

3.2.10 Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) als Überträger von Krankheitserregern unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen in Europa

DOREEN WERNER & JÖRG GRUNEWALD

Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) als Überträger von Krankheitserregern unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen in Europa: Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) zeigen eine weltweite Verbreitung. Ihre Entwicklungsstadien sind in Fließgewässern jeglicher Ausprägung zu finden. Die Larven leben als Filtrierer und stellen oft einen überwiegenden Anteil der benthischen Biomasse. Gegen den unbestrittenen Wert der Präimaginalstadien in den Bruthabitaten in der Nahrungskette muss der Schaden gegenüber dem Menschen und anderen Vertebraten der adulten Mücken gestellt werden. Simuliiden können Wirbeltieren auf verschiedenen Wegen Schaden zufügen. Aus diesem Grund haben diese Mücken eine beträchtliche ökonomische Bedeutung. Die Weibchen vieler Arten dieser Mückenfamilie werden allein durch ihr Blutaufnahmeverhalten in vielen Regionen aller Kontinente als Plageerreger eingestuft. Unter bestimmten Umweltbedingungen kommt es bei manchen Arten zu Massenentwicklungen, besonders entlang großer Flachlandflüsse. Die blut-saugenden Weibchen fliegen dann die potenziellen Blutwirte in großer Zahl an und verursachen Plage- und Lästlingssituationen, wobei die Krankheitsbilder der Simuliotoxikose an Weidetieren und der Simuliose am Menschen entstehen können. Kriebelmücken sind weiterhin obligate Vektoren für Krankheitserreger, die weltweit auf Menschen, Weidetiere und Geflügel übertragen werden können: *Dirofilaria*, *Mansonella*, *Onchocerca* (Kinetoplastida: Onchocercidae) and *Leucocytozoon* (Apicomplexa: Plasmodiidae). Eine Kofaktorenrolle der Speichelinhaltsstoffe bei der Übertragung von Herpes-Viren beim Menschen wird diskutiert. Zur Kontrolle der Onchocercose in Afrika werden die Larven der Gattung *Simulium* periodisch mit chemischen und/oder bakteriellen Larviziden bekämpft. Die Simuliiden-Kontrolle mit Bioziden beruht i. W. auf »biologischen« Produkten, wie dem *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti)-Toxin. Veränderungen des Ökosystems, wie bauliche Veränderungen der Flusslandschaft, Änderungen in der Wasserqualität oder im Landschaftsmanagement, können direkt oder indirekt die Entwicklungsbedingungen für Simuliiden positiv oder negativ beeinflussen.

Black flies (Diptera: Simuliidae) and their role as disease vectors with respect to changing environmental conditions: Black flies (Diptera: Simuliidae) have a worldwide distribution. Their developmental stages inhabit all kinds of lotic waterways. The sessile larvae are filter feeders, which often form a large proportion of the benthic biomass. Against the value of the immature stages in the food chain must be set the harm caused to man and other vertebrates by the adult black flies. Simuliids can impact vertebrates in a variety of ways and for this reason are of considerable economic importance. Black fly females of many species are serious biting pests in many regions on all continents simply because they feed on blood. Under certain environmental conditions some show mass development, particularly along large lowland rivers. As a result, the haematophagous females attack potential blood hosts in huge numbers and cause serious pest and nuisance situations. Cases of simuliotoxicosis in cattle and simuliosis in humans may follow. Furthermore, black flies are obligate vectors of disease agents affecting humans, livestock and poultry in certain regions of the world: *Dirofilaria*, *Mansonella*, *Onchocerca* (Kinetoplastida: Onchocercidae) and *Leucocytozoon* (Apicomplexa: Plasmodiidae). A role of saliva components of the simuliids as co-factors supporting the transmission of human herpesviruses is discussed. For onchocerciasis control in Africa, larvae of the genus *Simulium* are periodically treated with chemical and/or bacterial larvicides. Simuliid control by biocides is mainly based on „biological“ products such as *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti)-toxin. Changes in the ecosystem, such as structural alterations of the river landscape, changes in water quality or changes in river management, may directly or indirectly affect the developmental conditions of simuliid black flies in a positive or negative sense.

