

**Beitrag zum Vorkommen und zur Verbreitung von Stechmücken
(Diptera: Culicidae) in Nordrhein-Westfalen
mit besonderer Berücksichtigung des Großraums Bonn**

Sabine Küpper, Stefanie Schulze, Walter A. Maier & Helge Kampen

Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Parasitologie der Universität Bonn

Abstract: Contribution to the occurrence and distribution of culicid mosquitoes in Northrhine-Westphalia with special reference to the greater Bonn area

To update information on the indigenous culicid fauna (Diptera: Culicidae) of western Germany, aquatic mosquito stages were collected by water dipping and adults caught by specialized traps at various Northrhine-Westphalian localities in 2004. Out of 154 water basins checked, 75 turned out to be culicid breeding sites. 1404 larvae and pupae belonging to 17 species were collected. These comprised 7 *Aedes*-, 4 *Culex*-, 4 *Anopheles*- and 2 *Culiseta*-species. *Cx. territans* specimens added up to 44.7 % of the larval and pupal catches and together with the three other most abundant species, *Cs. annulata* (14.7 %), *An. maculipennis* s.s. (12.3 %) and *Cx. torrentium* (10 %), amounted to 81.8 % of all larvae and pupae collected. With regard to the adult stages, only 111 specimens belonging to 8 species were trapped probably owing to methodological reasons and/or to the particular mosquito-hostile climatic conditions in the summer of 2004. In contrast to the larval collections, the major part of the adults were *Cx. torrentium* with 34.2 %, followed by *Cx. pipiens* s.s. (21.6 %) and *An. plumbeus* (19.8 %), thus giving a completely different impression on the indigenous population abundances. 105 of the adults were caught by the 'BG sentinel', a newly developed odour trap emitting a quantified composition of selected mosquito attractants. The other 6 individuals were caught by a CO₂-trap, whereas a mere light trap and an ovipositor trap were never successful.

Key words: Culicidae, species composition, Northrhine-Westphalia, water dipping, flight trap, phenology, breeding site ecology

Sabine Küpper, Stefanie Schulze, Walter A. Maier, Helge Kampen, Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Parasitologie, Universität Bonn, Sigmund-Freud-Str. 25, D-53105 Bonn, E-mail: hkampen@parasit.meb.uni-bonn.de

Mit dem Verschwinden der Malaria aus Deutschland in der Mitte des letzten Jahrhunderts sank auch das wissenschaftliche Interesse an Stechmücken. Seit Jahrzehnten sind keine großflächigen systematischen Studien zum Vorkommen und zur Verbreitung der einheimischen Culicidenarten mehr durchgeführt worden, da diese scheinbar keine Vektorfunktion mehr hatten. Lediglich saisonal bedingte Massenvermehrungen waren und sind Anlass zu gezielten Bekämpfungsaktionen, die auch aktuell regionale Daten zur Stechmückenfauna liefern (BECKER & KAISER 1995). Diese und weitere sporadische Studien aus den letzten Jahren (BASTIAN 2000; HERRMANN 2000; KAMPEN unveröffentl.) zeigen, dass potenzielle Malariaüberträger nach wie vor bei uns heimisch sind.

Gerade die anhaltende Diskussion über 'emerging and resurging infectious diseases' in Verbindung mit möglichen Klima- und Umweltveränderungen (GRATZ 1999, 2004) sollte aber das allgemeine Interesse an den einheimischen (potenziellen) Vektoren wecken, um für Eventualitäten gewappnet zu sein. Der weltweite Massentourismus und Tierhandel sorgt nicht nur für ein permanentes Angebot an Infektionsquellen für einheimische hämatophage Arthropoden, sondern erleichtert auch die Einschleppung und Ausbreitung von allochthonen Vektoren. So gelangte etwa die Tigermücke *Aedes albopictus*, ein effizienter Gelbfieber- und Dengue-Vektor, zu Beginn der 1990er Jahre mit dem Gebrauchtreifenhandel nach Südeuropa (KNUDSEN et al. 1996) und wandert seitdem ständig weiter nach Norden (SCHAFFNER 2001; FLACIO et al. 2004; SCHOLTE et al. 2006). Doch auch Zugvögel bringen seit jeher Viren aus afrikanischen Ländern nach Europa und

können einheimische Vektoren infizieren (MALKINSON & BANET 2002). Bis auf wenige Ausnahmen blieben große Epidemien bisher aus. Nicht so in Nordamerika, wo 1999 auf bislang unbekanntem Wege das West Nil-Virus eingeschleppt wurde und sich bis 2003 über die gesamten Vereinigten Staaten ausbreitete (GOULD & FIKRIG 2004). Zahlreiche Todesfälle bei Menschen, Pferden und Vögeln, insbesondere auf eine Virusübertragung durch *Culex pipiens* zurückzuführen, waren die Folge.

