

Die biologische Stechmückenbekämpfung am Oberrhein

ANDREAS ARNOLD, ACHIM KAISER, MARTINA SCHÄFER und NORBERT BECKER

Die Stechmücken (Culicinae) gehören weltweit zu den häufigsten Überträgern (Vektoren) gefährlicher Krankheiten, wie z. B. Malaria, an der weltweit jährlich mehrere 100 Millionen Menschen erkranken. Aber auch Viren (z. B. Gelb- oder Denguefieber), sowie Fadenwürmer werden von Stechmücken übertragen.

Manche Stechmücken, insbesondere die Überschwemmungsmücken (*Aedes*-Arten), können aber auch durch ihr massenhaftes Auftreten entlang großer Flußsysteme in Europa plagerregend sein. Bis nach dem Ersten Weltkrieg war diese Plage neben dem Schmerz durch Stich- und Juckreiz sogar mit der Gefahr einer Infektion mit dem Malaria-Erreger durch den Stich einer *Anopheles*-Mücke verknüpft.

Ein Modell am Oberrhein

Obwohl die Malariagefahr mittlerweile gebannt ist, wird seit Jahrhunderten die Lebensqualität der Menschen im Oberrheingebiet ganz erheblich durch massenhaft auftretende Stechmücken geschmälert. Nachdem im Jahre 1975 die Stechmückenplage besonders groß war, gründete man auf Initiative des damaligen Landrates des Landkreises Ludwigshafen und späteren Regierungspräsidenten Dr. Paul Schädler am 11. März 1976 die „Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Stechmückenplage“ e.V. (KABS), um die Stechmückenbelästigung mit umweltschonenden und ökologisch vertretbaren Methoden auf ein erträgliches Maß zu reduzieren (BECKER et al. 1996). Heute gehören der KABS zwischen dem nördlich gelegenen Landkreis Mainz-Bingen und dem Rheingaugebiet und dem im Süden gelegenen Ortenaukreis im Süden nahezu 100 Städte und Gemeinden mit rund 2,5 Millionen Einwohnern auf beiden Seiten des Rheins an.

Der Verein hat die folgenden Organe: die Mitgliederversammlung (deren Teilnehmer die Vertreter der Mitgliedsgemeinden sind), den Verwaltungsausschuß, das Präsidium (Präsident: Dr. Paul Schädler), das Direktorium mit dem Verwaltungsdirektor (Bürgermeister Otto Reiland), und dem Wissenschaftlichen Direktor (Dr. Norbert Becker). Diesem stehen 16 fest angestellte Mitarbeiter zur Seite, die mit Hilfe von bis zu 400 hauptsächlich studentischen Hilfskräften die Bekämpfungsmaßnahmen vor Ort durchführen.

Biologie der plagerregenden Stechmücken im Oberrheingebiet

Eine Grundvoraussetzung für das Erarbeiten eines erfolgreichen Bekämpfungskonzepts ist die genaue Kenntnis der Biologie und Ökologie der vorkommenden Stechmückenarten. Die dazu notwendigen Untersuchungen wurden von den Mitarbeitern der KABS mit maßgeblicher Unterstützung durch die Universität Heidelberg in Angriff genommen.

Von den weltweit mehr als 3500 bekannten Stechmückenarten, die 38 Gattungen zugeordnet werden, gehören in Deutschland die 44 bekannten Arten den Gattungen *Aedes* (24 Arten), *Culex* (6 Arten), *Culiseta* (7 Arten), *Anopheles* (6 Arten) und *Coquillettidia* (1 Art) an (MOHRIG 1969).

Am Oberrhein treten mindestens 33 Stechmückenarten auf, darunter auch die im Jahr 1994 erstmalig in Deutschland nachgewiesene Art *Uranotaenia unguiculata* (BECKER und KAISER 1995).

Insbesondere zwei Stechmückengruppen - die Überschwemmungsmücken und die Hausmücken - sind im Gebiet der Oberrheinebene plagerregend.