In Europa besteht zunehmend das Risiko, an einer Vielzahl neuer oder erneut auftauchender Infektionen zu erkranken. Eine wesentliche Ursache für die Verbreitung von Erregern über tierische Überträger (Vektoren) sind neben dem intensiven Reiseverkehr, den Tiertransporten und den Landschaftsnutzungsänderungen (z.B. Renaturierungen) die sich wandelnden klimatischen Verhältnisse. Dies kann zur Ausbreitung und Etablierung von Vektoren und Reservoirwirten in bisher von ihnen nicht besetzten Regionen und ökologischen Nischen führen. Gezielte Vorbeugungs- und

Bekämpfungsstrategien müssen auf der Grundlage repräsentativer Untersuchungen zur Erfassung möglicher Überträger, Reservoirwirte und epidemiologischer Situationen regionalspezifisch geplant und gestaltet werden. Für fundierte Aussagen hinsichtlich der Entwicklungs- und Ausbreitungstendenzen von Schadregionen bzw. möglicher Vektoren wäre es wünschenswert, die Situation in einer bestimmten Region fortlaufend zu dokumentieren und zu überwachen. Auch die Entwicklung von Modellen, die auf einer umfassenden Datengrundlage basieren, kann dazu führen, den Einfluss des

Klimas und die dadurch verursachten Faunenveränderungen abzuschätzen. Eine bereits 2003 vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebene Studie verdeutlicht, dass für Deutschland keine angemessene Bewertung der Ausbreitungsrisiken vieler vektorbedingter Infektionskrankheiten möglich ist, da solch eine Grundlage nicht vorliegt (MAIER et al. 2003). Der Mangel an hochqualitativen epidemiologischen Daten behindert in vielen Bereichen auch das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Klima und Krankheit. Besonders deutlich wird diese Situation bei der Betrachtung des Forschungsstandes hämatophager Dipteren und der durch sie übertragenen Pathogene und Parasiten.

Neben anderen ektoparasitisch lebenden Nematoceren, wie den Culicidae (Stechmücken), Psychodidae (Schmetterlingsmücken) und Ceratopogonidae (Gnizen), spielen auch die weltweit verbreiteten Simuliidae (Kriebelmücken) als Blutsauger und Krankheitsüberträger eine bedeutende Rolle in der Tropenmedizin, angewandten Entomologie sowie Human- und Veterinärparasitologie. Sie können daher auch eine enorme soziale und wirtschaftliche Bedeutung erlangen. Die Wechselwirkungen zwischen Krankheitsserregern und Wirten sind für unsere zoogeografische Region bisher ebenso wenig beachtet worden, wie das mögliche Vektorpotenzial der Simuliidae. Die Bereitstellung von Daten wird zusätzlich durch das Problem der Artdeterminierung erschwert. Bisher sind weltweit 2.154 Simuliiden-Arten (2.142 rezente und 12 fossile) beschrieben worden (ADLER & CROSSKEY 2013). Nach ZWICK & WERNER (1999), HACKBARTH (2004), SEITZ & FORSTER (2004) und SEITZ & ADLER (2008) sind für die Bundesrepublik Deutschland 51 morphologisch zu trennende Simuliiden-Arten nachgewiesen. Nach flächendeckender Bearbeitung vernachlässigter Regionen sind jedoch ungefähr 50–60 morphologisch unterscheidbare Spezies zu erwarten. Da für viele Dipteren aber die Ausbildung isomorpher Komplexarten charakteristisch ist, dürfte die tatsächliche Artenzahl noch wesentlich höher liegen. Die Trennung solcher Komplex- oder Zwillingarten ist nur unter Einbeziehung zytotaxonomischer, biochemischer oder molekularbiologischer Techniken möglich. Es ist allgemein akzeptiert, dass diese Zwillingarten echte Arten darstellen, die sich hinsichtlich ihrer Einnischung ins Ökosystem sowie ihrer Wirts- und Vektorspezifität unterscheiden können. Für die einzelnen Zwillingarten fehlen jedoch präzise Daten hinsichtlich ihrer Bionomie, Ökologie und geografischen Verbreitung, die konkrete Aussagen zur Entwicklung potenzieller Vektoren und zum infektionsepidemiologischen Geschehen erlauben würden.