Mit dem Tahyna-, Sindbis- und West Nil-Virus kursieren mindestens drei pathogene Stechmücken-assoziierte Viren auch in Europa (ASPÖCK 1996; LUNDSTRÖM 1999). Erst kürzlich wurde in toten Vögeln in Österreich erstmals das Usutu-Virus außerhalb Afrikas nachgewiesen (WEISSENBÖCK et al. 2002). Ob es humanpathogenes Potenzial hat, ist unbekannt.

Schließlich sind Stechmücken als Überträger der caninen Filariose von Bedeutung, die gelegentlich auch den Menschen befallen kann und sich offenbar ebenfalls vom Mittelmeerraum nach Norden ausbreitet (MURO 1999; PAMPIGLIONE & RIVASI 2000).

Die vorgestellte Studie soll einen Beitrag zur Aktualisierung unserer Kenntnisse zum Vorkommen, zur Verbreitung und zur Biologie einheimischer Culiciden liefern, die erforderlich sind, um auf autochthone Erregerübertragung in geeigneter Weise reagieren zu können.

Material und Methoden

Von Anfang Mai bis Mitte Oktober 2004 wurden im Köln-Bonner Raum, aber auch in der Eifel, im Bergischen Land, am Niederrhein und im Münsterland 154 willkürlich ausgewählte Klein- und Kleinstgewässer auf aquatische Entwicklungsstadien von Culiciden untersucht sowie Fallen zum Fang adulter Culiciden installiert. Die potenziellen Brutgewässer wurden in etwa zweiwöchigem Abstand aufgesucht und mit Hilfe von Frisbeescheiben, die nach WHO-Vorgaben an verschiedenen Stellen in das Oberflächenwasser eingetaucht wurden (SERVICE 1993), auf Mückenlarven und -puppen kontrolliert. Gefangene Stadien wurden zur Artidentifizierung in Schnappdeckelgläsern lebend ins Labor transportiert. L3- und L4-Larven wurden direkt bestimmt, während bei L1- und L2-Larven die Häutung ins L3-Stadium und bei Puppen der Schlupf der Imagines abgewartet wurde.

Von den Brutplätzen wurden Begleitfauna und -flora erfasst sowie Wassertemperatur und pH-Wert gemessen.

Adulte Stechmücken sollten mit Hilfe von vier unterschiedlichen Fallentypen gefangen werden, die in verschiedenen Kombinationen und zeitlichen Mustern an insgesamt acht Standorten aufgestellt wurden. Eine Ovipositorfalle (MosquiTrap, Fa. Ecovec, Belo Horizonte, Brasilien) sollte ablagebereite Culicidenweibchen anlocken, während die drei anderen Fallen auf wirtsuchende Weibchen ausgerichtet waren. Bei letzteren handelte es sich um eine CO₂-Falle (Mosquito-Magnet, American Biophysics Corp., RI, USA), eine Lichtfalle (EVS-Trap; PFUNTER 1979) sowie eine neu entwickelte Lockstofffalle (BG-Sentinel, Fa. Biogents, Regensburg), die aus einem Kunststoffröhrchen ein spezifisches Gemisch aus Ammoniak, Milchsäure und Capronsäure abgibt, das menschliche Ausdünstungen simulieren soll (GEIER et al. 2004). Die Fallen wurden jeweils sechs Tage lang an einem Standort platziert und alle zwei Tage kontrolliert. Die Mückenfänge wurden mit den Fangnetzen ins Labor transportiert und dort vor der Artidentifizierung durch Kälteexposition (-20 °C) getötet.