Die Überschwemmungsmücken (Gattung *Aedes*)

Bei den Überschwemmungsmücken sind in Mitteleuropa besonders die *Aedes*-Arten plagerregend, deren Brutplätze temporäre Gewässer im Überschwemmungsbereich von Flüssen sind, z. B. Tümpel, die bei Hochwasser des Rheins entstehen und meist nach 2 - 3 Wochen wieder trockenfallen.

Die häufigsten Arten sind *Aedes vexans* (die Wiesenumücke), die meist mehr als 90 % der Stechmückenfauna in den Sommermonaten ausmacht, sowie *Aedes sticticus* (die Auwaldmücke). Beide zeichnen sich durch eine außergewöhnliche Massenvermehrung während hochwasserreicher Sommermonate, einen starken Wandertrieb (Wanderung bis mindestens 10 km) sowie eine ausgeprägte Stechlust aus, weshalb sie im Oberrheingebiet mit Abstand die größten Plageerreger sind. Es saugen nur die Stechmückenweibchen Blut, das für

die Entwicklung der Eier notwendig ist, während die Männchen sich meist von Pflanzensäften ernähren. Die weiblichen Mücken legen ihre Eier einzeln auf feuchtem Boden ab - an Stellen, die nach einem Hochwasser bei zurückgehendem Wasserstand langsam wieder trocken fallen. Die Eier sind sehr widerstandsfähig und können mehrere Jahre (mindestens 3 Jahre) lebensfähig im Boden überdauern.

Sobald die Eiablagegebiete der Auwald- und Wiesenumücken bei steigendem Wasserstand während der Sommermonate überschwemmt werden, schlüpfen die Larven aus und entwickeln sich, wie alle Stechmücken, über vier Larven- und das Puppenstadium zum Fluginsekt. Dabei muß die Wassertemperatur mehr als 10 °C betragen.

Sowohl die Larven als auch die Puppen sind auf Luftatmung angewiesen; sie nehmen mit Hilfe von Atemfortsätzen atmosphärische Luft an der Wasseroberfläche auf. Die Entwicklung zum Fluginsekt ist temperaturabhängig und dauert in der Regel bei hochsommerlichen Temperaturen nur etwas mehr als eine Woche.

In den Brutgewässern können sich häufig mehrere Millionen Stechmückenlarven pro Hektar Wasserfläche entwickeln und dies entsprechend der Häufigkeit der Hochwasser mehrmals in einem Sommer. Deshalb treten Mückenplagen z. B. im Oberrheingebiet besonders in heißen hochwasserreichen Sommermonaten auf.

Nach der Paarung wandern die Weibchen von *Aedes vexans* und *Ae. sticticus* auf der Suche nach einem geeigneten Wirt für die Blutmahlzeit oft kilometerweit auch in entfernte Wälder und Siedlungsgebiete, wo sie von den Menschen als Plage empfunden werden.

Bis in das Siedlungsgebiet von Heidelberg dringen diese Arten aus den Oberrheinauen nur in sehr stechmückenreichen Jahren vor. Aufgrund der Uferstruktur des Neckars finden sich dort keine adäquaten Brutstätten, so daß die Überschwemmungsmücken entlang des Neckars als Lästlinge keine Rolle spielen.

Die Hausmücke (*Culex pipiens*)

Hausmücken treten bevorzugt in oder in der Nähe von menschlichen Siedlungen auf.

Am Tag der Artenvielfalt konnten am Zoologischen Garten und am Friedhof in HD-Handschuhsheim jeweils nur wenige Exemplare von *Culex pipiens* gefangen werden.

Von dieser Art gibt es verschiedene, äußerlich kaum zu unterscheidende Rassen, von denen manche beim Menschen, andere nur bei Vögeln Blut saugen. Hausmücken

sind ausgesprochene Dämmerungs- und Nachttiere und wandern nur wenig. Sie belästigen daher den Menschen meist nur abends und nachts in oder in der Nähe von Gebäuden, tagsüber und in der freien Landschaft sind sie üblicherweise nicht lästig.

