

3.2.17 Potenzieller Einfluss von Klimaveränderungen auf Stechmücken und Gnitzen und die Bedeutung lokaler Umweltfaktoren in Deutschland

RENKE LÜHKEN, SONJA STEINKE & ELLEN KIEL

Potenzieller Einfluss von Klimaveränderungen auf Stechmücken und Gnitzen und die Bedeutung lokaler Umweltfaktoren in Deutschland – Stechmücken und Gnitzen standen Jahrzehnte lang nicht im Fokus der deutschen Vektorforschung. Dies änderte sich Anfang des 21. Jahrhunderts, zum einen aufgrund der Einschleppung und Etablierung exotischer, vektorkompetenter Stechmückenarten, zum anderen infolge seuchenhafter Ausbrüche von Infektionskrankheiten, ausgelöst durch zwei von Gnitzen übertragenen Viren: dem Schmallenberg- und dem Blauzungenvirus. Die meisten Folgestudien konzentrieren sich auf die geographische Verbreitung der Vektoren und deren Rolle als Überträger von Krankheitserregern, allerdings fehlen nach wie vor grundlegende Informationen über die Ökologie der Arten. So existiert z.B. für verschiedene Stechmücken- und Gnitzenarten derzeit nur ein unvollständiges Bild über ihre Brutplatzpräferenz. Die meisten Vorhersagen über die Veränderung der geographischen Verbreitung von Vektoren beruhen ausschließlich auf Klimaprojektionen. Abgesehen von den großmaßstäblichen klimatischen Bedingungen sind allerdings auch Veränderungen lokaler Umweltparameter, wie z.B. die Austrocknungsfrequenz von Gewässern, zu erwarten. Die Analyse und das Verständnis der Faktoren, welche die lokale Verbreitung und Phänologie steuern, werden es uns erlauben, zuverlässiger Aussagen über zukünftige Entwicklungen zu treffen. Der Artikel beleuchtet den aktuellen Forschungsstand zum Einfluss des Klimawandels auf Stechmücken und Gnitzen und zeigt Forschungslücken auf, die für zuverlässige Vorhersagen geschlossen werden müssen.

Potential impact of climate change on mosquitoes and biting midges and the relevance of local environmental factors in Germany - For several decades research on mosquitoes and biting midges has been neglected in Germany. This situation changed at the beginning of the 21st century due to the introduction and establishment of exotic, vector-competent mosquito species and the spread of two Culicoides-borne diseases: the Bluetongue and the Schmallenberg disease. Most subsequent studies focused on the geographic distribution of the species and their role as vectors of pathogens, but the information about the ecology is still incomplete, e.g., there is a lack of knowledge about the breeding sites of several mosquitoes and biting midges. At present, most predictions on the change of geographic distribution of vectors are based on climatic projections. However, apart from differences in the large-scaled climate, changes of other important local factors are to be expected, e.g. the drought frequency of water bodies. Therefore, studying the environmental variables, which regulate the local distribution and phenology is essential for correct predictions. This paper focuses on the current state of research about the impact of climate change on mosquitoes and biting midges and intends to highlight gaps of knowledge remaining to be closed for reliable predictions.

Obwohl mehrere Arten von Stechmücken (Diptera, Culicidae; Abb. 3.2.17-1) und Gnitzen (Diptera, Ceratopogonidae; Abb. 3.2.17-2) potenzielle Vektoren für eine Vielzahl von Krankheitserregern sind, standen sie in Deutschland mehrere Jahrzehnte lang nicht im Fokus der Forschung. Während es bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts intensive Studien zur Verbreitung von Stechmücken in Deutschland und insbesondere zur Ökologie der Malariaüberträger der Gattung *Anopheles* gab (WEYER 1938), kam dieser Forschungsbereich mit der Ausrottung der Malaria fast vollständig zum Erliegen (WEYER 1956). Ein noch größeres Forschungsdefizit besteht für die Gnitzen, die in Deutschland niemals im Fokus der Forschung standen, da sie bis vor wenigen Jahren keine nachgewiesene Rolle als Überträger von Krankheitserregern hatten.