Die Bestimmung der Larven und Imagines erfolgte nach den Schlüsseln von MOHRIG (1969) und BECKER et al. (2003). Mücken, die Artenkomplexen angehörten, wurden in Alkohol fixiert und später mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) bis zur Zwillingart identifiziert (PROFT et al. 1999; KAMPEN et al. 2003; SMITH & FONSECA 2004). In einigen Fällen musste den artdiagnostischen PCR-Tests eine unspezifische DNA-Präamplifikation (GenomiPhi-Kit, Amersham Biosciences) vorangestellt werden, da offenbar infolge unzureichender Konservierung eine fortgeschrittene DNA-Degradation stattgefunden hatte.

Für die Untersuchungsgebiete wurden auf die Fangperiode bezogene Klimadaten (Temperatur, Niederschlag) erhoben.

Ergebnisse

Vermutlich als Folge des Klimas im Sommer 2004 konnten insgesamt nur 1532 Mücken gefangen werden, wovon 1262 Individuen der Unterfamilie Culicinae (82,4 %) und 270 (17,6 %) der Unterfamilie Anophelinae angehörten. Aus 75 von 154 untersuchten Gewässern wurden 1404 Larven und Puppen entnommen; des Weiteren gingen 111 adulte Culiciden in die Fallen, und 17 Imagines wurden in Wohnungen

oder beim Anflug auf die Experimentatoren gefangen. Die Fänge teilten sich auf 17 verschiedene Spezies aus vier Gattungen auf: Es wurden 7 *Aedes*-, 4 *Culex*-, 4 *Anopheles*- und 2 *Culiseta*-Arten nachgewiesen (Tab. 1). Die mit Abstand häufigste Art war *Cx. territans*, die über 40 % aller Fänge ausmachte. *Cs. annulata*, *Cx. torrentium* und *An. maculipennis* s.s. hatten jeweils einen Anteil von über 10 %, so dass sich nahezu 80 % der gefangenen Mücken aus diesen vier Spezies zusammensetzten. Von neun anderen Arten wurden dagegen nur einzelne Individuen nachgewiesen (zusammen 2,7 % der Fänge). Acht Mücken aus dem *Cx. pipiens*-Komplex, eine aus dem *An. maculipennis*-Komplex sowie 68 *Culex*-Exemplare waren nicht bis auf Artebene bestimmbar.

Tab. 1: Im Untersuchungsgebiet nachgewiesene Culicidenarten

Spezies	Anzahl	Prozent
<i>An. maculipennis</i> s.s.	173	11,29
<i>An. messeae</i>	6	0,39
<i>An. maculipennis</i> s.l.*	1	0,07
<i>An. claviger</i> s.s.	19	1,24
<i>An. plumbeus</i>	71	4,63
<i>Cs. annulata</i>	208	13,58
<i>Cs. morsitans</i>	1	0,07
<i>Cx. martinii</i>	7	0,46
<i>Cx. territans</i>	632	41,25
<i>Cx. pipiens</i> s.s.	93	6,07
<i>Cx. torrentium</i>	179	11,68
<i>Cx. pipiens</i> s.l.*	8	0,52
<i>Culex</i> spec.*	68	4,44
<i>Ae. annulipes</i>	8	0,52
<i>Ae. cantans</i>	2	0,13
<i>Ae. cataphylla</i>	1	0,07
<i>Ae. dorsalis</i>	5	0,33
<i>Ae. geniculatus</i>	39	2,55
<i>Ae. refiki</i>	9	0,59
<i>Ae. riparius</i>	2	0,13
gesamt	1532	100

* nicht bis zur Artebene identifizierbar

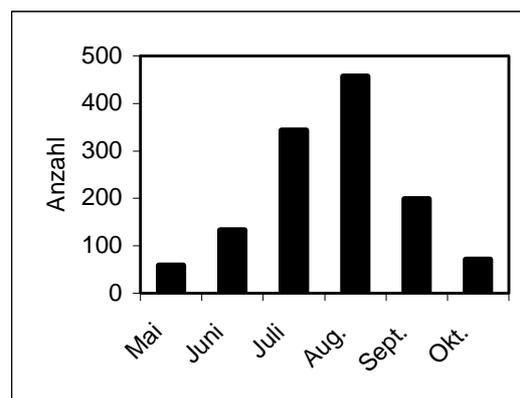


Abb. 1: Culiciden-Aufkommen im Verlauf des Untersuchungszeitraumes (nur aquatische Entwicklungsstadien)

In den 75 Brutgewässern wurden Culicidenlarven bzw. -puppen z.T. regelmäßig, z.T. aber auch nur einmal nachgewiesen, davon in 67 Gewässern Culicinen- und in 29 *Anopheles*-Entwicklungsstadien. In 21 Gewässern kamen Exemplare beider Unterfamilien sympatrisch vor.

