

### 3.2.7 Die Stechmückenfauna Deutschlands im Wandel der Zeit - Stechmücken als Indikatoren für Klimaveränderung

NORBERT BECKER

**Die Stechmückenfauna Deutschlands im Wandel der Zeit:** Die Stechmücken werden seit Beginn des 20sten Jahrhunderts wegen ihrer Bedeutung als Lästlinge und wegen ihrer human-medizinischen Bedeutung intensiv studiert. MOHRIG (1969) gibt eine hervorragende Zusammenfassung der Culicidenforschung bis in die 1960er Jahre. In seinem Standardwerk »Die Culiciden Deutschlands« beschreibt er 46 Stechmückenarten für Deutschland. Die Wissenschaftler der KABS und der Universität Heidelberg haben seit 1976 die Stechmückenfauna intensiv studiert und zwischen 1995 und 2012 fünf neue Stechmückenarten für Deutschland nachweisen können: *Uranotaenia unguiculata* (LYNCH ARRIBALZAGA) 1995, *Aedes albopictus* (SKUSE 1894) 2007, *Ochlerotatus japonicus japonicus* (THEOBALD 1901) 2009, *Culiseta longiareolata* (MACQUART) 2011 und *Anopheles daciae* 2012. *Uranotaenia unguiculata* und *Cs. longiareolata* sind zwei Arten, die besonders im mediterranen Raum häufig vorkommen und wärmeliebend sind. Ihre Verbreitung könnte durch die weltweit ansteigenden Temperaturen begünstigt worden sein, allerdings sind beide ornithophile Arten, die auch hätten übersehen werden können. *Aedes albopictus* und *Oc.j. japonicus* sind im Rahmen der Globalisierung mit Handelsgütern bzw. als blinde Passagiere in Kraftfahrzeugen nach Deutschland eingeschleppt worden. Im Rahmen eines Surveillance-Programms entlang der A5 werden seit 2007 regelmäßig Imagines und auch Eigelege von *Aedes albopictus* nachgewiesen. *Oc. j. japonicus* hat sich in Baden-Württemberg sowie in Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen weitflächig verbreitet und gilt nun als etablierte Art für Deutschland. Insbesondere die Ausbreitung von *Ae. albopictus* wird durch die Klimaerwärmung begünstigt. Die rapide Ausbreitung von *Ae. albopictus* und *Oc. j. japonicus* sowie die damit verbundenen Risiken der Übertragung von Krankheitserregern, insbesondere von Arboviren auf den Menschen, haben dazu geführt, dass die Culicidenforschung erneut im Fokus der Wissenschaft steht. Ein Konsortium von Instituten wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Robert-Koch-Institut finanziell unterstützt, um Ausbreitung der exotischen Mücken zu untersuchen und ggf. einzudämmen.

**The Mosquito Fauna of Germany in a changing World:** Since the beginning of the 20th century the mosquitoes of Germany have been intensively studied due to their importance as nuisance and vector species. MOHRIG (1969) gives an excellent summary of the state of art of the occurrence of mosquitoes and research on Culicidae until the 1960ies. In his classic work »Die Culiciden Deutschlands«, he describes 46 mosquito species for Germany. With the establishment of the »German Mosquito Control Association (KABS)« in 1976 the research on culicids has been intensified again. The scientists of the University of Heidelberg and KABS could prove five new species of mosquitoes for Germany between 1995 and 2012 namely *Uranotaenia unguiculata* (1995), *Aedes albopictus* (2007), *Ochlerotatus j. japonicus* (2009), *Culiseta longiareolata* (2011) as well as *Anopheles daciae* (2012). *Uranotaenia unguiculata* and *Cs. longiareolata* are two species that often occur, especially in the Mediterranean area due to their preference for warmer climates. Their occurrence in Germany might be favored by an increasing temperature. However, due to their ornithophilic biting behaviour it cannot be excluded that they have been overlooked in the past. *Aedes albopictus* and *Oc. j. japonicus* have been introduced to new territories such as Germany in the context of globalization with trade goods, increased mobility of humans by means of vehicles. In particular, the spread of the originally tropical species *Ae. albopictus* is favored by global warming. The rapid spread of *Ae. albopictus* and *Oc. j. japonicus*, and the related risk of transmission of human pathogens, especially of arboviruses, increased the awareness of scientists, health authorities and the public and led to an intensive surveillance program for exotic mosquito species in Germany. A consortium of institutions receives funds from the Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMU) to investigate the occurrence of exotic mosquitoes and to curb their further spread.

