

### 3.3 Einfluss der Globalisierung und Klimaveränderung auf die Stechmückenfauna Deutschlands - Stechmücken als Indikatoren für Klimaveränderung\*

NORBERT BECKER

**Einfluss der Globalisierung und Klimaveränderung auf die Stechmückenfauna Deutschlands - Stechmücken als Indikatoren für Klimaveränderung:** Die Stechmücken werden seit Beginn des 20. Jahrhunderts wegen ihrer Bedeutung als Lästlinge und für die Human-Medizin intensiv studiert. In seinem Standardwerk »Die Culiciden Deutschlands« beschreibt MOHRIG (1969) 46 Stechmückenarten. Im Beitrag werden wichtige biologische Eigenschaften und Abhängigkeiten von Temperatur und Niederschlag der heimischen Stechmücken beschrieben. Seit 1995 wurden sechs neue Arten für Deutschland nachgewiesen: Darunter sind zwei Arten, die besonders im mediterranen Raum häufig vorkommen und Wärme liebend sind. *Aedes albopictus* ist eine subtropische bis tropische Art, die ihren Ursprung in Süd-Ost Asien hat. Ihre Verbreitung könnte durch die weltweit ansteigenden Temperaturen begünstigt worden sein. *Ae. albopictus* und *Ae. j. japonicus* sind im Rahmen der Globalisierung mit Handelsgütern bzw. als »blinde Passagiere« in Kraftfahrzeugen nach Deutschland eingeschleppt worden.

*Ae. j. japonicus* hat sich in Baden-Württemberg sowie in Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen weitflächig verbreitet und gilt nun als etabliert. Die rapide Ausbreitung von *Ae. albopictus* und *Ae. j. japonicus* sowie die damit verbundenen Risiken der Übertragung von Krankheitserregern auf den Menschen, haben dazu geführt, dass die Culicidenforschung erneut im Fokus der Wissenschaft steht, um die Ausbreitung der exotischen Mücken zu untersuchen und ggf. durch geeignete Bekämpfungsmaßnahmen einzudämmen.

**The influence of globalization and climate change on the Mosquito Fauna of Germany - Mosquitoes as indicators of climate change:** Since the beginning of the 20th century the mosquitoes of Germany have been intensively studied due to their importance as nuisance and vector species. In his classic work »Die Culiciden Deutschlands« MOHRIG (1969) describes 46 mosquito species for Germany. Here the influence of temperature and precipitation on the development of mosquitoes is described. Since 1995 in the course of our research six new mosquito species are described amongst them are two species that often occur as indigenous species in the Mediterranean area due to their preference for warmer climates. *Aedes albopictus* is a subtropical or tropical species, which has its origin in South-East Asia. Its occurrence in Germany might be favored by increasing temperatures. *Aedes albopictus* and *Ae. j. japonicus* have been introduced to Germany in the context of globalization with trade goods (used tires) and as »blind passenger« in vehicles. *Ae. j. japonicus* has quickly spread and occurs nowadays in most parts of Baden-Württemberg, but also in Rhineland-Palatinate, North Rhine Westfalia and Lower Saxony. This species is now established in Germany. The rapid spread of *Ae. albopictus* and *Ae. j. japonicus*, and the related risk of transmission of human pathogens, especially of arboviruses, increased the awareness of scientists as well as health authorities to investigate the occurrence of exotic mosquitoes and to curb their further spread by immediate control measures.

Stechmücken (Culicidae) besiedeln unseren Planeten seit mehr als 100 Mio. Jahren, also gut 500mal länger als der moderne Mensch *Homo sapiens*. Die Stechmücken können nicht nur erhebliche Belästigungen erzeugen, sondern sie sind auch in weiten Teilen der Welt wichtige Überträger von Erregern, die Krankheiten wie Malaria, Dengue-, West-Nil- oder Chikungunya-Fieber oder Filariosen, wie die lymphatische Elephantiasis, hervorrufen. Sie sind mit Sicherheit die gefährlichsten Tiere für den Menschen, wenn man bedenkt, dass etwa jede Minute ein Mensch durch einen infektiösen Mückenstich stirbt – vorwiegend Kinder im Alter unter 5 Jahren durch Malaria in Afrika. Im Laufe ihrer langen Evolution haben sich die Culiciden an die Bedingungen in den unterschiedlichsten aquatischen Lebensräumen angepasst, darunter natürliche und künstliche, wenig oder stark organisch bzw. anorganisch belastete Brutgewässer. Dazu zählen extrem temporäre Gewässer entlang von Flüssen und Seen, Salzmarschen, pflanzenreiche Weiher und Tümpel, Reisfelder, aber auch viele Klein- und Kleinstgewässer wie Wasserfässer, Blumenvasen, Gullys, Jauchegruben, Altreifen oder

natürliche Baumhöhlen und Spritzwasserlöcher. Alle Stechmücken sind bei ihrer Entwicklung auf stehendes Wasser angewiesen. Dort entwickeln sie sich über 4 Larven- und ein Puppenstadium zum Fluginsekt (BECKER et al. 2010).