Die Fänge der aquatischen Entwicklungsstadien insgesamt verteilen sich nach Art einer Gaußschen Kurve über den Untersuchungszeitraum mit einem Maximum im August (Abb. 1).

Betrachtet man die vier am häufigsten gefangenen Culicidenarten differenziert (Abb. 2), so zeigt sich, dass die Larven und Puppen von *An. maculipennis* s.s. bereits im Juli, diejenigen von *Cs. annulata* dagegen erst im Spätsommer ihr Aktivitätsoptimum hatten. Aquatische *Cx. territans*-Entwicklungsstadien kamen bereits im Mai in relativ hoher Individuendichte vor, verzeichneten aber ab Mitte Juli bis Anfang September mit Abstand die höchsten Fangzahlen. *Cx. torrentium* hatte ein weitaus niedrigeres Dichteniveau, das von Juli bis Anfang September relativ stabil blieb.

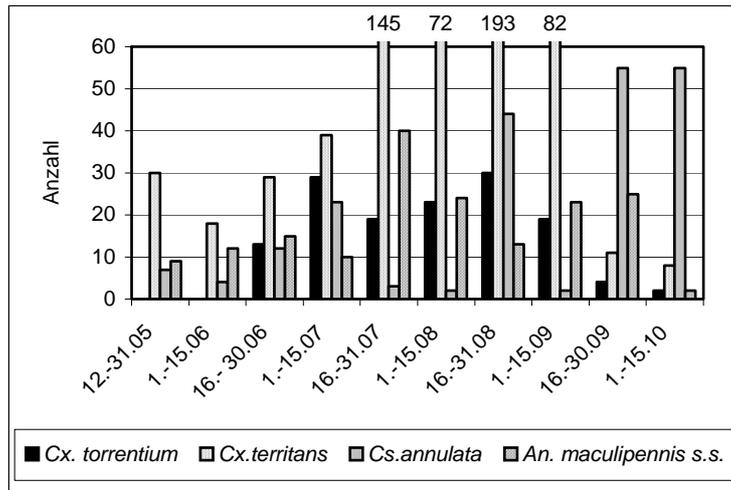


Abb. 2: Zeitliche Verteilung der Fänge der vier häufigsten Spezies (nur aquatische Entwicklungsstadien)

Von 52 der untersuchten Gewässer wurde der pH-Wert, von 47 die Wassertemperatur gemessen. Die pH-Werte lagen zwischen 5,86 und 9,53, wobei Anophelinen in Gewässern mit pH-Werten zwischen 5,86 (*An. plumbeus*) und 7,98 (*An. maculipennis* s.s.) und Culicinen in Gewässern mit Werten zwischen 6,45 (*Cx. torrentium*) und 9,53 (*Cx. territans*, *Cx. torrentium*) vorkamen. Die Wassertemperaturen betrug zwischen 18,3°C und 33,7°C. Die Gewässer mit *Anopheles*-Besatz wiesen Minimaltemperaturen von 21,9°C (*An. plumbeus*) und Maximaltemperaturen von 33,7 °C (*An. maculipennis* s.s.) auf, diejenigen mit Culicinenbesatz Minimaltemperaturen von 18,3°C (*Cx. territans*) und Maximaltemperaturen von 33,7°C (*Cx. territans*, *Cx. torrentium*). Die Messwerte der Gewässer mit Entwicklungsstadien der vier häufigsten Culicidenspezies sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: pH- und Temperaturmesswerte in Gewässern mit den vier häufigsten Culicidenspezies

Spezies	pH-Wert			Temperatur [°C]		
	Min. – Max.	Mittel	Messungen / Gewässer	Min. – Max.	Mittel	Messungen / Gewässer
<i>Cx. territans</i>	6,46 – 9,53	7,29	30 / 25	18,3 – 33,7	24,0	17 / 17
<i>Cx. torrentium</i>	6,45 – 9,53	7,34	13 / 10	21,3 – 33,7	24,4	10 / 10
<i>Cs. annulata</i>	6,70 – 7,43	7,20	9 / 7	21,3 – 26,2	23,4	7 / 7
<i>An. maculipennis</i> s.s.	6,80 – 7,98	7,41	5 / 4	22,3 – 33,7	26,1	4 / 4