Systematik und Familiencharakteristik der Kriebelmücken

Bei den Simuliiden handelt es sich um eine relativ einheitlich gestaltete Familie innerhalb der Dipteren, die den Nematoceren zugerechnet und deren systematische Einordnung durch ihre Morphologie und Lebensweise begründet wird. Die kleinen und kompakt gebauten Mücken, die aufgrund der Ausbildung ihres buckligen Thorax, der relativ kurzen und kräftigen Beine sowie den Antennen und breiten Flügeln ein typisches Aussehen aufweisen, werden von Laien oft mit Gnizen (Ceratopogonidae) oder kleineren Fliegen verwechselt. Die Körperlänge der adulten Mücken beträgt 1,5 bis 5 mm. Ihre Körperfärbung variiert von schwarz bis grau, seltener von braun bis orange, teilweise in Verbindung mit silber- oder goldschimmernder Färbung. Der kleine robuste Kopf trägt die 9- bis 11gliedrigen Fühler. Die Ausbildung der Genitalien, Flügel und Extremitäten, das Vorhandensein und die Stellung zahlreicher Borsten sowie die Körperfärbung stellen in der Regel die wichtigsten diagnostischen Charakteristika dar.

Biologie und Ökologie der Simuliidae

Wie alle Dipteren durchlaufen Kriebelmücken einen holometabolen Entwicklungszyklus, der über sechs bis sieben Larvenstadien und das Puppenstadium zur Imago führt. Die verschiedenen Simuliiden-Arten haben sich in ihrer Lebensweise sehr an die Bedingungen unterschiedlichster Fließgewässer angepasst. Charakteristisch ist die Habitatbindung der Entwicklungsstadien durch den ausschließlichen Aufenthalt in fließenden Gewässern, wobei neben permanenten Fließgewässern auch temporäre Wasserläufe, Gletscherbäche, Moorbäche und selbst heiße Quellen besiedelt werden können. In all diesen Lebensräumen sind die Kriebelmücken ein wichtiges Glied in der Nahrungskette. Aufgrund ihrer Ernährungsweise als Filtrierer sind sie maßgeblich am Energieumsatz und der Umsetzung von organischer in anorganische Materie beteiligt.

Einfluss der Temperatur

Die Entwicklungsdauer und Generationsfolge unterscheiden sich artspezifisch und sind von diversen biotischen und abiotischen Faktoren abhängig. Einen entscheidenden Einfluss übt hierbei die Temperatur des Brutgewässers aus. Bei multivoltinen Arten können die der ersten Generation nachfolgenden Generationen bei Temperaturen um 25 °C die Entwicklung von der Eiablage bis zum Schlupf der adulten Mücke in ca. drei Wochen vollenden. Zahlreiche Arten überwintern in ihren Entwicklungsformen – meist als Larvenstadien – und können dadurch ihre Entwicklung bis zu sechs oder sieben Monate ausdehnen.

Die Habitatbindung der Entwicklungsstadien bestimmt im weitesten Sinn auch die Habitatbindung der Imagines. Nach Untersuchungen von RÜHM (1970) sowie WERNER (2003) entwickeln sich zahlreiche schädlerregende Arten der Gattung *Simulium* bereits im Frühjahr (März–Mai) in großen Mengen. Den Schlüsselreiz für die Verpuppung nach der Überwinterungsphase gibt die Temperaturerhöhung. Wenn natürliche Gegenspieler im Ökosystem fehlen, z.B. nach Renaturierungsmaßnahmen von Gewässern, kommen die Simuliiden oft in hoher Dichte zur Entwicklung.