Mit dem Ausbruch der Blauzungenerkrankung und

der Einschleppung exotischer Stechmückenarten änderte sich dies in Deutschland Anfang des 21. Jahrhunderts schlagartig. Im August 2006 kam es zu den ersten Nachweisen des Blauzungenvirus in Deutschland, Belgien und den Niederlanden (CONRATHS et al. 2012), wobei hauptsächlich Wiederkäuer an der Blauzungenerkrankung erkrankten. Hier kann sie unter anderem zu Fehlgeburten und reduzierter Milchleistung führen. In den folgenden Monaten konnte eine rapide Ausbreitung der Krankheit über ganz Europa beobachtet werden. Alleine in Deutschland verursachte die Blauzungenerkrankung durch Fehlgeburten, Entschädigungszahlungen, Impfungen etc. Kosten von mehr als 250 Millionen Euro (CONRATHS et al. 2012). Nur kurze Zeit später kam es mit dem 2011 erstmals beschriebenen Schmallenberg Virus (HOFFMANN et al. 2012) zu einer weiteren Epidemie. Dieses Virus wird ebenfalls durch

Gniten übertragen (RASMUSSEN et al. 2012). Die Krankheit machte insbesondere durch eine große Anzahl von Früh- oder Totgeburten von Lämmern und Kälbern auf sich aufmerksam und breitete sich ebenfalls rasant in Europa aus (GUBBINS et al. 2014).

Auch in Bezug auf die deutsche Stechmückenfauna traten in den letzten Jahren beachtenswerte Veränderungen auf. Unter anderem etablierte sich die exotische Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus*) in weiten Teilen Deutschlands (WERNER & KAMPEN 2013) und es gab regelmäßige Einschleppungen einzelner Individuen der exotischen Asiatischen Tigermücke (*Aedes albopictus*) (BECKER et al. 2013). Des Weiteren wurden unterschiedliche Viren in Stechmücken identifiziert (Usutu, Batai, Sindbis) (JÖST et al. 2011a, 2011b, JÖST et al. 2010). Hier fand insbesondere das Usutu Virus starke Beachtung, welches im Jahr 2011 ein Massensterben von Vögeln – vor allem Amseln – in Süddeutschland verursachte (BECKER et al. 2012). Eine Infektion mit dem Usutu Virus wurde im darauffolgenden Jahr auch bei einem Menschen in Süddeutschland festgestellt (ALLERING et al. 2012). Schlussendlich rückten durch jüngst veröffentlichte Arbeiten die parasitischen Nematoden in den Blick. In Deutschland wurde der Hundehautwurm (*Dirofilaria repens*) und der Hundeherzwurm (*Dirofilaria immitis*) in unterschiedlichen Stechmückenarten (KRONEFELD et al. 2014) und in

Hunden (SASSNAU et al. 2013) nachgewiesen. Ein erster autochthoner Fall (*Dirofilaria repens*) beim Menschen trat 2014 auf (TAPPE et al. 2014).

Stechmücken und Gniten: Aspekte des Klimawandels

In den vergangenen Jahren widmeten sich einige Studien sowohl bei Stechmücken als auch bei Gniten der genetischen Struktur von Populationen (HUBER et al. 2014b) und der Identifikation verschiedener Arten (BÖRSTLER et al. 2014). Weitere Arbeiten analysierten die Vektorkompetenz (HUBER et al. 2014a) oder die Möglichkeiten von Kontrollmaßnahmen (z.B. LÜHKEN et al. 2014a). Darüber hinaus konzentrierte sich der überwiegende Teil der Stechmücken- und Gnitenforschung in Deutschland fast ausschließlich auf eine Beschreibung der geographischen Verbreitung von Vektoren und assoziierter Pathogene.

Es ist davon auszugehen, dass Veränderungen klimatischer Parameter im Zuge des Klimawandels einen Einfluss auf die Verbreitung, Abundanz und Phänologie von Gniten und Stechmücken haben werden. Zum Beispiel sind die Reproduktion und Überlebensraten in beiden Gruppen stark von der vorherrschenden Temperatur abhängig (z.B. GUBLER et al. 2001). Diese Veränderungen, in der Kombination mit sich ändernden Inkubations- und Entwicklungszeiten von Pathogenen



Abb. 3.2.17-1: Stechmückenlarve.