Die Überschwemmungsmücken (z.B. *Aedes vexans* (Meigen 1830) oder *Ae. sticticus* (Meigen 1838)) entwickeln sich in temporären Gewässern, die bei Hochwasser von Flüssen oder Seen mit Wasserstandsschwankungen entstehen. Im Frühjahr bis Frühsommer besiedeln die Entwicklungsstadien der sogenannten Waldmücken wie *Aedes cantans* (Meigen 1818), *Ae. communis* (De Geer 1776), *Ae. punctator* (Kirby 1837), *Ae. cataphylla* (Dyar 1916), *Ae. diantaeus* (Howard, Dyar and Knab 1913), *Ae. rusticus* (Rossi 1790) oder *Culiseta morsitans* (Theobald 1901) die Gräben und Senken versumpfter Erlenbruchwälder. In Mooregebieten kann man häufig azidophile Arten wie *Ae. pullatus* (Coquillett 1904) oder gelegentlich *Cs. silvestris*, (Shingarev 1928) finden, oft kommen sie mit *Cs. morsitans* vergesellschaftet vor. *Anopheles*-Arten (Fiebermücken) wie *An. messeae* (Falleroni 1926) oder *An. maculipennis* s.s. (Meigen 1818) kommen in semipermanenten und permanenten, meist pflanzenreichen

\*Eine Aktualisierung des Artikels Kap.3.2.7 im Band WARNSIGNAL KLIMA: Gesundheitsrisiken (2014).

Gewässern vor. In den Schilfrändern von Seen können Larven und Puppen der Wassergrundmücke *Coquillettidia richiardii* (Ficalbi 1889) gefunden werden, wo sie sich unterhalb der Wasseroberfläche in das Aerenchym von Pflanzen (meist Schilf) zur Sauerstoffversorgung einbohren. Regenfässer, wassergefüllte Eimer, Vasen, Gullys oder Jauchegruben sind die bevorzugten Lebensräume der Entwicklungsstadien von *Culex pipiens* s.l. (Linnaeus 1758) und *Cx. torrentium* (Martini 1925) (in meist weniger eutrophen Wasseransammlungen). Sie kommen allerdings auch in Regenpfützen, Gräben oder ähnlichen natürlichen, meist eutrophen Wasseransammlungen vor, wo sie gelegentlich mit den Entwicklungsstadien von *Cs. annulata* (Schrank 1776), *Cx. modestus* (Ficalbi 1889) oder *An. messeae* vergesellschaftet sein können. Gewässer in Salzmarschen meist entlang der Küsten können von Entwicklungsstadien der halophilen Arten *Ae. detritus* (Haliday 1833) und *Ae. caspius* (Pallas 1771) besiedelt werden.

In Baumhöhlen findet man die indigenen Arten *Ae. geniculatus* (Olivier 1791) und *An. plumbeus* (Stephens 1828) (Abb. 3.3-1). Selbst in felsigen Auswaschungen in Flussbetten kann man die Entwicklungsstadien von *Cx. hortensis* (Ficalbi 1889) oder *Cs. glaphyoptera* (Schiner 1864), finden, die dort gelegentlich mit der exotischen japanischen Buschmücke *Ae. j. japonicus* (Abb. 3.3-2) vergesellschaftet sein können.

Man kennt die Ansprüche einzelner Arten an ihren Lebensraum und die abiotischen Bedingungen sehr genau, so dass man bei dem Auftreten der Stechmücken Rückschlüsse auf den Lebensraum bzw. die abiotischen Bedingungen, wie Verschmutzungsgrad oder Azidität machen kann. Unter den Stechmücken kommen euryöke Arten vor (tolerieren sehr unterschiedliche Umweltbedingungen), wie z.B. *Culex pipiens* s.l., sowie stenöke Arten, wie *Aedes pullatus* oder *Ae. punctator*, die z.B. an anmoorige Gewässer gebunden sind. Es gibt Wärme liebende Arten, wie z.B. die häufigste Überschwemmungsmücke *Aedes vexans*, oder Kälte liebende Arten, wie *Ae. rusticus*.

Die Ansprüche an den Lebensraum sowie die Temperaturbedürfnisse entscheiden über das zeitliche Auftreten der Stechmückenarten. Man unterscheidet zwischen den Frühjahrsarten, die meist nur eine Generation im Frühjahr hervorbringen (z.B. *Ae. rusticus*, *Ae. diantaeus*, *Ae. cataphylla* oder *Ae. communis*) sowie polyzyklischen Arten, die je nach Hochwasserlage mehrere Generationen in einem Sommer hervorbringen. Die häufigsten Arten entlang von Flüssen und Seen mit Wasserstandsschwankungen sind *Aedes vexans* und *Ae. sticticus*.

Die Biologie der einzelnen Stechmückengattungen unterscheidet sich maßgeblich und ist an den jewei-

ligen Lebensraum sehr gut angepasst. Im Gegensatz zu den *Aedes*-Arten, die ihre Eier einzeln im/auf dem Substrat oberhalb der Wasseroberfläche ablegen, legen die Weibchen von *Culex*, *Coquillettidia* und *Culiseta* (Ausnahme; *Culicella*) ihre Eier in Form von Eischiffchen (oftmals mehrere hundert Eier pro Gelege) auf der Oberfläche von länger wasserführenden natürlichen und künstlichen Gewässern ab. Im Folgenden sind zwei Beispiele für die unterschiedliche Bionomie der wichtigsten Stechmückengruppen gegeben.