In manchen Lebensräumen kann die Anzahl der Simuliiden-Larven pro Quadratmeter 6.000 übersteigen (WERNER 2003). Durch charakteristische abiotische Faktoren, die einen synchronisierten Schlupf der Mücken bewirken, kommt es in solchen Regionen auch zu einem Massenaufreten der Imagines. Neben der Entwicklung der präimaginalen Stadien und dem Schlupf der adulten Mücken beeinflussen die abiotischen Faktoren auch die Lebensdauer sowie das Aktivitätsmaximum der Imagines. Zu diesen Faktoren gehören in erster Linie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag sowie Licht- und Windverhältnisse (CROSSKEY 1990). Die Flug- und Stechaktivität werden durch die gleichen allgemeinen Umweltfaktoren beeinflusst. Simuliiden sind tagaktiv und reagieren phototaktisch positiv. Blutaufnahme in der Dunkelheit wurde bisher nicht nachgewiesen. Die Entwicklung und Aktivität der Simuliiden werden in tropischen Gebieten durch den Wechsel von trockenen mit heißen Jahresabschnitten, in nördlichen Breitengraden durch den Wechsel kalter Winter mit warmen Sommern bestimmt (MCCREADIE et al. 1986).

Klimatische Veränderungen, wie z.B. starke großflächige Temperaturerhöhungen um 2 bis 3 Grad Celsius, beeinflussen neben dem Schwebstoffaufkommen auch das Wachstum von Mikrofauna und -flora in Fließgewässern und ändern somit auch die Wasserqualität dieser potenziellen Brutgewässer. Diese Umstände können eine Veränderung der Artzusammensetzung der Kriebelmücken, der Verbreitung der Arten und somit auch der Ökosystemfunktionen bewirken (KAZANCI 2006).

Die adulten Kriebelmücken ernähren sich in beiden Geschlechtern hauptsächlich von zuckerhaltigen Pflanzensäften. Die Weibchen zahlreicher Arten benötigen jedoch zusätzlich eine Blutmahlzeit für den Eireifungsprozess und sind bei Massenaufreten gefürchtete Lästlinge. Aus diesem Grund kommt es in entsprechenden Regionen saisonal zu erheblichen Behinderungen in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Tourismus. Der Aufenthalt im Freien ist dann wegen der steten Anflüge dieser Mücken kaum möglich.

Entstehung von Massenpopulationen

Starke Veränderungen im Artenspektrum sind für diverse Tiergruppen nachweislich auf anthropogen bedingte Umweltfaktoren, d.h. auf Veränderungen in den Biozönosen, zurückzuführen. Betrachtet man die anthropogenen Einflüsse in Europa in ihrer Gesamtheit, so lassen sich z.B. Verschiebungen im Verbreitungsgebiet einzelner Simuliiden-Arten feststellen, die spekulativ mit der Klimaerwärmung korrelierbar wären. Auch die Bemühungen, Flüsse und Ströme in naturnahe Ökosysteme zurückzuführen, haben dazu geführt, dass sich verschiedene Simuliiden-Arten in Massen entwickeln können. Beispiele hierfür finden sich an den größeren Flachlandflüssen Oder und Elbe, die seit Jahrzehnten im Interessenkonflikt zwischen Wasserwirtschaft, Naturschutz, Fremdenverkehr und Grenzbau stehen. Wie die anderen Flachlandflüsse in Mitteleuropa waren Oder und Elbe in früheren Jahren dadurch gekennzeichnet, dass ihr Verschmutzungsgrad extrem hoch war. Ein inzwischen deutlich verminderter Verschmutzungsgrad der Gewässer und eine ausreichende Phytoplankton-Biomasse als Nahrungsgrundlage führten zur Wiederbesiedlung dieser Bruthabitate mit einem extremen Anstieg in der Entwicklung der Simuliiden-Populationen. Diese Besiedlungs- bzw. Wiederbesiedlungsphase wird im Allgemeinen durch die Struktur des Bruthabits und die Wasserqualität des Fließgewässers geprägt und hat dadurch einen starken Einfluss auf die Biodiversität und die Populationsausbildung einzelner Arten.

