen untersagt (Umweltministerium, LfU, LWW), da hier die Fischbrut sich entwickelt und die Mückenlarven wesentlichste Nahrungsgrundlage darstellen, aber auch die Fischbrut nachweislich durch Bti-Wirkstoff (Trägersubstanzen?) geschädigt wird. Der Einsatz in Naturschutzgebieten (Zuständig: Oberste u. Obere Naturschutzbehörde) sollte sich von selbst verbieten, da der Einsatz hier eine grundsätzliche Störung (Eingriff) in die zu schützende Biozönose darstellt (Schutzgebietsverordnung). Auch die ehemaligen 6 D Flächen (zuständig: Landratsamt) haben in ihren Zielen den Schutz der Lebensgemeinschaft eingebunden! Der Einsatz von Stechmücken-Bekämpfungen mit Bti führt in jedem Fall zu einer Beeinträchtigung des Lebensraumes in seiner gesamtheitlichen Funktion bzw. der Lebensgemeinschaft. Auf Grund des fixierten Status der FFH-Gebiete ist darum ein Einsatz dort ein eklatanter Verstoß gegen den Schutz und damit zur europaweit formulierten Konvention. Es sollte in keinem Fall zur Gewohnheit werden, daß wir den Verlust von Arten oder Individuenreichtum als Bausteine einer Lebensgemeinschaft billigend in Kauf nehmen. Ausnahmetatbestände von diesen Regelungen sind nicht zu erkennen, da Personen selbst Praeventionen gegen Stechmücken ergreifen können (s.u.). Ausfälle im Tourismus, der in gefährdete Räume expandiert ist, können nicht Bekämpfungen begründen ("Zuerst war die Mücke und dann der Mensch"!).

Der erpresserische Versuch in der Aussage, "nur wenn die Naturschutzgebiete (am Chiemsee) in die Bekämpfungsmaßnahme einbezogen werden, hat die gesamte Maßnahme überhaupt nur eine Erfolgsaussicht" ist grundsätzlich abzulehnen. Wird die Bastion des Naturschutzes und seines Auftrages aufgeweicht, werden zukünftig andere Interessengruppen die Zielvorgaben des Naturschutzes bestimmen. Im Bereich des Bodensees, der ähnlichen Bedingungen wie die Seen im bayer. Voralpenland unterliegt, wurde nach Stellungnahmen eine Bekämpfung ausgesetzt.

Es erscheint als Widersinn, wenn der Freistaat Bayern auf Grund der Nicht-Einhaltung der FFH-Richtlinie zur Ausweisung von Schutzgebieten gegenüber der EU eine Strafe in Kauf nehmen muß, gleichzeitig aber den Schutzstatus der zu wenigen Schutzgebiete durch Zulassung von Bekämpfungsmaßnahmen aufweicht. Zudem findet Naturschutz vor der eigenen Haustüre statt nicht vor der des Nachbarn!

Ein Aspekt, der bisher in den Diskussionen nicht aufgegriffen worden ist, ist die Bedeutung der Stechmücken für den Schutz der Lebensräume wie Auwaldgebiete und Überschwemmungsflächen, Kleinseggenriede und Röhrichte, die besonders gefährdet und schützenswert sind. Die Stechmücken verhindern den zu starken Besucherstrom in die Schutzgebiete und sorgen so mit für den Erhalt der Biozönose. Gleiche Schutzfunktion geht von den stechenden Tsetse-Fliegen für die Savannengebiete Ostafrikas aus (z.B. Serengeti).