**Überschwemmungsmücken** (*Aedes*-Arten): Die Weibchen von *Aedes* legen in weniger als einer Woche nach der Blutmahlzeit ihre Eier oberhalb der Wasseroberfläche im feuchten Substrat von Senken z.B. im Auenwald ab. Innerhalb weniger Tage ist die Embryonalentwicklung abgeschlossen, und die Larven haben sich in den Eihüllen entwickelt. Die Larven können mehrere Jahre lebensfähig in den Eihüllen überdauern, bis sie bei Überflutung unter günstigen Bedingungen schlüpfen. Die Waldmückenlarven sprengen meist nach der Schneeschmelze oder während frühjährlicher Regenfälle bei Wassertemperaturen nur wenig über Null (ca. 2 °C) mit ihrem Eizahn die Eihülle und entwickeln sich bis etwa April in den lange wasserführenden Waldtümpeln. Meist haben die Waldmücken nur eine starke Population von Fluginsekten von April bis August.

Die Überschwemmungsmücken in Fluss- und Seen-Auen schlüpfen erst bei höheren Temperaturen (> 8 °C) aus den Eihüllen. Deren Larvenpopulationen treten je nach Hochwasserlagen von März/April bis Oktober in den temporären Gewässern auf. Sie benötigen höhere Temperaturen, um sich in kurzer Zeit über die 4 Larvenstadien und das Puppenstadium zum Fluginsekt zu entwickeln (meist dauert die Entwicklung im Wasser bei hochsommerlichen Temperaturen nur etwa eine Woche). Nicht selten können mehr als 200 Mio. Larven pro Hektar Wasserfläche gefunden werden. Nach dem Schlüpfen der Imagines wird die Kopula vollzogen, was die Blutgier der weiblichen Mücken



Abb. 3.3-1: Weibchen von *Anopheles plumbeus* (Aufnahme: Becker, KABS)

entfacht. Während männliche und weibliche Mücken von zuckerhaltigen Flüssigkeiten (z.B. Nektar) leben, benötigen die weiblichen Mücken zusätzlich eine Blutmahlzeit, um die Eientwicklung vollziehen zu können. Weibchen von *Aedes vexans* und *Ae. sticticus* können bei der Suche nach einem Wirt viele Kilometer weit wandern und auch fernab von ihren Brutstätten plageerregend auftreten. Etwa 4 Tage nach der Blutmahlzeit legen die weiblichen Mücken ihre Eier (ca. 100 Eier/Weibchen) in den feuchten Senken der Auen und Wiesen oberhalb der Wasseroberfläche ab. Im Herbst sterben die Fluginsekten; es überwintern nur die Larven in den Eihüllen in einer Schlüpfhemmung (Diapause) bis zum nächsten Frühjahr.

**Biologie der Hausmücken (*Culex pipiens*):** Von den Hausmücken (*Culex pipiens*) kennt man zwei Formen oder Biotypen: *Culex pipiens pipiens* (Linnaeus 1758), die vorwiegend Vögel sticht (ornithophiler Biotyp), auf jeden Fall eine Blutmahlzeit für die Eireifung benötigt und meist in oberirdischen Brutgewässern auftritt (BECKER et al. 2012c). Die männlichen Mücken dieser Form müssen einen Tanzschwarm für die Kopulation bilden. Die zweite Form *Culex pipiens molestus* (Forsk. 1775) brütet vorwiegend in unterirdischen, meist stark organisch belasteten Brutgewässern wie Jauchegruben. Die Weibchen dieser Form können sich auch ohne Tanzschwarm mit männlichen Artgenossen in den unterirdischen Gewässern, paaren (stenogamer Biotyp) und ohne Blutmahlzeit das erste Eischiffchen ablegen (autogener Biotyp). Als Wirt bevorzugen sie den Menschen, den sie meist stechen, wenn er seine Nachtruhe sucht. Etwa 4 Tage nach der Blutmahlzeit legen diese Weibchen ihre Eischiffchen z.B. in Sickergruben, Regenfässern, Gullys oder in anderen Klein- und Kleinstgewässern ab. Im Laufe eines Sommers bringen sie je nach Wärme 6-8 Generationen unabhängig von Wasserstandsschwankungen hervor. Die Weibchen überwintern in Quartieren wie Kellern oder Kanalisationen, wo der Frost keinen Zugriff hat. Sie verlassen



Abb. 3.3-2: Weibchen von *Aedes japonicus* (Aufnahme: Pluskota-KABS).

ihre Winterquartiere im Frühjahr (meist im April). Die autogene Form kann sich auch im Winter ohne Diapause in den relativ temperierten unterirdischen Gewässern entwickeln. *Culex pipiens* ist ein wichtiger Vektor für das West-Nil-Virus und Usutu-Virus. Letzteres hat 2011 und 2012 vor allem im Oberrheingebiet zu einem Massensterben von Vögeln geführt, insbesondere von Amseln (BECKER et al. 2012b).

### Klimaextreme und Stechmücken

Das Wasserangebot entscheidet neben der Temperatur über die Häufigkeit (Abundanz) von Stechmücken (BECKER 2009). Insbesondere Starkregenereignisse oder die Schneeschmelze in den Alpen einhergehend mit Regen führen zu extremen Hochwässern z.B. am Rhein und Massenaufkommen von Überschwemmungsmücken (meist *Ae. vexans* und *Ae. sticticus*), die wegen ihrer Bedeutung als Lästlinge seit mehr als 30 Jahren von der »Kommunalen Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Stechmückenplagen« (KABS) biologisch bekämpft werden (BECKER 1997).