Foto: Esther Timmermann (Weitere Fotos in Kap. 3.2.5 - GARMS - und Kap. 3.2.4 - KRÜGER - in diesem Band)

durch steigende Temperaturen, werden aktuell (zusammengefasst von IPPC 2014) und zukünftig (zusammengefasst von REITER 2001) das Auftreten vektorassoziierter Infektionserkrankungen signifikant beeinflussen. Auf europäischer Ebene gibt es bereits vielfach Ansätze die zukünftige Verbreitung und Phänologie von Vektoren mit Hilfe mathematischer Modelle zu analysieren. Modellierungsstudien für Stechmücken hatten dabei oftmals einen Fokus auf die Verbreitung der invasiven Asiatischen Tigermücke. FISCHER et al. (2014) haben unterschiedliche Modellierungsansätze im Überblick betrachtet. Im Zuge des Klimawandels und damit einhergehenden wärmeren und feuchteren Überwinterungsbedingungen wird eine zukünftige Ausbreitung der Art nach Norden durch den Klimawandel voraussichtlich begünstigt. Weit weniger weiß man über derartige Zusammenhänge bei einheimischen Stechmückenarten. In Europa ist beispielsweise kaum etwas über den Zusammenhang von Klimaparametern und der Populationsdynamik von Vektoren bekannt, was entsprechende Vorhersagen mit Hilfe von Klimaszenarien erschwert (zusammengefasst von ROIZ et al. 2014).

Auch für Gnitzen gibt es entsprechende Modellierungsansätze auf Basis von Klimaprojektionen. Die von Afrika ausgehende nördliche Ausbreitung von *Culicoides imicola*, dem wichtigsten Vektors für das Blauzungenvirus in Südeuropa, wird unter anderem mit dem Klimawandel erklärt (SAEGERMAN et al. 2008). In einer anderen Studie haben ACEVEDO et al. (2010) gezeigt, dass sich die Verbreitung von *Culicoides imicola* in Spanien zukünftig nicht weiter verändert, die Abundanz der Art sich dort, wo sie bereits etabliert ist, jedoch erhöhen wird.

Bedarf an Studien zu lokalen Umweltparametern

Derartige Modelle liefern wertvolle Informationen, aber haben natürlich auch Grenzen. Die Datengrundlage basiert für Stechmücken und Gnitzen z.B. überwiegend auf Lichtfallenstudien. Diese Fallen haben zum einen eine unterschiedliche Fangeffizienz für unter-

schiedliche Arten (LÜHKEN et al. 2014b). Zum anderen erlauben sie keine Rückschlüsse auf realen Populationsgrößen, sondern beleuchten vielfach sehr selektiv, bestimmte Teilgrößen der aktiven Gesamtpopulation (VIENNET 2011). Mit CO₂-Fallen werden z.B. überwiegend wirtssuchende Stechmückenweibchen gefangen. Neben diesen grundsätzlichen Problemen mit den Datensätzen für Modellierungen hebt REITER (2001) hervor, dass der Einfluss von klimatischen Veränderungen zumindest für Stechmücken oft nicht der wichtigste Faktor ist, der die Verbreitung von durch Stechmücken übertragenen Pathogenen bestimmt. So können direkte Einflüsse des Menschen, wie z.B. eine lokale Schaffung von Trinkwasserspeichern, die von Stechmücken besiedelt werden können, einen weit stärkeren Einfluss auf die Verteilung und Ausbreitung vektorassoziierte Pathogene haben.

Nach wie vor besteht ein großer Wissensbedarf bezüglich der lokalen Faktoren, welche die Verbreitung und Phänologie von Gnitzen und Stechmücken beeinflussen. So existiert insbesondere für verschiedene einheimische Stechmücken- und Gnitzenarten derzeit nur ein unvollständiges Bild über die Brutplatzpräferenz und die biotischen bzw. abiotischen Parameter, welche die Besiedlungs- und Populationsdynamik steuern. Dabei haben viele Studien erfolgreich gezeigt, dass diese Informationen bei Prognosen zur Artverbreitung hilfreich sein können.