5.2 Praeventionen

"Haben die Stechmücken oder die Menschen ihr Territorium ausgedehnt oder ihr Verhalten geändert?" Gerade in jüngster Zeit führen Wohngebietsausweisung (billiger Grund), Freizeittourismus zu jeder Zeit an jedem Ort (Machbarkeitswahn !), bis zur Installierung von Biergärten und Zeltplätzen in "gefährdeten" Gebieten zu einer Konfliktsituation. Im Nachhinein nach der Etablierung neuer Tourismuszentren in bisher gemiedenen Gebieten werden Wirtschaftsinteressen geltend gemacht, die eine Bekämpfung der ansässigen Plagegeister fordern. Das Standbein Tourismus in Gebieten mit vermehrtem Auftreten von Stechmücken ist und bleibt ein Risiko und Einbußen im stets geförderten Tourismus sind mit dem zeitweisen Massenwechsel der Culiciden korreliert. Präventionen wie Fliegengitter, Trockenlegung von Sommerpfützen, Verhinderung von Eutrophierung in gefährdeten Gewässern (Düngereinschränkung), Vermeidung offener Kleingewässer im Wohnbereich (Culiciden - *Culex* sp. gerade auch hier häufig), Abdeckung von Regentonnen, Duftkerzeneinsatz und Aktivitätsminderung von Personen gegen abend sind offensichtlich in Vergessenheit geraten (Einschränkungen des Machbarkeitswahn). Auch die Freilandhaltung von Rindern hat einen mäßigenden Einfluß auf die Flug- und Stichaktivität der Stechmücken. Die Wahl von touristisch genützten Arealen als potentielle Kontaktzonen zwischen Mensch und Plagegeist sollte sehr viel gründlicher erfolgen. Die Massenwechsel selbst in besonders belasteten Zonen wie den Rheinauen zeigen, daß es keine Kontinuität der Kalamitäten gibt und darum auch nicht von einem Dauerzustand gesprochen werden kann (FILLINGER 1998).

5.3 Gesundheitliche Probleme

Nach einhelliger Meinung der Mediziner bestehen keine gesundheitlichen Risiken durch Stechmücken (ASPÖCK 1996). In unseren Breiten sind Massenstiche nicht bekannt (s. Skandinavien), die durch Fremdeiweißreaktionen zum anaphylaktischen Schock führen können. Die Möglichkeit der Übertragung von Arboviren ist verschwindend gering. Auch "Tropenkrankheiten" wie Malaria oder Gelbfieber, Malaria bis Anfang dieses Jahrhunderts noch in Deutschland verbreitet (keine Bekämpfung aber Ausrottung !), sind unwahrscheinlich, da ein Reservoir infizierter Personen vorhanden sein muß. Allergische Reaktionen sind wie bei allen Natur- und Kunststoffen nicht auszuschließen. Allergiker sollten demnach bestimmte Verhaltensmaßnahmen beachten bis hin zur Wahl des Wohnortes. Besonders hervorzuheben sind hier jedoch Simuliidenstiche, die vielfach fehlinterpretiert werden. Die Antikörperreaktionen nach Stichen erhöhen bei einem Großteil der Bevölkerung eine Immunreaktion mit Desensibilisierung. Die Vision von Gesundheitsgefahren rechtfertigen in keiner Weise eine Bekämpfungsmaßnahmen.

4. Abschließende Bemerkungen

Die Möglichkeit der Bekämpfung von Stechmücken mit spezifischen Mitteln, die ausschließlich Stechmücken-Larven abtöten, wobei die Wir-