Stechmücken (Culicidae) besiedeln unseren Planeten seit mehr als 100 Millionen Jahren, also etwa 500mal länger als *Homo sapiens*. Die Stechmücken können nicht nur erhebliche Belästigungen erzeugen, sondern sie sind auch in weiten Teilen der Welt wichtige Überträger von Krankheitserregern, 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 evolutiven Entwicklung haben sich die Culiciden an die Lebensbedingungen 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. Im Wasserkörper entwickeln sie sich über 4 Larvenstadien und ein Puppenstadium zum Fluginsekt (BECKER et al. 2010).

Die Überschwemmungsmücken (z.B. *Aedes vexans* (Meigen 1830) oder *Ochlerotatus sticticus* (Meigen 1838) entwickeln sich in temporären Gewässern, die bei Hochwasser von Flüssen oder Seen mit Wasserstandschwankungen entstehen. Im Frühjahr bis Frühsommer besiedeln die Entwicklungsstadien der sogenannten Waldmücken, wie *Ochlerotatus cantans* (Meigen 1818), *Oc. communis* (De Geer 1776), *Oc. punctor* (Kirby 1837), *Oc. cataphylla* (Dyar 1916), *Oc. dianta-*

*eus* (Howard, Dyar & Knab 1913), *Oc. rusticus* (Rossi 1790) oder *Culiseta morsitans* (Theobald 1901) die Gräben und Senken versumpfter Erlenbruchwäldern. In Mooregebieten kann man häufig azidophile Arten, wie *Oc. 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 semi-permanenten und permanenten, meist pflanzenreichen Gewässern vor. In den Schilfrändern von Seen können Larven und Puppen der Wassergrundmücke *Coquillettia 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* (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 *Oc. detritus* (Haliday 1833) und *Oc. caspius* (Pallas 1771) besiedelt werden.

In Baumhöhlen findet man die indigenen Arten *Oc. geniculatus* (Olivier 1791) und *An. plumbeus* (Stephens 1828) (Abb. 3.2.7-1). 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 *Oc. j. japonicus* vergesellschaftet sein können.



Abb. 3.2.7-1: Weibchen von *Anopheles plumbeus*, (Aufnahme: N. Becker, KABS).

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 (tolerieren sehr unterschiedliche Bedingungen) vor, wie z.B. *Culex pipiens* s.l. sowie stenöke Arten (wenig ökologische Toleranz), wie *Ochlerotatus pullatus* oder *Oc. punctator*, die z.B. an moorige Gewässer gebunden sind. Es gibt wärmeliebende Arten, wie z.B. die häufigste Überschwemmungsmücke *Aedes vexans* oder Kälte liebende Arten, wie *Oc. rusticus*.

Die Ansprüche an den Lebensraum sowie die Temperaturbedürfnisse entscheiden über das zeitliche Auftreten der unterschiedlichen Stechmückenarten. Man unterscheidet zwischen den Frühjahrsarten, die meist nur eine Generation im Frühjahr hervorbringen (z.B. *Oc. rusticus*, *Oc. diantaeus*, *Oc. cataphylla* oder *Oc. communis*) sowie polyzyklische 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 *Oc. sticticus*.

Die Biologie der einzelnen Stechmückengattungen unterscheidet sich maßgeblich und ist an den jeweiligen Lebensraum sehr gut angepasst. Im Gegensatz zu den *Aedes/Ochlerotatus*-Arten, die ihre Eier einzeln im/auf dem Substrat oberhalb der Wasseroberfläche ablegen, legen die Weibchen von *Culex*, *Coquellittidia* und *Culiseta* (Ausnahme; *Culicella*) ihre Eier in Form von Eischiffchen (oftmals mehrere hundert Eier/Gelege) auf der Wasseroberfläche von länger wasserführenden natürlichen und künstlichen Gewässern ab. Im Folgenden sind zwei Beispiele für die unterschiedliche Bionomie der wichtigsten Stechmückengruppen gegeben.