So wurden in unterschiedlichen Modellierungsansätzen für die Asiatische Tigermücke Fachkenntnisse über die Autökologie der Art integriert. Die entsprechenden Daten, in diesem Fall zur tolerierten, minimalen Temperatur (FISCHER et al. 2014), wurden überwiegend von Fundortdaten abgeleitet, denn es gibt vergleichsweise wenig Laborstudien, die entsprechende Werte liefern. Dennoch lassen sich auf Basis dieser Informationen recht genaue, aktuelle Verbreitungskarten und Prognosen erstellen (CAMINADE et al. 2012). Gleichzeitig fehlen in Europa noch sehr viele Informationen zu dieser Art. Neben Informationen zur Geschwindigkeit der lokalen, ökologischen Anpassung der Asiatischen Tigermücke, fehlen Kenntnisse über



Abb. 3.2.17-2: Gnitzenlarve. Foto: Sonja Steinke (Siehe auch Kap. 3.2.18 - MEHLHORN - in diesem Band)

die Anzahl von Individuen, die für eine neue Etablierung in bisher nicht besiedelten Gebieten nötig ist (FISCHER et al. 2014). Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl weiterer offener Fragen, wie z.B. die Flugdistanz der Art in unterschiedlichen Habitaten oder die Anzahl von Stechmückenindividuen und deren Überlebensfähigkeit, die in Autos oder Lkws aus etablierten Gebieten in nicht etablierte Gebiete transportiert werden. Ein noch größeres Wissensdefizit existiert in Bezug auf die Ökologie der Asiatischen Buschmücke. Unterschiedliche Studien stellten die schnelle Ausbreitung der Art in Deutschland zeitlich und räumlich recht genau dar (WERNER & KAMPEN 2013), gleichzeitig fehlen jedoch Informationen über die biotischen und abiotischen Bedingungen ihrer Brutplätze.

Die meisten europäischen Studien zu Bruthabitaten von Gnitzen auf landwirtschaftlichen Betrieben betrachten die Präsenz oder Abwesen in unterschiedlichen Substraten (Kuhfladen, Misthaufen, etc.; Abb. 3.2.17-3; GONZÁLEZ et al. 2013), aber nur sehr wenige Studien analysierten auch biotische und abiotische Faktoren, die einen Einfluss auf die Verbreitung haben. ZIMMER et al. (2012) fanden einen negativen Zusammenhang zwischen der Anzahl von *Culicoides obsoletus*/*Culicoides scoticus* Larven und Puppen und dem Magnesium- und Kalziumgehalt in Silageresten, jedoch eine positive Korrelation mit dem Gehalt von Säuredetergenzienfasern und -lignin. Des Weiteren ermittelte eine Arbeit in England einen positiven Einfluss von Bodenfeuchte und Boden-pH auf das Vorkommen von *Culicoides obsoletus* (HARRUP et al. 2013).

Wie bei Stechmücken, zeigten mehrere Studien auch für Gnitzen, dass Informationen über die Autoökologie der Arten bei der Interpretation von Modellierungsstudien helfen können. Eine Modellierungsstudie

von PURSE et al. (2011) hat gezeigt, dass die Abundanz der Art *Culicoides impunctatus* auf den ersten Blick einen widersprüchlichen Zusammenhang zu Umweltparametern zeigte: eine negative Korrelation mit Rinderdichte und einen positive Korrelation mit dem Anteil der als Weide genutzten Fläche. Vorrangende Brutplatzstudien ermittelten jedoch, dass *C. impunctatus* eine Präferenz für Weiden mit höherer Binsendeckung hat (BLACKWELL et al. 1999). Somit liegt der Schluss nahe, dass diese Art Weiden präferiert, die aufgrund schwacher Beweidung und hoher Bodenfeuchte einen hohen Binsenanteil aufweisen. Ein weiteres Beispiel ist *Culicoides imicola*, die nach Modellierung von WITTMANN et al. (2001) nicht in Gebieten mit Jahresniederschlägen größer 1.000 mm vorkommt. Eine sinnvolle Interpretation wird durch die Kenntnisse der Ökologie der Puppen ermöglicht, die nicht schwimmfähig sind und sterben, wenn die Brutplätze überflutet werden (NEVILL 1967).