kung auf die übrige Fauna vielfach verschwiegen wird, setzt die Hemmschwelle gegenüber einer Zulassung der Maßnahme stark herab. Darum sollten vor jedem Einsatz die Risiken für die übrige Organismenwelt aufgezeigt und offen diskutiert werden. Die Einflüsse auf die gesamte Lebensgemeinschaft nach Einsatz von Bti-Wirkstoff mit den Trägersubstanzen sind nicht abschätzbar aber in jedem Fall vorhanden. Der Konflikt zwischen wirtschaftlichen Interessen vor allem in expandierenden Erholungsgebieten mit den dort ansässigen Stechmücken, die durch Überdüngung der Flächen noch gefördert werden, ist offensichtlich, zwingt allerdings zum Nachdenken. Die Konfliktzonen haben sich durch expandierende Aktivitäten im Freizeittourismus, der Siedlungsraumschließung und dem Konsumverhalten großer Personenkreise ausgeweitet. Der Dauerkonflikt 'Ökologie gegen Ökonomie' muß hier in jedem Fall entschieden werden, wobei die Ökologie bisher trotz gegenteiliger Beteuerungen immer unterlegen ist, was im gesamteuropäischen Rahmen nicht mehr billigend hingenommen wird. In die Denkphase sollte zum Schutz der Natur, die die Erholungssuchenden hier schätzen, zu der aber auch die Stechmücken gehören, eine Begrenzung des Machbarkeitswahns vorgenommen werden. Dem Streben "Alles an jedem Ort zu jeder Zeit tun zu können" muß der Schutz der Natur übergeordnet sein. Die Stechmücken, Lebensgrundlage zahlloser Glieder der natürlichen und naheliegenden Lebensgemeinschaft haben ihren Platz im Gesamtgefüge, vernichten wir sie auch nur lokal, verzichten wir auf einen Teil unserer Lebewelt. Bekämpfungen führen vielfach zur Massentwicklung gerade des Organismus, den es zu bekämpfen galt, da die Regulatoren mit vernichtet wurden. Da im gemäßigten Mitteleuropa von den Stechmücken kein Gesundheitsrisiko ausgeht ist eine Akzeptanz unter Wahrung von Vorbeugungen gegen die Stichaktivität, vom Verzicht auf übermäßige Düngung bis zum Fliegengitter vor dem Fenster, möglich.

6. Literatur

- ALI, A., (1981): *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* against Chironomids and some non-target aquatic Invertebrates.- J. Invert. Pathology 38, 264-272.
- ANONYMUS, (1999): Schlechte Nachrichten - Gefährliche Bakterie . - Illustrierte Wissenschaft 9 (1999), 15.
- ASPOCK, H., (1996): Stechmücken als Virusüberträger in Mitteleuropa.- Nova Acta Leopoldiana NF 71 (292), 37-55.
- BACK, C.; J. BOISWERT, J.O.; LACOURSIERE, G.; CHARPENTIER, (1985): High-dosage treatment of a Quebec stream with *Bacillus thuringiensis* Serovar. *israelensis*- efficacy against black-fly-larvae (Diptera: Simuliidae) and impact on non-target insects.- Canadian Entomologist 117, 1523-1534.
- BECKER, N., (1993): Wissenschaftliches Begleitprogramm zur biologischen Stechmückenbekämpfung (für Hessen).- 1993 unpubliziert.
- BECKER, N., (1997): Microbial Control of Mosquitoes: Management of the Upper Rhine Mosquito Populations as a Model Programme.- Parasitology Today 13 (12), 485-487.
- BECKER, N., (1999): Einsatz von Bti-Präparaten zur Stechmückenbekämpfung aus der Sicht der KABS.- Vortrag - 2. Simsee-Konferenz, Stephanskirchen, 22.10.1999.
- BECKER, N.; P. GLASER,; H. MAGIN (1996): Biologische Stechmückenbekämpfung am Oberrhein. 20 Jahre Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage.- KABS Ludwigshafen, Selbstverlag, 128 pp.
- Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Freiburg (1997): Stechmücken am Bodensee - Stellungnahme zum Bekämpfungskonzept.- unveröffentlichter Bericht.
- BRAUN, M. & U. HAUSSLER, (1999): Funde der Zwergfledermaus-Zwillingsart *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1925) in Nordbaden.- Carolina 57, 111-120.
- BURMEISTER, E.-G., (1999): Nach der Hochwasserkatastrophe die Mückenplage? - Haben wir es verlernt mit "Insektenplagen" umzugehen? - Der Kernbeißer (LBV) Heft 99 (2), 24-25.
- _____ (1999): Einsatz von Bti-Präparaten zur Stechmückenbekämpfung aus der Sicht des Naturschutzes.- Vortrag - 2. Simsee-Konferenz, Stephanskirchen, 22.10.1999.
- _____ (1999): Stechmückenbesiedlung in Restgewässern des Ampermooses nördl. Inning a.Ammersee (Bavaria) nach dem Pfingsthochwasser 1999 (Diptera, Culicidae).- Ber. ANL (23, S.145-152).
- _____ (2000): Stechmücken, mit Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) bedenkenlos bekämpfen? - Naturschutzarbeit in Mecklenburg-Vorpommern 43 (2), 48-55.
- CHARLES, J.-F.; H. de BARJAC, (1981): Histopathologie de l'action de delta-endotoxine de *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* sur les larves d'*Aedes aegypti* (Dipt. Culicidae).- Entomophaga 26, 203-212.
- CHARLES, J.-F.; H. de BARJAC, (1983): Action des cristaux de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sur l'intestin moyen des larves de *Aedes aegypti* L., en microscopie électronique.- Ann. Microbiol. (Ist. Psteur), 134A, 197-218.
- ELLAR, D.J.; B.H. KNOWLES, F.A. DROBNIEWSKI, M.Z. HAIDER, (1986): The insecticidal specificity and toxicity of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxine may be determined respectively by an initial binding to membrane-specific receptors followed by a common mechanism to cytolysis. In: SAMSON, VALK, PETERS (eds.): Fundamental and Applied Aspects of Invertebrate Pathology, Proceedings of the 4th Int. Colloquium on Invertebrate Pathology, Wageningen, 7-11.
- FILLINGER, U. (1998): Faunistische und ökotoxikologische Untersuchungen mit B.t.i. an Dipteren der nördlichen Oberrheinauen unter besonderer Berücksichtigung der Verbreitung und Phänologie einheimischer Zuckmückenarten (Chironomidae).- Diss. Univ. Heidelberg, 449 pp.