**Überschwemmungsmücken (*Aedes/Ochlerotatus*):** Die Weibchen von *Aedes/Ochlerotatus* 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 aus den Eihüllen 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 Überschwem-

mungsmücken in Fluss- und Seen-Auen schlüpfen erst bei höheren Temperaturen (> 8 °C) aus den Eihüllen. Deren Larvenpopulationen treten je nach Hochwasserlage 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 (meist dauert die Entwicklung im Wasser bei hochsommerlichen Temperaturen nur etwa eine Woche) zum Fluginsekt zu entwickeln. Nicht selten können mehr als 200 Millionen Larven pro Hektar Wasserfläche gefunden werden. Nach dem Schlüpfen der Imagines wird die Kopula vollzogen, was die Blutgier der weiblichen Mücken entfacht. Während männliche und weibliche Mücken von zuckerhaltigen Flüssigkeiten (z.B. Nektar) leben, benötigen die weiblichen Mücken eine Blutmahlzeit, um die Eientwicklung vollziehen zu können. Weibchen von *Aedes vexans* und *Oc. 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 wieder 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, wie Jauchegruben, paaren (stenogamer Biotyp) und ohne Blutmahlzeit das erste Eischiffchen ablegen (autogener Biotyp). Als Wirt bevorzugen sie den Menschen, den sie meist in der Nacht stechen, wenn er seine Nachtruhe sucht. Etwa 4 Tage nach der Blutmahlzeit legen die Weibchen ihre Eischiffchen z.B. in Sickergruben, Regenfässern, Gullys oder in einer Vielzahl von 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 Winterquartieren, wie Kellern oder Kanalisationen, wo der Frost keinen Zugriff hat. Sie verlassen 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 insbesondere von Amseln (*Turdus merula*) geführt (BECKER et al. 2012b).

## Klimaextreme und Stechmücken

Das Wasserangebot entscheidet neben der Temperatur über die Häufigkeit von Stechmücken (BECKER 2009). Insbesondere Starkregenereignisse oder die Schneeschmelze in den Alpen einhergehend mit Regen führen zu extremen Hochwässern z.B. am Rhein und einem Massenaufkommen von Überschwemmungsmücken (meist *Ae. vexans* und *Oc. 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 Frühsummer- 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/Ochlerotatus*-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 Krankheitserregern. 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 Entwicklung der Eier) sowie die Langlebigkeit 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 wegen ihrer Bedeutung als Lästlinge und wegen ihrer human-medizinischen Bedeutung intensiv studiert. MARTINI (1920, 1931), ECKSTEIN (1920) und PEUS (1929) waren die ersten 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 für Deutschland (Tab. 3.2.7-1). 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 2012 fünf neue Stechmückenarten für Deutschland nachweisen: *Uranotaenia unguiculata* 1995 (BECKER & KAISER 1995), *Aedes albopictus* 2007 (Abb. 3.2.7-2) (PLUSKOTA et al. 2008), *Ochlerotatus j. japonicus* 2009 (BECKER et al. 2011), *Culiseta longiareolata* 2011 (BECKER & HOFFMANN 2011) und *Anopheles daciae* 2012 (WEITZEL et al. 2012). *Uranotaenia 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 zwei Arten, die besonders im mediterranen Raum häufig vorkommen und wärmeliebend sind. Ihre Verbreitung könnte durch die ansteigenden Temperaturen begünstigt worden sein, allerdings sind es ornithophile Arten (nur Vögel stechend), die auch leicht hätten übersehen werden können, da sie den Menschen nicht anfliegen.

Ohne menschliches Zutun konnten sich die Stechmücken lediglich relativ langsam mit dem Wind (passive Migration) oder durch eigene Flugbewegungen (aktive Migration) verbreiten. Heute ist die Globalisierung in Verbindung mit dem zunehmenden internationalen Handel sowie der Mobilität der Menschen maßgeblich für die schnelle Verbreitung von Krankheitserregern und deren Vektoren, wie zum Beispiel in Containern brütende *Aedes/Ochlerotatus* Mücken, verantwortlich. Innerhalb weniger Stunden können sie von einem Kontinent zum anderen verschleppt werden

Tab. 3.2.7-1: Nachgewiesene Stechmückenarten von 1920 bis 2014 in Deutschland (Stand 2014)