Fazit

Ein Verständnis und die Analyse der lokalen Faktoren, welche die Verbreitung und Phänologie von Stechmücken und Gnitzen beeinflussen, können genauere Vorhersagen und Interpretationen für zukünftige Entwicklungen im Zuge des Klimawandels ermöglichen. Modellierungsstudien nutzen oftmals eine Vielzahl großmaßstäblicher Daten (Boden, Temperatur etc.), worunter eine Interpretation der genauen ökologischen Zusammenhänge für die jeweiligen Arten leiden kann. Diese Daten können dafür sehr gut für die großflächige Vorhersage der Artverbreitung genutzt und Veränderungen der klimatischen Bedingungen (z.B. IPCC-Prognosen) leicht integriert werden. Für einige Vektoren können jedoch die lokalen Veränderungen durch den



Abb. 3.2.17-3: Misthaufen als potenzieller Brutplatz von Gnitzen (Diptera, Ceratopogonidae) mit Emergenzfallen zum Fang von Insekten, die aus dem Substrat schlüpfen, in dem Trichter nach oben fliegen und in den durchsichtigen Bechern gefangen werden. Foto: Sonja Steinke.



Abb. 3.2.17-4: Austrocknendes Stechmückengewässer auf der ostfriesischen Insel Baltrum. Foto: Renke Lühken.

Klimawandel weit entscheidender sein: z.B. die Trockenphasen und somit die Besiedlungsmöglichkeit von Gewässern für Stechmücken (Abb. 3.2.17-4). Ähnliches gilt für die Relevanz der Vektorökologie in demselben Beispiel, bei dem auch entscheidend ist, welche Vektoren solche Trockenphasen ihrer Brutplätze tolerieren können. Spätestens wenn effektive Bekämpfungsmaßnahmen notwendig scheinen, ist eine genaue Kenntnis der Brutplätze und der Ökologie der Vektoren wesentlich (z.B. CARPENTER et al. 2008).

Literatur

- ACEVEDO P., RUIZ-FONS F., ESTRADA R., MÁRQUEZ A. L., MIRANDA M. A., GORTÁZAR C. & J. LUCIENTES (2010): A broad assessment of factors determining *Culicoides imicola* abundance: modelling the present and forecasting its future in climate change scenarios. PLoS ONE 5, e14236.
- ALLERING L., JÖST H., EMMERICH P., GÜNTHER S., LATTWEIN E., SCHMIDT M., SEIFRIED E., SAMBRI V., HOURFAR K. & J. SCHMIDT-CHANASIT (2012): Detection of Usutu virus infection in a healthy blood donor from southwest Germany, 2012. Euro Surveill. 17, 20341.
- 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. A. & E. TANNICH (2013): Repeated introduction of *Aedes albopictus* into Germany, July to October 2012. Parasitol. Res. 112, 1787-1790.
- BECKER N., JÖST H., ZIEGLER U., EIDEN M., HÖPER D., EMMERICH P., FICHEL-CALVET E., EHICHOYA 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., GROSCUP M. H. & J. SCHMIDT-CHANASIT (2012): Epizootic emergence of Usutu Virus in wild and captive Birds in Germany. PLoS ONE 7, e32604.
- BLACKWELL A., LOCK K. A., MARSHALL B., BOAG B. & S. C. GORDON (1999): The spatial distribution of larvae of *Culicoides impunctatus* biting midges. Med. Vet. Entomol. 13, 362-371.
- BÖRSTLER J., LÜHKEN R., RUDOLF M., STEINKE S., MELLAUN C., BECKER S., GARMS R. & A. KRÜGER (2014): The use of morphometric wing characters to discriminate female *Culex pipiens* and *Culex torrentium*. J. Vector Ecol. 39, 204-212.
- CAMINADE C., MEDLOCK J. M., DUCHEYNE E., MCINTYRE K. M., LEACH S., BAYLIS M. & A. P. MORSE (2012): Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. J. R. Soc. Interface. 9, 2708-17.
- CARPENTER S., MELLOR P. S. & S. J. TORR (2008): Control techniques for *Culicoides* biting midges and their application in the U.K. and northwestern Palaearctic. Med. Vet. Entomol. 22, 175-187.
- CONRATHS F., ESCHBAUMER M., FREULING C., GETHMANN J., HOFFMANN B., KRAMER M., PROBST C., STAUBACH C. & M. BEER (2012): Bluetongue disease: an analysis of the epidemic in Germany 2006–2009. In: Mehlhorn, H. (ed.), Arthropods as Vectors of Emerging Diseases, Parasitology Research Monographs. Springer Berlin Heidelberg, 103-135.
- FISCHER D., THOMAS S., NETELER M., TJADEN N. & C. BEIERKUHNLIN (2014): Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections: comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches. Euro Surveill. 19, 20696.
- GONZÁLEZ M., LÓPEZ S., MULLENS B. A., BALDET T. & A. GOLDARAZENA (2013): A survey of *Culicoides* develop-