Bezüglich der Begleitfauna und -flora waren keine markanten Unterschiede zwischen den Brutgewässern festzustellen. In Gewässern mit Fischbesatz (n=14) und (freigelassenen) Zierschildkröten (*Trachemys scripta*

elegans; n=3) waren nur einzelne L1-Larven nachweisbar. Mückenstadien fehlten auch in Gewässern, in denen Gammariden vorkamen, die bekanntermaßen Mückenlarven vertilgen (KÜHLHORN 1961) sowie eine schlechte Wasserqualität anzeigen. Culicinen wurden häufig in Gewässern mit Algenwatten und in Schilfbzonen (*Phragmites spec.*) gefunden, Anophelinen dagegen in Anwesenheit von Rohrkolbengewächsen (Typhaceae) und Gräsern (Poaceae) mit Ausnahme von Schilf.

Mit den Fallen zum Fang adulter Stadien wurden insgesamt 89 Culicinen (79 Weibchen, 10 Männchen) und 22 Anophelinen (21 Weibchen, 1 Männchen) gefangen, bei denen es sich ausnahmslos um die Art *An. plumbeus* handelte (Abb. 3). Die Culicinae machten 80,2 % der gefangenen Mücken aus. 71,2 % (n=79) davon gehörten zur Gattung *Culex*, 8,1 % (n=9) zur Gattung *Aedes* und 0,9 % (n=1) zur Gattung *Culiseta* (Abb. 4). Dabei stellten die beiden zum *Cx. pipiens*-Komplex gehörenden Zwillingsarten *Cx. torrentium* und *Cx. pipiens s.s.* mit 34,2 bzw. 21,6 % der Mücken die meisten Individuen, gefolgt von *An. plumbeus* mit 19,8 %.

Von den 111 mit den Flugfallen gefangenen Culiciden gingen 105 auf das Konto der BG-Sentinel. Sechs Mücken (5,4 %; 5 *Ae. geniculatus*, 1 *An. plumbeus*) wurden mit der Mosquito-Magnet gefangen, aber weder mit der Lichtfalle noch mit der Ovipositorfalle wurden Culicidenfänge verzeichnet. Während die Mosquito-Magnet und die Lichtfalle ausschließlich im direkten Vergleich gemeinsam mit der BG-Sentinel im Rahmen von fünf sechstägigen Fangaktionen aufgestellt worden waren, kamen weitere BG-Sentinel und Ovipositorfallen an anderen Standorten zum Einsatz. Bei den Vergleichsversuchen wurden die drei verschiedenen Fallentypen in etwa 20 m Abstand voneinander positioniert und die Positionen alle zwei Tage nach dem Rotationsprinzip gewechselt. In dieser Versuchsreihe wurden lediglich 27 Mücken gefangen, davon 21 mit der BG-Sentinel (77,8 %). Mit diesem Fallentyp wurden aber nicht nur am meisten Culiciden gefangen, sondern auch der Beifang (insbesondere Chironomiden, Drosophiliden, Tipuliden, Musciden) war am individuenreichsten.