Species/Author	Eckstein (1920)	Scherpner (1960)	Becker & Kaiser (1995)	Becker et al. (2010)	Becker & Mohrig (unveröff.)
<i>Ae. vexans</i>	++++	++	++++	++++	nachgew.
<i>Oc. sticticus</i>	+++	+++	+++	+++	nachgew.
<i>Ae. cinereus</i>	+++	++++	++	++	nachgew.
<i>Ae. geminus</i>	?	?	bestätigt	bestätigt	nachgew.
<i>Ae. rossicus</i>	?	?	++	++	nachgew.
<i>Ae. albopictus*</i>	-	-	-	(+)	(nicht etabliert)
<i>Oc. caspius</i>	-	(+)	+	(+)	nachgew.
<i>Oc. dorsalis</i>	+	-	-	(+)	nachgew.
<i>Oc. detritus</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. nigrinus</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. leucomelas</i>	-	(+)	+	+	nachgew.
<i>Oc. flavescens</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. intrudens</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Oc. annulipes</i>	(+)	+	+	++	nachgew.
<i>Oc. cantans</i>	++++	+++	++	++	nachgew.
<i>Oc. cataphylla</i>	-	+	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. excrucians</i>	-	(+)	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. rusticus</i>	+	+	+	++	nachgew.
<i>Oc. refiki</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Oc. communis</i>	++	+++	+	+	nachgew.
<i>Oc. cyprius</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Oc. punctor</i>	-	(+)	+	+	nachgew.
<i>Oc. riparius</i>	-	-	-	-	nachgew.
<i>Oc. diantaeus</i>	-	-	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. pullatus</i>	-	-	-	(+)	nachgew.
<i>Oc. geniculatus</i>	+	+	(+)	(+)	nachgew.
<i>Oc. j. 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. glaphyroptera</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>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>51</b>

**Abundanz:**

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

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

und sich unter günstigen Bedingungen etablieren. Als »etabliert« gilt eine Art die mindestens drei Generationen in einem Gebiet hervorgebracht hat. Vermehrt sich die neue Art in großer Zahl und verdrängt so indigene Arten oder bewirkt sie andere negativen Einflüsse auf das Ökosystem sowie 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), *Ochlerotatus j. japonicus*, *Oc. koreicus* (Edwards 1917), *Oc. triseriatus* (Say 1923) und *Oc. 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/Ochlerotatus* in den Eiern lange Zeit (mehrere Monate bis Jahre) im Trockenem überleben können. In künstlichen Brutgewässern, wie z.B. in Reifen, können sie z.B. von einem Kontinent zum anderen transportiert werden. Bei Regen sammelt sich Wasser z.B. in den Reifen, so dass die *Aedes/Ochlerotatus*-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 die zunehmenden 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 re-

gelmäßig zwei exotische Stechmücken nachgewiesen worden: zum einen *Ochlerotatus j. japonicus* (Theobald 1901), 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; HUBER et al. 2012; KAMPEN et al. 2012). Die klimatischen Bedingungen in den Ursprungsländern von *Oc. j. japonicus* in Ostasien (Japan, China, Korea, Taiwan, östliche Russische Föderation) 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 (deshalb wird sie auch gelegentlich als asiatischer Rockpool-Moskito bezeichnet), Baumhöhlen, künstliche Wasseransammlungen z.B. Brunnen, Blumentvasen oder Regenfässern. Im Rahmen eines Monitoringprogrammes wurden in einem Raster über Baden-Württemberg Friedhöfe auf das Vorkommen von *Oc. j. japonicus* untersucht. Friedhöfe als Referenzgebiete wurden gewählt, da sie ideale Voraussetzungen für das Vorkommen von in Containern brütenden Stechmücken besitzen. Es gibt eine Vielzahl von Brutstätten in Form von Vasen und Brunnen auf Friedhöfen, die Blütenpflanzen sind eine gute Ressource für die Aufnahme von zuckerhaltiger Flüssigkeit (z.B. 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 nahezu 12.000 km<sup>2</sup> vorkommt, was etwa einem Drittel der Gesamtfläche Baden-Württembergs entspricht (HUBER et al. 2012). Sie muss als bereits etablierte Art für Deutschland angesehen werden, da sie mindestens drei Generationen