Wärme und Niederschläge sind sehr eng an das Klima gebunden, weshalb die Stechmücken gute Zeigerorganismen darstellen. In den 1970er und 1980er Jahren gab es in den Alpen starke Schneefälle, die in den Frühsommer- und Sommermonaten zu einer langanhaltenden Hochwasserwelle führten. In den semipermanenten Gewässern konnten sich viele Fressfeinde der Stechmückenlarven entwickeln. In den zurückliegenden Jahren hat sich jedoch das Niederschlagsmuster zugunsten der Überschwemmungsmücken verändert. Es gibt seltener langanhaltende Hochwasserwellen, sondern oft monsunartige Starkregenereignisse im Sommer, verbunden mit einem schnellen Anstieg der Flusspegel. Häufig folgen Hitzeperioden, die meist nach wenigen Tagen wieder zu Gewitterregen führen. Insgesamt entstehen so mehr Hochwasserspitzen und bessere Entwicklungsbedingungen für Überschwemmungsmücken (*Aedes*-Arten) (BECKER 2009).

**Die Bedeutung der Temperatur:** Die Temperatur hat neben dem Wasserangebot einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Stechmücken sowie von ihnen übertragenen Krankheitserreger. Es ist vor allem die Temperatur, die die Abfolge der Generationen und Größe der Stechmückenpopulation beeinflusst. In den vergangenen drei Jahrzehnten ist die Durchschnittstemperatur um etwa 1,5 °C in Mannheim gestiegen. Ein Anstieg der Temperatur beschleunigt nicht nur die Entwicklung der Stechmücken in ihren Brutgewässern, sondern auch andere Phasen des Lebenszyklus, wie die Häufigkeit der Blutmahlzeiten, die Dauer des gonotrophischen Zyklus (Dauer von der Blutmahlzeit bis zur fertigen Entwicklung der Eier) sowie die Langlebig-

Tab. 3.3-1: Nachgewiesene Stechmückenarten von 1920 to 2016 in Deutschland

Abundanz: +++++ = massenhaft; ++++ = sehr häufig; +++ = häufig; ++ = gelegentlich; (+) = selten;

\* Art wird nur sporadisch gefunden (nicht etabliert); ? = unsicher; [ ] = in der Liste nicht als Art berücksichtigt.

<i>Species/Author</i>	<i>Eckstein (1920)</i>	<i>Scherpner (1960)</i>	<i>Becker/Kaiser (1995)</i>	<i>Becker et al. (2010)</i>	<i>Becker &amp; Mohrig</i>
<i>Ae. vexans</i>	++++	++	++++	++++	nachgew.
<i>Ae. sticticus</i>	+++	+++	+++	+++	nachgew.
<i>Ae. cinereus</i>	+++	++++	++	++	nachgew.
<i>Ae. geminus</i>	?	?	bestätigt	bestätigt	nachgew.
<i>Ae. rossicus</i>	?	?	++	++	nachgew.
<i>Ae. albopictus*</i>	-	-	-	(+)	etabliert
<i>Ae. caspius</i>	-	(+)	+	(+)	nachgew.
<i>Ae. dorsalis</i>	+	-	-	(+)	nachgew.
<i>Ae. detritus</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. nigritus</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. leucomelas</i>	-	(+)	+	+	nachgew.
<i>Ae. flavescens</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. intrudens</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Ae. annulipes</i>	(+)	+	+	++	nachgew.
<i>Ae. cantans</i>	++++	+++	++	++	nachgew.
<i>Ae. cataphylla</i>	-	+	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. excrucians</i>	-	(+)	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. rusticus</i>	+	+	+	++	nachgew.
<i>Ae. refiki</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Ae. communis</i>	++	+++	+	+	nachgew.
<i>Ae. cyprius</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Ae. punctator</i>	-	(+)	+	+	nachgew.
<i>Ae. riparius</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Ae. dianiaeus</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. pullatus</i>	-	-	-	(+)	nachgew.
<i>Ae. geniculatus</i>	+	+	(+)	(+)	nachgew.
<i>Ae. japonicus</i>	-	-	-	+	nachgew.
<i>Cx. pipiens s.l.</i>	++++	++++	++++	++++	nachgew.
<i>Cx. p. biotype pipiens</i>	?	[bestätigt]	[bestätigt]	[bestätigt]	[nachgew.]
<i>Cx. p. biotype molestus</i>	?	[bestätigt]	[bestätigt]	[bestätigt]	[nachgew.]
<i>Cx. torrentium</i>	?	+++	bestätigt	++++	nachgew.
<i>Cx. hortensis</i>	-	-	-	++	nachgew.
<i>Cx. martinii</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Cx. modestus</i>	-	-	++	++	nachgew.
<i>Cx. territans</i>	++	(+)	(+)	++	nachgew.
<i>Cs. annulata</i>	++	++	++	++	nachgew.
<i>Cs. morsitans</i>	++	+	+	+	nachgew.
<i>Cs. subochrea</i>	-	(+)	(+)	(+)	nachgew.
<i>Cs. ochroptera</i>	-	-	-	+	nachgew.
<i>Cs. fumipennis</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Cs. alascaensis</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Cs. glaphyoptera</i>	-	-	-	(+)	nachgew.
<i>Cs. longiareolata</i>	-	-	-	(+)	nachgew.
<i>An. maculipennis s.l.</i>	++++	[+++]	[++]	[+++]	[nachgew.]
<i>An. messeae</i>	?	+++	bestätigt	bestätigt	nachgew.
<i>An. daciae</i>	?	?	?	?	nachgew.
<i>An. atroparvus</i>	?	++	bestätigt	bestätigt	nachgew.
<i>An. maculipennis s.s.</i>	?	+	bestätigt	bestätigt	nachgew.
<i>An. labranchiae</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>An. claviger</i>	+++	++	+	++	nachgew.
<i>An. algeriensis</i>	-	(+)	-	-	nachgew.
<i>An. plumbeus</i>	+	+	+	++	nachgew.
<i>An. petragrani</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Cq. richiardii</i>	++	+	+	+	nachgew.
<i>Ur. unguiculata</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<b>Zahl der Arten</b>	<b>17</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>38</b>	<b>52</b>