- FORTIN, C.D.; D. LAPONTE, G. CHARPENTIER, (1986):
Subceptibility of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) fry to a liquid formulation of *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* (Teknar) used for blackfly control. *Canad. J. Fisheries and Aquatic Sciences* 43, 1667-1670.
- GILL, S.S.; E.A. COWLES, P.V. PIETRANTONIO, (1992):
The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 615-636.
- HERSHEY, A.E.; L. SHANNON, R. AXLER, C. ERNST, P. MICKELSON, (1995):
Effects of methoprene and Bti on non-target insects. - *Hydrobiologia* 308, 219-227.
- HERSHEY, A.E.; A.R. LIMA, G.J. NIEMI, R.R. REGAL, (1998):
Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* (BTI) and Methoprene on non-target Macroinvertebrates in Minnesota Wetlands. - *Ecological Applications* 8, 41-60.
- HILBECK, A. (1999):
Agrarökologische Aspekte beim Anbau insektizider, transgener Pflanzen. - Jahrestagung der D.G.a. a.E, Basel, Vortrag (Abstract im Tagungsband S. 7).
- HOFTE, H.; H.R. WHITELEY, (1989):
Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. - *Microbiol. Rev.* 53, 242-255.
- IGLTHALER, D. (1999):
Die Auswirkungen von *Bacillus thuringiensis israelensis* auf Nicht-Ziel-Organismen - Eine Zusammenfassung und Auswertung bisher durchgeführter Untersuchungen. - Dipl.Arbeit Univ. München, 91 pp.
- JACKSON, J.K.; B.W. SWEENEY, T.L. BOTT, J.D. NEWBOLD, L.A. KAPLAN, (1994):
Transport of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and its effect on drift and benthic densities of macroinvertebrates in the Susquehanna River, Northern Pennsylvania. - *Canad. J. of Fisheries and Aquatic Sciences* 41, 295-314.
- KNOWLES, B.H.; D.J. ELLAR, (1987):
Colloid-osmotic lysis is a general feature of the mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxine with different insect specificity. - *Biochem. Biophys. Acta.* 924, 509-518.
- LUTHY, P.; F. JAQUET, C. HOFMANN, M. HUBER-LIKAC, M.G. WOLFERSBERGER, (1986):
Pathogenic actions of *Bacillus thuringiensis* toxin. - *Bacterial Protein Toxins*, 161-166.
- MOHRIG, W. (1969):
Die Culiciden Deutschlands - Untersuchungen zur Taxonomie, Biologie und Ökologie der einheimischen Stechmücken. - *Parasitolog. Schr. Reihe* 18, 260 pp.
- MORAWSCIK, J. (1983):
Untersuchungen zur Wirkung von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* auf aquatische Nontarget-Organismen. - *Siss. Univ. Heidelberg*, 114 pp.
- SCHNETTER, W.; S. ENGLER, J. MORAWCSIK, N. BECKER, (1981):
Wirksamkeit von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* gegen Stechmückenlarven und Nontarget-Organismen. - *Mitt. Dtsch. Ges. All. Angew. Entomol.* 2, 195-202.
- SCHMIDT, A., ca. (2001 - in Vorbereitung):
Die Bestandsentwicklung des Mausohrs *Myotis myotis* in Ostbrandenburg und ihre Widerspiegelung im Fledermauskastenbesatz der Region. - *Nyctalus (N.F.) Berlin* 7 (2001 ?).
- SIEBECK, O. (1997):
Kontrolle der Stechmückenlarvenbekämpfung mit dem B.t.i.-Wirkstoff im Sommer 1997 in den Überschwemmungsgebieten um den Chiemsee und wissenschaftliche Begleituntersuchungen zur Frage möglicher Auswirkungen auf andere Wasserorganismen. - 1997 unveröffentlicht.
- WIPFLI, M.S.; R.W. MERRIT, W.W. TAYLOR, (1994):
Low toxicity of the blackfly larvicide *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to early stages of brook trout (*Salvelinus fontinalis*), brown trout (*Salmon trutta*), and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) following direct and indirect exposure. - *Canad. J. of Fisheries and Aquatic Sciences* 51, 1451-1458.
- YIALLOUROS, M.; V. STORCH, N. BECKER, (1999):
Impact of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on Larvae of *Chironomus thummi thummi* and *Psectrocladius psilopterus* (Diptera: Chironomidae). - *Journal of Invertebrate Pathology* 74, 39-47.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Ernst-Gerhard Burmeister
Zoologische Staatssammlung
Münchhausenstr. 21
81247 München