**Abb. 3.2.7-2:** Female of *Aedes albopictus* (Aufnahme: Pluskota-KABS).

in ihrer neuen Umgebung hervorgebracht hat. Die Einschleppung von *Oc. 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*, ist eine zweite exotische Art, die ihren Ursprung im 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, der Haupteinfuhrschneise für den Personen- und Güterverkehr aus Italien, wo *Ae. albopictus* besonders häufig auftritt, begonnen hat. Die Vermutung war, dass die asiatische Tigermücke mit Kraftfahrzeugen, z.B. beim Rückreiseverkehr von Touristen aus Italien oder mit LKW über die Alpen nach Deutschland eingeschleppt wird. Die blinden Passagiere verlassen dann ihre Vehikel während Rastphasen entlang der Autobahn und könnten sich nun in ihrer neuen Heimat ansiedeln. Diese Hypothese wird auch dadurch gestützt, dass *Aedes albopictus* ein aggressives Stechverhalten zeigt und gerne seinem bevorzugten Wirt, dem Menschen, z.B. in Kraftfahrzeuge folgt und so von einem Land in das andere verschleppt werden kann. Seit 2005 werden an den Raststätten entlang der A5 an Bäumen und Gestrüch in etwa 1.50 m Höhe Eiablagefallen in Form von schwarzen Kunststoffbechern (Fassungsvermögen etwa 500 ml) aufgehängt, die mit Heuaufguss gefüllt und einem Holzstäbchen zur Eiablage versehen sind. Dadurch wird eine natürliche Brutstätte simuliert, die gerne von den eiablagebereiten *Ae. albopictus* Weibchen angenommen wird. Zusätzlich wird seit 2011 meist pro Raststätte eine Saugfalle mit Duftstoffen, die dem menschlichen Duftbouquet entsprechen, aufgestellt. Die Lockwirkung wird durch das Freisetzen von CO<sub>2</sub>, was die Atemluft simulieren soll, verstärkt, um stechbereite Stechmückenweibchen anzulocken. Die Fallen werden von April bis Oktober aufgestellt und im 2-wöchigen Rhythmus auf Eier auf den Holzstäbchen bzw. auf Imagines in den Saugfallen untersucht. Dieses Vorgehen wird auch von der *European Mosquito Control Association* (EMCA) und dem *European Center for Disease Control* (ECDC) empfohlen (ECDC 2012; EMCA 2013).

Im Rahmen des Monitoring-Programmes entlang der A5 von Basel bis nach Hockenheim wurde erstmals 2007 ein Eigelege in einer Eiablagefalle nördlich von Weil am Rhein gefunden. Im Rahmen eines nationalen Überwachungsprogrammes, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicher-

heit (BMU) seit 2011 gefördert wird, sollen die Einschleppungswege für exotische Mücken unter besonderer Berücksichtigung von *Ae. albopictus* identifiziert werden. Ein Konsortium von Institutionen, wie Universitäten und Fachinstituten überwacht unter der Federführung des Bernard-Nocht-Instituts für Tropenmedizin (BNI) Autobahnen, Häfen, Blumengroßhandel sowie Altreifenlager. Die zunehmende Einschleppung von *Ae. albopictus* über die A5 hat sich dabei bestätigt (BECKER et al. 2012d). In den Jahren 2012 und 2013 wurden 22 Weibchen in den Saugfallen (BG-Sentinel-Saugfallen) und 6 Eigelege an verschiedenen Rastplätzen entlang der A5 zwischen Weil am Rhein und Hockenheim nachgewiesen. Weitere Funde sind im südlichen Bayern z.B. an der A93 (Kufstein-Autobahn) gemeldet worden. Offensichtlich werden Imagines von *Ae. albopictus* regelmäßig mit PKW und LKW von Italien bzw der Schweiz nach Deutschland eingeführt. Die japanische Buschwücke wurde an nahezu allen Rastplätzen als Imagines gefangen sowie einzelne Eigelege in Fallen gefunden.

Es ist nicht auszuschließen, dass es zu einer begrenzten autochthonen Vermehrung von *Ae. albopictus* unter den günstigen klimatischen Bedingungen z.B. Wärmephasen in Verbindung mit Regenereignissen gekommen ist. 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.

Neben den sich veränderten klimatischen Faktoren und der zunehmenden Verbreitung von exotischen Mücken im Rahmen der erhöhten Migration 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/Ochlerotatus*-Arten wie *Aedes vexans* und *Oc. sticticus* entwickelt. Die extremen Stechmückenplagen durch Überschwemmungsmücken 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 Gülle üblicher Weise 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 Jauchegruben, wodurch eine Wasserqualität und Lebensbedingungen ähnlich der von Baumhöhlen, dem bevorzugten Brutareal von *Anopheles plumbeus*, entstehen. In vielen ländlich geprägten Gemeinden Baden-Württembergs und Bayerns aber auch in der Schweiz kann *Anopheles plumbeus* zu massiven Plagen führen. Dies ist umso bemerkenswerter, da diese Art sich im Labor als ausgezeichnete Vektor für *Plasmodium falciparum* erwiesen hat. Auch das zunehmende Auffangen des Regenwassers in Regentonnen und Zysternen schafft weitere Brutstätten insbesondere für *Cx. pipiens*.