Im Frühjahr (meist im April oder Mai) verlassen die Weibchen die Winterquartiere (z. B. ungeheizte Keller Räume) und beginnen mit der Eiablage. Jedes Weibchen legt mehrere hundert Eier in einem Paket (dem "Schiffchen") auf die Wasseroberfläche. Bei der Wahl ihrer Brutplätze sind die Hausmücken wenig wählerisch (z. B. Regentonnen, Jauche- und Abwassergruben, Sickerschächte, Kanalisationen, Gullys, wassergefüllte Altreifen etc.).

Die Fiebermücken (*Anopheles-Arten*)

Stechmücken der Gattung *Anopheles* sind die alleinigen Überträger der menschlichen Malaria. Sie kommen in Deutschland zwar vor, treten jedoch nicht oder nur ganz selten als plagerregende Arten in Erscheinung. Obwohl es in Deutschland sechs *Anopheles*-Arten gibt, sind autochthone Malariafälle seit Jahrzehnten in Deutschland nicht mehr bekannt.

Am Friedhof in HD-Handschuhsheim konnte in der Nacht vor dem Tag der Artenvielfalt ein Exemplar der Art *Anopheles plumbeus* gefangen werden. Diese Stechmücke entwickelt sich bevorzugt in wassergefüllten Baumhöhlen. Im Oberrheingebiet kann in den letzten Jahren jedoch beobachtet werden, daß diese Art ihre Eier vermehrt in Jauchegruben ablegt, von denen aus die Mücken im Siedlungsgebiet auch erheblich als Lästlinge in Erscheinung treten können.

Die Wassergrundmücke (*Coquillettidia richiardii*)

Die Larven dieser Stechmückenart weisen eine Umbildung der typischen Atemröhre auf, die sie befähigt aus dem Luftleitgewebe (Aerenchym) von Röhripflanzen ihre Atemluft zu schöpfen. Die Entwicklung der Larven verläuft äußerst langsam. Die Eier werden ab Juli auf die Wasseroberfläche der Brutgewässer (z. B. schilfbestandene Seen) gelegt, wo die Larven schlüpfen und sich sofort in die Pflanzenstengel bohren. Sie überdauern den Winter als Larve und setzen ihre Entwicklung im nächsten Jahr fort, bis sie im Juli mit der Imaginalreife abgeschlossen haben. Pro Jahr entwickelt sich somit nur eine Generation. In Gegenden mit ausgedehnten Schilfgebieten kann diese Art zu einer erheblichen Belästigung führen.

Im Garten des Zoologischen Instituts konnten am Tag der Artenvielfalt 36 Exemplare dieser Stechmückenart gefangen werden. Es ist dabei anzunehmen, daß die

Tiere aus dem sogenannten „Tertiärteich“ stammen. Dieses Gewässer liegt in unmittelbarer Nähe des Institutsgartens und weist an seinem Ufer einen ausgeprägten Röhrichtbestand auf.

Die Bekämpfung der Stechmücken

Chemische Insektizide ermöglichen eine relativ einfache und ökonomische Bekämpfung fast aller Insektenarten (darunter auch Krankheitsüberträger). Aufgrund von rasch auftretenden Resistenzen wurde es jedoch bald notwendig, neue Insektizide für sehr viel Geld zu entwickeln. Neben der Resistenz waren Umweltprobleme wie Insektizid-Anreicherung in der Nahrungskette und unselektive Wirkung wesentliche Gründe dafür, daß man nach umweltverträglichen alternativen Methoden zur Insektenbekämpfung suchte. Da die KABS sich entsprechend der Satzung dazu verpflichtet hat, mit umweltverträglichen Methoden gegen die Stechmückenplage vorzugehen, wurde von Beginn an versucht, die besten Bekämpfungsmethoden in einem gemeinsamen Programm zu integrieren. Dadurch sollte zum einen die Resistenzgefahr reduziert werden. Auf der anderen Seite sollten die Bekämpfungsmaßnahmen gezielter durchgeführt werden. Dabei galt es, aus den verfügbaren Methoden jeweils diejenige auszuwählen, die in einer gegebenen Situation nicht nur hinreichend wirksam, sondern auch umweltverträglich ist.