Berichte der ANL 24 (2000)

Herausgeber:

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethaler Str. 6

D - 83406 Laufen

Telefon: 086 82 / 89 63-0

Telefax: 086 82 / 89 63-17 (Verwaltung)

086 82 / 89 63-16 (Fachbereiche)

E-Mail: poststelle@anl.bayern.de

Internet: <http://www.anl.de>

Die Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege ist eine dem
Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums
für Landesentwicklung und Umweltfragen
angehörnde Einrichtung.

Schriftleitung und Redaktion:

Dr. Notker Mallach, ANL

Für die Einzelbeiträge zeichnen die
jeweiligen Autoren verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen
– auch auszugsweise –
aus den Veröffentlichungen der
Bayerischen Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege sowie deren
Benutzung zur Herstellung anderer
Veröffentlichungen bedürfen der
schriftlichen Genehmigung unseres Hauses.

Erscheinungsweise:

Einmal jährlich

Dieser Bericht erscheint verspätet
im Dezember 2001

Bezugsbedingungen:

Siehe Publikationsliste am Ende des Heftes

Satz, Druck und Bindung:

Lippl Druckservice, 84529 Tittmoning

Druck auf Recyclingpapier (100% Altpapier)

ISSN 0344-6042

ISBN 3-931175-61-8