### Danksagung

Der Dank gilt den KABS-Mitarbeitern, insbesondere Diplom-Biologe 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 Professor Egbert Tannich, PD Dr. Andreas Krüger und PD Dr. Jonas Schmidt-Chanasit beim Bernard-Nocht-Institut sowie bei Dr. Jutta Klasen und Dr. Carola Kuhn beim Umweltbundesamt (UBA). Unser Dank gilt dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) für die finanzielle Unterstützung.

### Literatur

- BECKER, N. & A. KAISER (1995): Die Culiciden-vorkommen 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. (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.; PETRIC, D.; ZGOMBA, M.; BOASE, C.; MADON, M.; DAHL, C. & A. KAISER (2010): Mosquitoes and Their Control. Springer, Heidelberg, Dordrecht, New York. 577 pp.
- BECKER, N.; HUBER, K.; PLUSKOTA, B. & A. KAISER (2011): *Ochlerotatus 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.; JÖST, H.; ZIEGLER, U.; EIDEN, M.; HÖPER, D.; EMMERICH, P.; FICHET-CALVET, E.; EHICHIOYA, D. U.; CZAJKA, C.; GABRIEL, M.; HOFFMANN, B.; BEER, M.; TENNER-RACZ, K.; RACZ, P.; GÜNTHER, S.; WINK, M.; BOSCH, S.; KONRAD, A.; PFEFFER, M.; GROSCHUP, M. H. & J. SCHMIDT-CHANASIT (2012b): Epizootic Emergence of Usutu Virus in Wild and Captive Birds in Germany. PLoS one. 7:issue 2:1-6.
- BECKER, N.; JÖST, A. & T. WEITZEL (2012c): The *Culex pipiens* complex in Europe. J. Am. Mosq. Control Assoc. 28(4): 53-67.
- BECKER, N.; GEIER, M.; BALCZUN, C.; BRADERSEN, U.; HUBER, K.; KIEL, E.; KRÜGER, A.; LÜHKEN, R.; ORENDT, C.; PLENGE-BÖNIG, A.; ROSE, A.; SCHAUB, G. & E. TANNICH (2012d): Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. Parasitol. Res. Vol. 112 (4): 1787-1790.
- ECDC (2012): Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe. Technical report. 95 pp.
- ECKSTEIN, F. (1920): Zur Systematik der einheimischen Stechmücken. 3. vorläufige Mitteilung: die Männchen. Zbl. Bakt., Abt. 1, Orig. 84: 223-240.
- EMCA/WHO (2013): Guidelines for the Control of Mosquitoes of Public Health Importance Europe (eds. Lüthy, Becker, Ejov & Velayudhan). 41 pp.
- HUBER, K.; PLUSKOTA, B.; JÖST, A.; HOFMANN, K. & N. BECKER (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.; ZIELKE, D. & 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: Linder, E. (ed.) - Die Fliegen der palaearktischen Region. Volume 11 und 12, Stuttgart. 398 S.
- MEDLOCK, J.M.; HANSFORD, K.M.; SCHAFFNER, F.; VERSTEIRT, V.; HENDRICKX, G.; ZELLER, H. & W. VAN BORTEL (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.; STORCH, V.; BRAUNBECK, T.; BECK, M. & N. BECKER (2008): First record of *Stegomyia albopicta* (Skuse) (Diptera: Culicidae) in Germany. Europ Mosq Bull 26:1-5.
- SCHAFFNER, F.; KAUFMANN, C.; HEGGLIN, D. & A. MATHIS (2009): The invasive mosquito *Aedes japonicus* in Central Europe. Med Vet Ent 23:448-451.
- SCHERPNER, C. (1960): Zur Ökologie und Biologie der Stechmücken des Gebietes von Frankfurt am Main (Diptera, Culicidae). Mitt Zool Mus Berlin 36:49-99.
- WEITZEL, T.; GAUCH, C. & N. BECKER (2012): Identification of *Anopheles daciae* in Germany through ITS2 sequencing. Parasitol Res. 111:2431-2438.

**Kontakt:**

PD Dr. habil. Norbert Becker,  
Wissenschaftl. Direktor der KABS  
kabs-gfs@t-online.de  
Centre for Organismal Studies (COS)  
Universität Heidelberg  
NorbertFBecker@web.de

Becker, N. (2014): Die Stechmückenfauna Deutschlands im Wandel der Zeit - Stechmücken als Indikatoren für Klimaveränderung. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 3.2.7) - [www.warnsignale.uni-hamburg.de](http://www.warnsignale.uni-hamburg.de).