keit der Stechmücken. Die Überschwemmungsmücken können zum Beispiel früher im Jahr aus den Eihüllen schlüpfen, und sie entwickeln sich schneller, womit das zeitliche Fenster für die Bekämpfung der Larven nach einem Hochwasser verkleinert wird. Zudem wird die Gefahr der Übertragung von Krankheitserregern durch Stechmücken mit steigender Temperatur größer (BECKER 2009).

### Die Stechmückenfauna im Wandel der Zeit

In Deutschland werden die Stechmücken seit Beginn des 20. Jahrhunderts als Lästlinge und wegen ihrer human-medizinischen Bedeutung intensiv studiert. MARTINI (1920; 1931), ECKSTEIN (1920) und PEUS (1929) waren die Pioniere bei der Erforschung der Culiciden in Deutschland. MOHRIG (1969) gibt eine hervorragende Zusammenfassung der Culicidenforschung bis in die 1960er Jahre. In seinem Standardwerk »Die Culiciden Deutschlands« beschreibt er 46 Stechmückenarten. Mit der Gründung der KABS im Jahre 1976 wurde die Culicidenforschung erneut intensiviert (BECKER 1997, BECKER et al. 2010). Die Wissenschaftler der KABS und der Universität Heidelberg konnten zwischen 1995 und 2016 sechs neue Stechmückenarten für Deutschland nachweisen: *Uranotaenia unguiculata* 1995 (BECKER & KAISER 1995), *Aedes albopictus* 2007 (PLUSKOTA et al. 2008) (Abb. 3.3-3), *Aedes j. japonicus* 2009 (BECKER et al. 2011), *Culiseta longiareolata* 2011 (BECKER & HOFFMANN 2011) *Anopheles daciae* 2012 (WEITZEL et al. 2012) und *Anopheles petragrani* (BECKER et al. 2016). *U. unguiculata*, deren Entwicklungsstadien in eutrophen seichten Altwässern und Gräben in Rheinland-Pfalz und Hessen gefunden werden können, sowie *Cs. longiareolata*, die sich u.a. in Regenfässern entwickelt, sind wärmeliebend und im mediterranen Raum häufig. Ihre Ausbreitung könnte durch die ansteigenden Temperaturen begünstigt worden sein. Allerdings sind es ornithophile Arten (nur Vögel stechend), die früher auch leicht hätten übersehen werden können.

Ohne menschliches Zutun konnten sich die Stechmücken lediglich relativ langsam mit dem Wind (passive Migration) oder durch eigene Flugbewegungen (aktive Migration) verbreiten. Heute sind die Globalisierung in Verbindung mit dem zunehmenden internationalen Handel sowie der Mobilität der Menschen maßgeblich für die schnelle Verbreitung von Krankheitserregern und deren Vektoren verantwortlich, wie zum Beispiel in Containern brütende *Aedes*-Mücken. Innerhalb weniger Stunden bis Tage können sie von einem Kontinent zum anderen verschleppt werden und sich unter günstigen Bedingungen etablieren. Als »etabliert« gilt eine Art, die mindestens drei Genera-

tionen in einem Gebiet hervorgebracht hat. Vermehrt sich die neue Art in großer Zahl und verdrängt so indigene Arten oder bewirkt sie andere negative Einflüsse im Ökosystem sowie auf die menschliche Gesundheit bzw. Aktivitäten (z.B. auf den Tourismus), so spricht man von einer »invasiven Art«. Hat sie keinen signifikanten negativen Einfluss, so spricht man von einer »exotischen Art«.