Die Bekämpfungsaktivitäten am Oberrhein zielten von vornherein auf die im Wasser lebenden Entwicklungsstadien der Stechmücken ab, weil sie im Gegensatz zu den sich weitflächig verteilenden Fluginsekten in den Brutgewässern konzentriert vorkommen.

Im Bereich der Aktionsgemeinschaft wurden nach sorgfältiger Prüfung auf Umweltverträglichkeit folgende Methoden in einem „integrierten Bekämpfungsprogramm“ angewendet:

Die Oberflächenfilm-Methode: In den Jahren 1976 bis 1981 wurde vorwiegend Liparol als Oberflächenfilm eingesetzt. Eine Mischung aus Sojalezithin und dünnflüssigem Paraffinöl tötet als dünner Oberflächenfilm rein physikalisch Stechmückenpuppen und teilweise auch Larven des 4. Stadiums durch Ersticken ab (SCHNETTER und ENGLER 1978).

Obwohl der Oberflächenfilm relativ selektiv wirkt, zeigt er vor allem bei Überdosierung unerwünschte Nebeneffekte auf diejenigen Wasserinsekten, die an der Wasseroberfläche atmen oder leben. Wegen dieser Nachteile wird heute die Oberflächenfilm-Methode nicht mehr eingesetzt.

Die bakterielle Alternative: Als einer von vielen Vertretern von Bakterien aus der *Bacillus thuringiensis*-Gruppe, erwies sich *Bacillus thuringiensis israelensis*

(*B.t.i.*), der vom Biologen Prof. Margalit 1976 in der Negev-Wüste gefunden wurde, als mückenspezifisch (GOLDBERG und MARGALIT 1977, KRIEG 1986), weil er ganz gezielt nur filtrierende Larven der Stechmücken sowie der Kriebelmücken (Überträger der gefährlichen Flußblindheit in den Tropen) abtötet. Nur bei vielfacher Überdosierung können noch wenige andere Mücken, wie z. B. einzelne Zuckmückenarten (Chironomidae) und Tastermücken (Dixinae), getroffen werden, während alle anderen Organismen und natürlich auch Menschen nicht geschädigt werden (EMTER und MECHLER 1987).

Die gezielte Wirksamkeit von *B.t.i.* beruht auf den bei der Sporulation gebildeten Proteinkristallen, die das Protoxin enthalten. Erst im alkalischen Darmmilieu der Mückenlarven wird dieses Protoxin unter der Einwirkung von Verdauungsenzymen in das hochwirksame Toxin umgewandelt, das sich spezifisch an Darmepithelzellen der Mückenlarven anlagert und diese gezielt zerstört, wodurch die Larve - je nach der Menge des aufgenommenen Protoxins - nach wenigen Minuten bis Stunden stirbt.

Auch bei langfristiger Anwendung von *B.t.i.*-Präparaten ist in naher Zukunft eine Resistenzentwicklung wegen des komplexen Wirkmechanismus und des schnellen Abbaus des *B.t.i.*-Toxins (dadurch kein permanenter Selektionsdruck) unwahrscheinlich. Nach umfangreichen Safety-Tests und Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit von *B.t.i.* wurden die ersten kleineren Freilandversuche Ende der 70er und großflächige Applikationen Anfang der 80er Jahre nicht nur im Oberrheingebiet, sondern auch in anderen Teilen der Welt, z. B. in den USA unternommen. Seit 1981 wird von der KABS ausschließlich *B.t.i.* für die Bekämpfung der Stechmücken eingesetzt.