- mental sites on a farm in northern Spain, with a brief review of immature habitats of European species. *Vet. Parasitol.* 191, 81-93.
- GUBBINS S., RICHARDSON J., BAYLIS M., WILSON A. J. & J. C. ABRAHANTES (2014): Modelling the continental-scale spread of Schmallenberg virus in Europe: Approaches and challenges. *Prev. Vet. Med.*, online: doi:10.1016/j.prevetmed.2014.02.004.
- GÜBLER D. J., REITER P., EBI K. L., YAP W., NASCI R. & J. A. PATZ (2001): Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent-borne diseases. *Environ. Health Perspect.* 109 Suppl 2, 223-233.
- HARRUP L. E., PURSE B. V., GOLDING N., MELLOR P. S. & S. CARPENTER (2013): Larval development and emergence sites of farm-associated *Culicoides* in the United Kingdom. *Med. Vet. Entomol.* 27, 441-449.
- HOFFMANN B., SCHEUCH M., HÖPER D., JUNGBLUT R., HOLSTEG M., SCHIRRMAYER H., ESCHBAUMER M., GOLLER K. V., WERNIKE K., FISCHER M., BREITHAUPT A., METTENLEITER T. C. & M. BEER (2012): Novel Orthobunyavirus in cattle, Europe, 2011. *Emerg. Infect. Dis.* 18, 469-472.
- HUBER K., JANSEN S., LEGGEWIE M., BADUSCHE M., SCHMIDT-CHANASIT J., BECKER N., TANNICH E. & S. C. BECKER (2014a): *Aedes japonicus japonicus* (Diptera: Culicidae) from Germany have vector competence for Japan encephalitis virus but are refractory to infection with West Nile virus. *Parasitol. Res.*, online: doi:10.1007/s00436-014-3983-9.
- HUBER K., SCHULTZ K., RUDOLF M., MARKLEWITZ M., FONSECA D. M., KAUFMANN C., TSUDA Y., JUNGLER S., KRÜGER A., BECKER N., TANNICH E. & S. C. BECKER (2014b): Distribution and genetic structure of *Aedes japonicus japonicus* populations (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitol. Res.*, online: 10.1007/s00436-014-4000-z.
- IPCC (2014): Summary for policymakers, in: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 1-32.
- JÖST H., BIALONSKI A., MAUS D., SAMBRI V., EIDEN M., GROSCHUP M. H., GUNTHER S., BECKER N. & J. SCHMIDT-CHANASIT (2011a): Isolation of Usutu virus in Germany. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 85, 551-553.
- JÖST H., BIALONSKI A., SCHMETZ C., GUNTHER S., BECKER N. & J. SCHMIDT-CHANASIT (2011b): Isolation and phylogenetic analysis of Batai Virus, Germany. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 84, 241-243.
- JÖST H., BIALONSKI A., STORCH V., GUNTHER S., BECKER N. & J. SCHMIDT-CHANASIT (2010): Isolation and phylogenetic analysis of Sindbis Viruses from mosquitoes in Germany. *J. Clin. Microbiol.* 48, 1900-1903.
- KRONEFELD M., KAMPEN H., SASSNAU R. & D. WERNER (2014): Molecular detection of *Dirofilaria immitis*, *Dirofilaria repens* and *Setaria tundra* in mosquitoes from Germany. *Parasit. Vectors* 7, 30.
- LÜHKEN R., KIEL E. & S. STEINKE (2014a): Impact of mechanical disturbance on the emergence of *Culicoides* from cowpats. *Parasitol. Res.* 113, 1283-1287.
- LÜHKEN R., PFITZNER W., BÖRSTLER J., GARMS R., HUBER K., SCHORK N., STEINKE S., KIEL E., BECKER N., TANNICH E. & A. KRÜGER (2014b): Field evaluation of four widely used mosquito traps in Central Europe. *Parasit. Vectors* 7, 268.