Unter den Stechmücken sind die wichtigsten invasiven bzw. exotischen Arten: *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti* (Linnaeus 1762), *Ae. j. japonicus*, *Ae. koreicus* Edwards 1917), *Ae. triseriatus* (Say 1923) und *Ae. atropalpus* (Coquillett 1902) (MEDLOCK et al. 2012, BECKER et al. 2012a). Die weltweite Ausbreitung dieser Arten beruht vor allem darauf, dass die Larven von *Aedes* in den Eiern lange Zeit (mehrere Monate bis Jahre) im Trockenen überleben können. In künstlichen Brutgewässern wie in Reifen, können sie von einem Kontinent zum anderen transportiert werden. Bei Regen sammelt sich Wasser in den Reifen, so dass die *Aedes*-Larven schlüpfen können. Die invasiven Mücken zeigen bezüglich der Wirtswahl oft keine großen Ansprüche und können sich wegen der großen Plastizität ihres Genoms schnell an die neuen Umweltbedingungen anpassen. Ein weiterer Faktor, der die Ausbreitung von exotischen Mücken begünstigt, ist der fortschreitende Klimawandel. Weltweit steigende Temperaturen und zunehmende Starkregenereignisse fördern die Verbreitung und Etablierung von exotischen Stechmücken, die auch eine ernsthafte Gesundheitsgefahr für Menschen oder Tiere darstellen können.

In Deutschland sind in den vergangenen Jahren regelmäßig zwei exotische Stechmücken nachgewiesen worden: zum einen *Ae. j. japonicus*, die japanische Buschmücke. Diese wurde erstmals im Jahr 2008 in Baden-Württemberg nachgewiesen, später auch in Rheinland-Pfalz, Nord-Rhein-Westfalen und Niedersachsen (SCHAFFNER et al. 2009, BECKER et al. 2011, HUBER et al. 2012, KAMPEN et al. 2012). Die klimatischen Bedin-



Abb. 3.3-3: Weibchen von *Aedes albopictus* (Aufnahme: Pluskota-KABS).

gungen in den Ursprungsländern von *Ae. j. japonicus* in Ostasien (Japan, China, Korea, Taiwan, Ostsibirien) sind dem Klima in Europa ähnlich, was die Etablierung dieser Art in Deutschland begünstigte (BECKER et al. 2012a). Ihre wichtigsten Brutplätze sind neben natürlichen Auswaschungen im Gestein, Baumhöhlen und künstliche Wasseransammlungen (z.B. Brunnen, Blumenvasen oder Regenfässer). Im Rahmen eines Monitoring-Programmes wurden in Baden-Württemberg Friedhöfe auf das Vorkommen von *Ae. j. japonicus* untersucht. Friedhöfe als Referenzgebiete wurden gewählt, da sie ideale Voraussetzungen für das Vorkommen in Containern brütender Stechmücken besitzen. Es gibt eine Vielzahl von Brutstätten in Form von Vasen und Brunnen auf Friedhöfen, die Blütenpflanzen sind eine gute Ressource für Nektar, Besucher sind ideale Wirte für die Blutmahlzeit, um die Eientwicklung zu vollenden; und das Gebüsch bietet gute Unterschlupfmöglichkeiten. Das Ergebnis der Untersuchung ist, dass die Art inzwischen in Baden-Württemberg auf einer Fläche von etwa 12.000 km<sup>2</sup> vorkommt, etwa einem Drittel der Gesamtfläche Baden-Württembergs (HUBER et al. 2012). Sie muss als bereits etablierte Art für Deutschland angesehen werden. Die Einschleppung von *Ae. j. japonicus* ist höchstwahrscheinlich auf die Einfuhr von Waren (z.B. Altreifen) oder im Zusammenhang mit Zierpflanzen oder Blumenvasen aus Asien (China) zurückzuführen.

Die asiatische Tigermücke *Ae. albopictus* (Abb. 3.3-3), ist eine zweite exotische Art, die ihren Ursprung im sub- und tropischen Süd-Ost-Asien hat. Sie wurde zunächst im Jahr 1990 durch den internationalen Reifenhandel aus den USA nach Italien eingeschleppt und hat sich danach durch den Fahrzeugverkehr im gesamten Mittelmeerraum ausgebreitet. Es lag daher nahe, dass man im Jahr 2005 mit einem Monitoring-Programm entlang der A5 begonnen hat, der Haupteinfuhrschneise für den Personen- und Güterverkehr aus Italien. Die Vermutung war, dass die asiatische Tigermücke mit Kraftfahrzeugen über die Alpen nach Deutschland eingeschleppt wird. Die blinden Passagiere verlassen dann ihre Vehikel während Rastphasen entlang der Autobahn oder bei Ankunft am Zielort und könnten sich nun in ihrer neuen Heimat ansiedeln. Diese Hypothese wird auch dadurch gestützt, dass *Ae. albopictus* ein aggressives Stechverhalten zeigt und gerne seinem bevorzugten Wirt, dem Menschen, in Kraftfahrzeuge folgt.

Im Rahmen dieses Monitoring-Programmes entlang der A5 wurde erstmals 2007 ein Eigelege in einer Eiablagefalle nördlich von Weil am Rhein gefunden. Im Rahmen eines nationalen Überwachungsprogrammes, das vom Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU) seit 2011 gefördert wird, konnte die

zunehmende Einschleppung von *Ae. albopictus* über die A5 bestätigt werden (BECKER et al. 2012d). In den Jahren 2012 und 2016 wurden ständig höhere Zahlen an adulten Mücken und Eigelegen gefunden. Nahezu an jedem zweiten Rastplatz oder Servicestation zwischen Weil am Rhein und der hessischen Landesgrenze konnte *Ae. albopictus* nachgewiesen werden (H.JÖST, mündliche Mitteilung). Weitere Funde sind im südlichen Bayern z.B. an der Kufstein-Autobahn gemeldet worden (A.ROSE, mündliche Mitteilung). Offensichtlich werden Imagines von *Ae. albopictus* regelmäßig mit PKW und LKW von Italien bzw. der Schweiz nach Deutschland eingeführt. Auch die japanische Buschmücke wurde an nahezu allen Rastplätzen als Imagines gefangen sowie einzelne Eigelege in Fallen gefunden wurden.