Flankierend zum Einsatz von *B.t.i.* werden sogen. wasserbauliche Maßnahmen vorgenommen, um die Populationen der im Gewässer vorkommenden natürlichen Freifeinde der Stechmücken (insbesondere Fische) zu schonen und zu fördern. Dazu werden temporäre Gewässer durch Austiefen in Dauer- oder semi-permanente Gewässer als Lebensraum und Laichgebiet für Fische oder für Amphibien sowie für Wasserinsekten umgewandelt. Darüber hinaus werden Stechmückenbrutgewässer durch Gräben an Fischgewässer angeschlossen.

In jedem Sommer werden von der KABS mehr als 15 000 ha Wasserfläche erfolgreich mit *B.t.i.*-Präparaten behandelt, womit die Stechmückenbekämpfer im Oberrheingebiet als Einzelorganisation zum weltweit größten Anwender der mikrobiologischen *B.t.i.*-Methode geworden sind.

Diesem Umstand trägt auch der sehr gute Bekämpfungserfolg Rechnung. Zu seiner Beurteilung

werden zum einen durch Schöpfproben vor der Behandlung sowie 24 und 48 Stunden danach die Dichte des Larvenbesatzes und die Mortalitätsrate festgestellt. Zum andern werden nach Abschluß der Bekämpfungsmaßnahmen Stechaktivitätsmessungen und Fallenfänge vorgenommen. Der Vergleich mit unbehandelten Gebieten erlaubt somit Aussagen über den Bekämpfungserfolg zu machen.

Die Messungen haben ergeben, daß in den letzten Jahren von den Mitarbeitern der KABS vor allem durch den *B.t.i.*-Einsatz mehr als 90 % der Stechmückenpopulation abgetötet wurden. Dadurch wird verhindert,

daß die Stechmücken aufgrund ihrer Massenentwicklung aus den Auwäldern in die umliegenden Gemeinden einwanderten und dort wie in früheren Jahren zur Plage wurden.

Aufgrund der ökologischen Unbedenklichkeit der *B.t.i.*-Methode kann die von der KABS im Oberrheingebiet angewandte Bekämpfungsmethode auch als Modell für manche Länder der Subtropen und Tropen dienen, in denen Stechmücken nicht nur Lästlinge wie im Oberrheingebiet sind, sondern Überträger gefährlicher Krankheiten.

Literatur

- BECKER, N., KAISER, A. (1995): Die Culicidenvorkommen in den Rheinauen des Oberrheingebietes mit besonderer Berücksichtigung von *Uranotaenia* (Culicidae, Diptera) – einer neuen Stechmückengattung für Deutschland. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 10: 407 - 413.
- BECKER, N., GLASER, P., MAGIN, H. (1996): Biologische Stechmückenbekämpfung am Oberrhein. Eigenverlag, 128.
- EMTER, O., MECHLER, B. (1987): *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*: Eine neue Waffe im Kampf gegen Stechmücken. Biologie in unserer Zeit 17: 79 - 83.
- GOLDBERG, H. L., MARGALIT, J. (1977): A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. Mosquito News 37: 355 - 358.
- KRIEG, A. (1986): *Bacillus thuringiensis*, ein mikrobielles Insektizid. Acta Phytomedica 10, Paul Parey Scientific Publishers, Berlin und Hamburg.
- MOHRIG, W. (1969): Die Culiciden Deutschlands. Parasitologische Schriftenreihe 18.
- SCHNETTER, W., ENGLER, S. (1978): Oberflächenfilme zur Bekämpfung von Stechmücken. In: DÖHRING, E., IGLISCH, I. (Hrsg.): Probleme der Insekten- und Zeckenbekämpfung. E. Schmidt Verlag, Berlin. 115 - 121.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Andreas Arnold, Dr. Norbert Becker, Achim Kaiser und Martina Schäfer, Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage e. V. Ludwigshafen am Rhein, Ludwigstraße 99, 67165 Waldsee.