- NEVILL E. M. (1967): Biological studies on some South African *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) and the morphology of their immature stages (M.Sc. thesis). M.Sc. (Agric.) Thesis. University of Pretoria, South Africa.
- PURSE B. V., FALCONER D., SULLIVAN M. J., CARPENTER S., MELLOR P. S., PIERTNEY S. B., MORDUE LUNTZ A. J., ALBON S., GUNN G. J. & A. BLACKWELL (2011): Impacts of climate, host and landscape factors on *Culicoides* species in Scotland. *Med. Vet. Entomol.* 26, 168-177.
- RASMUSSEN L. D., KRISTENSEN B., KIRKEBY C., RASMUSSEN T. B., BELSHAM G. J., BØDKER R. & BØTNER A. (2012): *Culicoides* as vectors of Schmallenberg Virus. *Emerg. Infect. Dis.* 18, 1204-1205.
- REITER P. (2001): Climate change and mosquito-borne disease. *Environ. Health Perspect.* 109, 141-161.
- ROIZ D., RUIZ S., SORIGUER R. & J. FIGUEROLA (2014): Climatic effects on mosquito abundance in Mediterranean wetlands. *Parasit. Vectors* 7, 333.
- SAEGERMAN C., BERKVEN D. & P. S. MELLOR (2008): Bluetongue epidemiology in the European Union. *Emerg. Infect. Dis.* 14, 539-544.
- SASSNAU R., KOHN M., DEMELER J., KOHN B., MÜLLER E., KRÜCKEN J. & G. VON SAMSON-HIMMELSTJERNA (2013): Is *Dirofilaria repens* Endemic in the Havelland District in Brandenburg, Germany? *Vector-Borne Zoonotic Dis.* 13, 888-891.
- TAPPE D., PLAUTH M., BAUER T., MUNTAU B., DIESSEL L., TANNICH E. & P. HERRMANN-TROST (2014): A case of autochthonous human *Dirofilaria* infection, Germany, March 2014. *Euro Surveill* 19, 20790.
- VIENNET E., GARROS C., LANCELOT R., GARDES X. A. L., RAKOTOARIVONY I., CROCHET D., DELECOLLE J.-C., MOULIA C., BALDET T. & T. BALENGHIEN (2011): Assessment of vector/host contact: Comparison of animal-baited traps and UV-light/suction trap for collecting *Culicoides* biting midges. *Int. Pest Control* 53: 201.
- WERNER D. & H. KAMPEN (2013): The further spread of *Aedes japonicus japonicus* (Diptera, Culicidae) towards northern Germany. *Parasitol. Res.* 112, 3665-3668.
- WEYER F. (1938): Die geographische Verbreitung der Rassen von *Anopheles maculipennis* in Deutschland. *Z. Für Parasitenkd.* 10, 437-463.
- WEYER F. (1956): Bemerkungen zum Erlöschen der ostfriesischen Malaria und zur *Anopheles*-Lage in Deutschland. *Z. für Tropenmedizin Parasitol.* 7, 219-228.
- WITTMANN E., MELLOR P. & M. BAYLIS (2001): Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. *Rev. Sci. Tech. Int. Off. Epizoot.* 20, 731-740.
- ZIMMER J.-Y., SAEGERMAN C., LOSSON B., BECKERS Y., HAUBRUGE E. & F. FRANCIS (2012): Chemical composition of silage residues sustaining the larval development of the *Culicoides obsoletus/Culicoides scoticus* species (Diptera: Ceratopogonidae). *Vet. Parasitol.* 191: 197-201.

Kontakt*:

Renke Lühken
 renke.luehken@uni-oldenburg.de
 Sonja Steinke
 sonja.steinke@uni-oldenburg.de
 Prof. Dr. Ellen Kiel
 ellen.kiel@uni-oldenburg.de

*Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
 Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
 Arbeitsgruppe Gewässerökologie und Naturschutz

Lühken, R., S. Steinke & E. Kiel (2014): *Potenzieller Einfluss von Klimaveränderungen auf Stechmücken und Gnuzen und die Bedeutung lokaler Umweltfaktoren in Deutschland. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent. (Kap. 3.2.17) - www.warnsignale.uni-hamburg.de.*