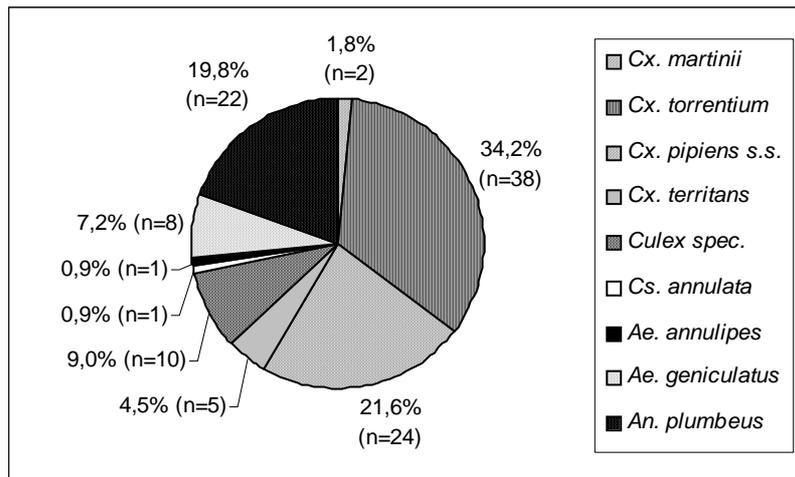


Abb. 3: Imaginalfänge, differenziert nach Spezies

Diskussion

In der letzten Zusammenstellung der ‚Culiciden Deutschlands‘ führte MOHRIG (1969) 44 Spezies auf. 1994 wiesen BECKER & KAISER (1995) außerdem erstmals die Gattung *Uranotaenia* mit einer Art in Deutschland nach. Von diesen 45 potenziell zu erwartenden Spezies wurden im Rahmen der präsentierten Pilotstudie 17 in Nordrhein-Westfalen gefunden. Im Vergleich zu früheren Verbreitungsstudien, die speziell in NRW oder im Bonner Raum durchgeführt worden waren (SCHNEIDER 1913; VOLLMER 1936; KNOTT 1957, 1959; ALBRECHT 1980; BECKER & NEUMANN 1980; SCHENKER 1985; BASTIAN 2000), konnten einige Arten nicht nachgewiesen werden (z.B. *Ae. cinereus*, *Ae. vexans*, *Ae. punctor*, *Ae. communis*), während andere nun demonstriert wurden, die früher nicht beschrieben worden waren (z.B. *Oc. refiki*, *Cx. martinii*).

Dieser Befund ist z.T. fraglos methodisch zu begründen (Untersuchungsperiode, Wahl der Fallentypen, und -standorte, Gewässer, Fehlbestimmungen), doch hielt die Wetterlage im Sommer 2004 vermutlich verschiedene Arten auf sehr niedrigem und schwer zu erfassendem Dichteniveau. Obwohl die durchschnittlichen Niederschläge und Temperaturen in den Untersuchungsgebieten im Frühjahr und Sommer 2004 nicht generell unter den langjährigen Mitteln lagen, konzentrierten sich hohe Temperaturen und der meiste Niederschlag auf wenige Tage, so dass immer wieder lange Zeitabschnitte mit eher mückenfeindlichen, kühlen Temperaturen und wenig Niederschlag auftraten (Abb. 4 mit Beispielmonat Mai).

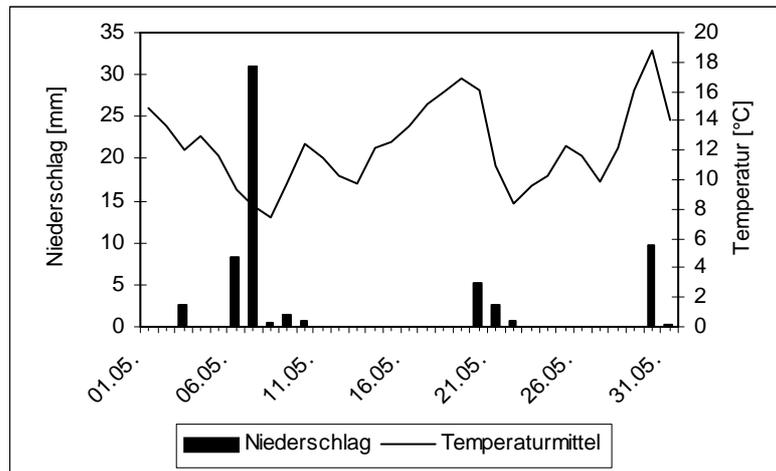


Abb. 4: Niederschlags- und Temperaturverlauf im Mai, gemessen am Köln-Bonner-Flughafen (Deutscher Wetterdienst 2004)

Vergleicht man die Dominanzen der verschiedenen Culicidenspezies zwischen den Präimaginal- und den Adultfängen, so entsteht ein völlig anderes Bild mit *Cx. territans* bzw. *Cx. torrentium* als eudominante Arten. Dieser Befund zeigt nur zu deutlich die methodische Abhängigkeit solcher Datensammlungen. Die beiden einzigen Exemplare von *Cs. morsitans* und *Ae. cataphylla* (beides Weibchen) wurden sogar beim Anflug auf die Experimentatoren per Hand gefangen.