In den Jahren 2014 bis 2016 wurde an mehreren Stellen die Vermehrung von *Ae. albopictus* im Oberrheingebiet und im Frühjahr 2016 sogar die erfolgreiche Überwinterung von Larven in den Eihüllen nachgewiesen (PLUSKOTA et al. 2016).

Es ist damit zu einer begrenzten Vermehrung von *Ae. albopictus* unter den günstigen klimatischen Bedingungen im Oberrheingebiet gekommen. Im Klimamodell, das den Temperaturgang, die Niederschläge sowie biotische Faktoren wie die Apfelblüte berücksichtigt, ergibt sich, dass das Oberrheingebiet am ehesten die klimatischen Voraussetzungen erbringt, dass sich die ehemals tropische Stechmücke in Deutschland ansiedeln könnte. Bei einer Erhöhung um 1,5 Grad wären weitere Gebiete Deutschlands betroffen (PLUSKOTA 2011).

Neben den veränderten klimatischen Faktoren und der zunehmenden Verbreitung von exotischen Mücken im Rahmen der erhöhten Mobilität der Menschen und des weltweiten Handels sind es weitere Faktoren des menschlichen Verhaltens, die die Zusammensetzung der Culicidenfauna beeinflussen. So hat man den Oberrhein im 19. Jahrhundert nach den Plänen des Wasserbauingenieurs Gottfried Tulla kanalisiert, nicht nur um die Hochwassergefahr zu bannen und die Landwirtschaft durch die Absenkung des Grundwassers zu verbessern, sondern auch um die Malaria zu besiegen (Anmerkung: Tulla starb an Malaria, bevor sein Werk vollendet war). Durch das Durchstoßen der Mäander und die dadurch zunehmende Fließgeschwindigkeit des Rheines haben die Sohlenerosion und das Absinken des Grundwasserspiegels eingesetzt. Semipermanente Gewässer als Brutgewässer der *Anopheles*-Mücken, insbesondere von *An. messeae* als Vektor der Malaria tertiana sind zunehmend verschwunden und haben sich zu extrem temporären Gewässern als Brutareale von *Aedes*-Arten wie *Ae. vexans* und *Ae. sticticus* entwickelt. Die extremen Stechmückenplagen durch Über-

schwemmungsmücken am Oberrhein sind also auch eine Folge des Ausbaus des Oberrheins.

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts verzeichnet man in weiten Teilen Süddeutschlands einen starken Rückgang der Viehhaltung. Man hat die hochkonzentrierte Jauche oder Gülle üblicherweise in unterirdischen Jauchegruben aufgefangen. Die stark organisch belasteten Gewässer haben lediglich *Culex pipiens molestus* als Massenbrutplatz gedient. Anstelle der Jauche gelangt heute vorwiegend Regenwasser in die ungenutzten Gruben, wodurch Wasserqualität und Lebensbedingungen der von Baumhöhlen ähneln, dem bevorzugten Brutareal von *Anopheles plumbeus*. In vielen ländlich geprägten Gemeinden Baden-Württembergs und Bayerns, aber auch in der Schweiz, kann *An. plumbeus* nun zu massiven Plagen führen. Dies ist umso bemerkenswerter, da diese Art sich im Labor als ausgezeichnete Vektor für den Malaria-Erreger *Plasmodium falciparum* erwiesen hat.

Auch das zunehmende Auffangen des Regenwassers in Regentonnen und Zisternen schafft weitere Brutstätten, insbesondere für *Cx. pipiens*.

### Danksagung

Der Dank gilt den KABS-Mitarbeitern, insbesondere Diplom-Biologin Artur Jöst, Dr. Katrin Huber, Dr. Björn Pluskota, den Diplom-Biologen Achim Kaiser, Peter Pfitzner, Matthias Beck und Thomas Weitzel. Wir bedanken uns für die sehr gute Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Egbert Tannich, PD Dr. Andreas Kröger und Prof. Dr. Jonas Schmidt-Chanasiit beim Bernard-Nocht-Institut sowie bei Dr. Carola Kuhn und Dr. Jutta Klasen beim Umweltbundesamt (UBA). Unser Dank gilt dem Bundesministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (BMU) für die finanzielle Unterstützung.