Durch die anthropogenen Einflüsse sind neben der Minimierung der Artenvielfalt auch verbesserte Verbreitungsmöglichkeiten spezieller Arten zu beobachten. Veränderungen im Artenspektrum der Simuliiden sind während der letzten Jahre offensichtlich geworden. So breiten sich *Simulium nigrum* und *S. reptans* zunehmend aus und sind für zahlreiche Todesfälle an Rindern verantwortlich. In Veröffentlichungen aus der Frühphase des letzten Jahrhunderts wird hingegen nie von Belästigungen und Schädwirkungen in den aktuellen Schadregionen berichtet. Es gibt außerdem einige Beispiele für Simuliiden-Arten, für die aufgrund der anthropogen veränderten Brutgewässer ein »Einwandern« nach Mitteleuropa postuliert wird (WERNER 2006, 2007). Jedoch fehlt oftmals Material in historischen Insektensammlungen, das eine abgesicherte Aussage hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Faunenstruktur zwischen früher und heute zulässt.

Human- und veterinärmedizinische Bedeutung der Simuliidae

Aufgrund der Rolle der Simuliidae als temporäre Ektoparasiten und Vektoren von Parasiten bei Mensch und Tier, des Plage- und Schadaufreitens sowie des daraus

resultierenden ökonomischen Einflusses beschäftigen sich Biologen, Limnologen, Veterinär- und Humanmediziner seit Jahrzehnten bzw. Jahrhunderten (z.B. Verlauf der Donau / Verbreitung *S. colombaschense*) mit dem Vorkommen und der spezifischen Verbreitung der Kriebelmücken in definierten Schadgebieten.

Simuliiden können Menschen und Wirbeltiere auf vielfältige Weise beeinträchtigen. Man unterscheidet zwischen einer Belästigung von Wirbeltieren ohne Stiche und einer, die mit Stichen verbunden ist. In letzterem Fall können die Simuliiden als reine Plageerreger fungieren oder, wenn die Blutaufnahme mit der Übertragung von Krankheitserregern einhergeht, als Vektoren.

Die durch einen Massenschlupf bedingten riesigen Mückenschwärme können von Menschen, selbst wenn es nicht zu Stichen kommt, als sehr lästig empfunden werden. Weidetiere sind unter solchen Bedingungen in ihrem natürlichen Verhalten erheblich beeinträchtigt und werden durch die anfliegenden Mücken stark gestresst. Beim Landen und Umherkriechen auf der Haut des Wirtes können die Mücken in Körperöffnungen, wie Ohren, Nase und Maul, gelangen. Werden sie in großer Anzahl inhaled, können sekundäre pulmonale Probleme auftreten.

Zum Blutsaugen werden dünnhäutige, kapillarreiche Körperpartien des Wirtes im Kopfbereich bzw. am Rand der Bekleidung an den Extremitäten und am Kragen bzw. Halsausschnitt bevorzugt. Werden größere Blutgefäße beschädigt, kann dies zu stark blutenden Wunden führen. Das Austreten von Blut aus der Wunde wird durch die Abgabe eines toxischen Speicheldrüsensekrets, welches u.a. die Blutgerinnung hemmt, verstärkt.