Bemerkenswert ist auch die relative Häufigkeit von *An. plumbeus* unter den Fallenfängen (alle 22 gefangenen *Anopheles*-Exemplare gehörten dieser Art an) sowie die Tatsache, dass alle fünf *Cx. territans*, die als Imagines gefangen wurden (BG-Sentinel), Männchen waren. Die Lockstoffwirkung ist also nicht nur art-, sondern offenbar auch geschlechtsspezifisch und hat großen Einfluss auf die Fängigkeit der Mücken. Um ein vollständiges und korrektes Bild über die Moskitofauna zu bekommen, müssen daher möglichst viele unterschiedliche Herangehensweisen miteinander kombiniert werden.

Um ein aktuelles Bild über die einheimische Moskitofauna zu bekommen, kann die vorgestellte Studie nur ein erster Schritt sein, dem weitere Studien folgen müssen. Diese Erhebungen haben nicht das Ziel, Panik zu provozieren, indem möglichst viele effiziente Vektoren nachgewiesen werden, sondern können ebenso dazu führen, Entwarnung zu geben. In einem ehemaligen Malariagebiet Hollands wiesen z.B. TAKKEN et al. (2002) eine starke Populationsverschiebung zweier Zwillingarten des *An. maculipennis*-Komplexes nach: die vektorkompetente und ehemals häufig vorkommende Art *An. atroparvus* ist vermutlich infolge drastischer ökologischer Veränderungen (Wasserverschmutzung) in den letzten 70 Jahren weitgehend durch den wenig effizienten Malariaüberträger *An. messeae* ersetzt worden.

Literatur

- ALBRECHT, J. (1980): Die Stechmückenfauna (Diptera, Culicidae) des Bonner Raumes. – Decheniana 133: 107-114.
 ASPÖCK, H. (1996): Stechmücken als Virusüberträger in Mitteleuropa. – Nova Acta Leopoldina NF 71, 292: 37-55.