### Literatur

- BECKER, N. & A. KAISER (1995): Die Culicidenvorkommen in den Rheinauen des Oberrheingebiets mit besonderer Berücksichtigung von Uranotaenia (Culicidae, Diptera) – einer neuen Stechmückengattung für Deutschland. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 10: 407-413.
- BECKER, N. (1997): Microbial Control of Mosquitoes: Management of the Upper Rhine mosquito population as a model programme. Parasitology Today, Vol. 13, No. 12: 485-487.
- BECKER, N. (2008): Influence of climate change on mosquito development and mosquito-borne diseases in Europe. Parasitol Res. Suppl 1. 103:19-28.
- BECKER, N. (2009): Die Rolle der Globalisierung und Klimaveränderung auf die Entwicklung von Stechmücken und von ihnen übertragenen Krankheiten in Zentral-Europa. Umweltwiss. Schadst Forsch 21: 212-222.
- BECKER, N., D. PETRIC, M. ZGOMBA, C. BOASE et al. (2010): Mosquitoes and Their Control. Springer, Heidelberg, Dordrecht, New York: pp 577.
- BECKER, N., K. HUBER, B. PLUSKOTA & A. KAISER (2011): *Aedes japonicus japonicus* - a newly established neozoan in Germany and a revised list of the German mosquito fauna. Europ Mosq Bull 29:88-102.
- BECKER, N. & D. HOFFMANN (2011): First record of *Culiseta longiareolata* (Macquart) for Germany. European Mosq. Bulletin. 29:143-150.
- BECKER, N.; PLUSKOTA, B.; KAISER, A. & F. SCHAFFNER (2012a): Exotic mosquitoes conquer the world. In: MEHLHORN, H. (ed.): Arthropods as vectors of emerging diseases. Parasitology Research Monographs 3, Springer-Verlag Berlin: 31-60.
- BECKER, N., H. JÖST, U. ZIEGLER, M. EIDEN et al. (2012b): Epizootic Emergence of Usutu Virus in Wild and Captive Birds in Germany. Plos one. 7:issue 2:1-6.
- BECKER, N., A. JÖST & T. WEITZEL (2012c): The *Culex pipiens* complex in Europe. J. Am. Mosq. Control Ass. 28(4): 53-67.
- BECKER, N., M. GEIER, C. BALCZUN, U. BRADERSEN et al. (2012d): Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. Parasitol. Res. Vol. 112 (4): 1787-1790.
- BECKER, N., CH. CZAJKA, P. PFITZNER & TH. WEITZEL (2016): *Anopheles (Anopheles) petragrani*. Del Vecchio 1939 – a new mosquito species for Germany. Parasitol. Res. Vol. 115 (7): 2671-2677.
- ECDC (2012): Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Technical report, pp 95.
- ECKSTEIN, F. (1920): Zur Systematik der einheimischen Stechmücken. 3. vorläufige Mitteilung: die Männchen. Zbl. Bakt., Abt. I, Orig. 84: 223-240.
- EMCA/WHO (2013): Guidelines for the Control of Mosquitoes of Public Health Importance in Europe (LÜTHY, BECKER, EJOV & VELAYUDHAN (eds.), pp. 41.
- HUBER, K., B. PLUSKOTA, A. JÖST, K. HOFMANN et al. (2012): Status of the invasive species *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) in southwest Germany in 2011. J. Vector Ecol., Vol. 37 (2): 462-465.
- KAMPEN, H., D. ZIELKE & D. WERNER (2012): A new focus of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) (Diptera, Culicidae) distribution in Western Germany: rapid spread or a further introduction event? Parasites & Vectors 2012 (5): 284.
- MARTINI, E. (1920): Über Stechmücken, besonders deren europäische Arten und ihre Bekämpfung. Beih Arch Schiffs- u Tropenhyg 24(1):1-267.
- MARTINI, E. (1931): Culicidae, in: Die Fliegen der palaearktischen Region. (E. Linder, ed.), Volume 11 und 12, Stuttgart. 398 S.
- MEDLOCK, J. M., K. M. HANSFORD, F. SCHAFFNER, V. VERSTEIRT et al. (2012): A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. Vector Borne Zoonotic Dis. 12: 435-447.
- MOHRIG, W. (1969): Die Culiciden Deutschlands. Parasitol. Schriftenreihe, Heft 18, 260 S.
- PEUS, F. (1929): Beiträge zur Faunistik und Ökologie der einheimischen Culiciden. I. Teil. Z. Desinfektor 21: 76-98.
- PLUSKOTA, B., V. STORCH, T. BRAUNBECK, M. BECK et al. (2008): First record of *Siegyomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. Europ Mosq Bull 26:1-5.
- PLUSKOTA, B. (2011): Die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*): thermale Ökologie und Risikoeinschätzung einer Etablierung in Deutschland. [Ph.D. thesis], Faculty of Biology, University Heidelberg.
- PLUSKOTA, B., A. JÖST, X. AUGSTEN, L. STELZNER et al. (2016): Successful overwintering of *Aedes albopictus* in Germany. Parasitol Res. Vol. 115 (8): 3245-3247.
- SCHAFFNER, F., C. KAUFMANN, D. HEGGLIN & A. MATHIS (2009): The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. Med Vet Ent 23:448-451.
- WEITZEL, T., C. GAUCH & N. BECKER (2012): Identification of *Anopheles daciae* in Germany through ITS2 sequencing. Parasitol Res. 111:2431-2438.

### Kontakt:

Dr. habil. Norbert Becker

Centre for Organismal Studies (COS)

Kommunalen Arbeitsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage (KABS) - Universität Heidelberg  
kabs-gfs@t-online.de

Becker, N. (2016): Einfluss der Globalisierung und Klimaveränderung auf die Stechmückenfauna in Deutschland - Stechmücken als Indikatoren für Klimaveränderung. In: Ložán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Biodiversität. pp.116-122. Online: [www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de](http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de). doi:10.2312/warnsignal.klima-die-biodiversitaet.19.