- BASTIAN, S. (2000): Untersuchungen zur *Anopheles*-Fauna in Bonn mit besonderer Berücksichtigung der Identifizierung und Charakterisierung von *Anopheles*-Brutgewässern. – Diplomarbeit Universität Bonn
- BECKER, G., NEUMANN, D. (1980): Die Culicidenpopulationen (Diptera, Culicidae) von Feuchtgebieten eines niederrheinischen Stadtgebietes. – Z. angew. Zool. 70: 73-90.
- BECKER, N., KAISER, A. (1995): Die Culicidenvorkommen in den Rheinauen des Oberrheingebiets mit besonderer Berücksichtigung von *Uranotaenia* (Culicidae, Diptera) – einer neuen Stechmückengattung für Deutschland. – Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol. 10: 407-413.
- BECKER, N., PETRIĆ, D., ZGOMBA, M., BOASE, C., DAHL, C., LANE, J., KAISER, A. (2003): Mosquitoes and their control. – Kluwer Academic/Plenum Publ., New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. 498 pp.
- FLACIO, E., LÜTHY, P., PATOCCHI, N., GUIDOTTI, F., TONOLLA, M., PEDUZZI, R. (2004): Primo ritrovamento di *Aedes albopictus* in Svizzera. – Boll. Soc. Ticinese Sci. Nat. 92: 141-142.
- GEIER M., ROSE A., BAPTISTA C., RICHIE S.A., KRÖCKEL U. & EIRAS Á.E. (2004): Specific monitoring tools for anthropophilic mosquitoes. XXII International Congress of Entomology, Brisbane, Australia, 15.-21.8.2004, Abstracts.
- GOULD, L. H., FIKRIG, E. (2004): West Nile virus: a growing concern? – J. Clin. Invest. 113: 1102-1107.
- GRATZ, N. (1999): Emerging and resurging vector-borne diseases. – Annu. Rev. Entomol. 44: 51-75.
- GRATZ, N. (2004): The vector-borne human infections of Europe – their distribution and burden on public health. – WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- HERRMANN, M. (2000): Faunistisch-ökologische Untersuchungen an Stechmücken (Diptera, Culicidae) im Naturpark Schönbuch. – Diplomarbeit Universität Tübingen.
- KAMPEN, H., STERNBERG, A., PROFT, J., BASTIAN, S., SCHAFFNER, F., MAIER, W. A., SEITZ, H. M. (2003): Polymerase chain reaction-based differentiation of the mosquito sibling species *Anopheles claviger* s.s. and *Anopheles petragrani* (Diptera: Culicidae). – Am. J. Trop. Med. Hyg. 69: 195-199.
- KNOTT, W. (1957): Die Culiciden des „Schwarzen Wassers“ bei Wesel und seiner nächsten Umgebung. – Gew. Abwäss. 17/18: 89-96.
- KNOTT, W. (1959): Niederrheinische Stechmücken – Ein Beitrag zur Ökologie der Culiciden. – Hydrobiologia 13: 1-127.
- KNUDSEN, A.B., ROMI, R., MAJORI, G. (1996): Occurrence and spread in Italy of *Aedes albopictus*, with implications for its introduction into other parts of Europe. – J. Am. Mosq. Contr. Assoc. 12: 177-183.
- KÜHLHORN, F. (1961): Untersuchungen über die Bedeutung verschiedener Vertreter der Hydrofauna und -flora als natürliche Begrenzungsfaktoren für *Anopheles*-Larven (Dipt., Culicidae). – Z. angew. Zool. 48: 129-161.
- LUNDSTRÖM, J.O. (1999): Mosquito-borne viruses in western Europe: a review. – J. Vector. Ecol. 24: 1-39.
- MALKINSON, M., BANET, C. (2002): The role of birds in the ecology of West Nile virus in Europe and Africa. – Curr. Top. Microbiol. Immunol. 267: 309-322.
- MOHRIG, W. (1969): Die Culiciden Deutschlands. – Parasitol. Schriftenr. 18, Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MURO A., GENCHI C, CORDERO, M., SIMÓN, F. (1999): Human dirofilariasis in the European Union. – Parasitol. Today 15: 386-389.
- PAMPIGLIONE S., RIVASI, F. (2000): Human dirofilariasis due to *Dirofilaria (Noctiella) repens*: an update of world literature from 1995 to 2000. – Parasitologia 42: 231-254.
- PFUNTER, A.R. (1979): A modified CO₂-baited miniature surveillance trap. – Bull. Soc. Vect. Ecol. 4: 31-35.
- PROFT, J., MAIER, W. A., KAMPEN, H. (1999): Identification of six sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae) by a polymerase chain reaction assay. – Parasitol. Res. 85: 837-843.
- SCHAFFNER, F., BOULÉTREAU, B., GUILLET, B., GUILLOTEAU, J., KARCH, S. (2001): *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) established in metropolitan France. – Eur. Mosq. Bull. 9: 1-3
- SCHENKER, W. (1985): Faunistische und taxonomische Untersuchungen der Gattung *Anopheles* im Rheinland. – Diplomarbeit Math.-Nat. Fakultät, Universität Bonn.
- SCHNEIDER, P. (1913): Beitrag zur Kenntnis der Culiciden in der Umgebung von Bonn. – Verh. Naturhist. Ver. Preuss. Rheinl. Westf. 70: 1-54.
- SCHOLTE, E.J.; DIJKSTRA, E.; JACOBS, F.; TAKKEN, W.; FRANSEN, J. (2006): *Aedes albopictus* in the Netherlands. – 15. European Society for Vector Ecology Meeting, 10.-14.4.2006, Serres, Greece, Abstracts p. 61.

- SERVICE, M.W. (1993): Mosquito Ecology – Field Sampling Methods, 2nd Edn., Elsevier Applied Science, London.
- SMITH, J.L., FONSECA, D.M. (2004): Rapid assays for identification of members of the *Culex (Culex) pipiens* complex, their hybrids, and other sibling species (Diptera: Culicidae). – Am. J. Trop. Med. Hyg. 70: 339-345.
- TAKKEN, W., GEENE, R., ADAM, W., JETTEN, T.H., VAN DER VELDEN, J.A. (2002): Distribution and dynamics of larval populations of *Anopheles messeae* and *A. atroparvus* in the deltas of the rivers Rhine and Meuse, The Netherlands. – Ambio 31: 212-218.
- VOLLMER, O. (1936): Kleiner Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung der *Anopheles* im Rheinland. – Arch. Schiffs- Tropenhyg. 40: 255-259.
- WEISSENBÖCK, H., KOLODZIEJEK, J., URL, A., LUSSY, H., REBEL-BAUDER, B., NOWOTNY, N. (2002): Emergence of Usutu virus, an African mosquito-borne flavivirus of the Japanese encephalitis virus group, central Europe. – Emerg. Infect. Dis. 8: 652-656.