Simuliiden-Stiche sind besonders bei sensiblen Personen, die stark allergisch reagieren, gefürchtet. Der Stich ruft in zahlreichen Fällen durch die Ausschüttung von körpereigenem Histamin heftige Iktusreaktionen hervor. Um die Einstichstelle kann es zur Knötchenbildung, zu schmerzhaften Erythemen und zur Ödembildung kommen. Gelegentlich breitet sich die Schwellung auf die gesamte Extremität aus. Wiederholte Stiche der Simuliiden sind die Ursache für ein Krankheitssyndrom, welches beim Menschen als »Simuliose« bezeichnet wird. Hierbei kann es zusätzlich zu den Hautirritationen zu diversen allgemeinen Symptomen bis hin zu erheblichen Kreislaufproblemen oder sogar zum Schock kommen.

Bei Weidetieren ist oft das Schadbild der Simulio-toxikose zu beobachten, welches auf eine Überempfindlichkeitsreaktion gegenüber Stichen der Gattung *Simulium* zurückzuführen ist. Ausgelöst wird sie durch das toxische Speicheldrüsensekret, welches beim Saug-

akt von den Mücken in die Stichwunde injiziert wird. Nicht selten wird ein Weidetier in einem Schadgebiet in kurzer Zeit von 6.000 bis 10.000 Mücken gestochen. Als Folge können sich eine Blutvergiftung sowie ein akuter Schock einstellen.

Simuliiden als Vektoren

Zahlreiche Simuliiden-Arten bzw. -Artenkomplexe spielen bei der Übertragung von Krankheitserregern eine wesentliche Rolle. Dies trifft vor allem auf Parasiten tropischer und subtropischer Regionen zu. Allgemein können beim Saugakt Viren, Protozoen und Filarien übertragen werden, über deren Pathogenität aber oft unzureichende Kenntnis besteht.

Viren: Die Übertragung von Arboviren durch Simuliiden, die beim Menschen zu Krankheitssymptomen führen, ist bisher mangelhaft untersucht worden. Nach dem bisherigen Kenntnisstand können Viren zwar von Simuliiden aufgenommen werden, sind jedoch nicht in der Lage, sich in Körpergeweben der Mücken in einem Umfang zu vermehren, der es erlauben würde, nach der Übertragung beim betroffenen Wirt eine Erkrankung zu verursachen. Der einzige Nachweis für die Vermehrung von Arboviren in einer Simuliide wurde mit dem Whartaroa-Virus unter Laborbedingungen nach der künstlichen Infektion durch Mikroinjektion in den Thorax der Mücke erbracht. Bei Mücken, die an virusinfizierten Mäusen gefüttert wurden, fand jedoch keine Vermehrung des Virus statt (AUSTIN 1967).

Simuliiden stehen auch im Verdacht, eine Rolle bei der Übertragung von Pemphigus-Erkrankungen, einer Gruppe von Autoimmunerkrankungen, zu spielen. Ein Beispiel hierfür ist der endemisch auftretende Brasilianische *Pemphigus foliaceus* (BPF) (KUNTE et al. 1997). Weiterhin wird vermutet, dass Simuliiden auch an der Übertragung des menschlichen Herpes-Virus beteiligt sind, welches das Kaposi-Sarkom verursacht (ASCOLI et al. 2002).

Außerdem sollen Simuliiden bei der Übertragung des equinen Enzephalitis-Virus, des Rifttal-Virus sowie des vesikulären Stomatitis-Virus, die bei Mensch bzw. Tieren zu Infektionen führen können, eine gewisse Rolle spielen. Bekannt ist auch, dass der Erreger der Myxomatose (Kaninchenpest), *Leporipoxvirus myxomatosis*, durch Simuliiden übertragen wird.

Protozoen: Simuliiden können einzellige Blutparasiten der Gattung *Leucocytozoon* (Apicomplexa: Plasmodiidae) auf Vögel und eine *Trypanosoma*-Art (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) sowohl auf Vögel als auch auf andere warmblütige Wirbeltiere übertragen (OLSEN 1974), was vor allem in den Geflügelfarmen Nordamerikas große ökonomische Schäden verursacht. Obwohl auch Infektionen einheimischer Vögel mit diesen Blut-

parasiten bekannt sind, gibt es in Europa kaum Untersuchungen zu ihrer Übertragung und Verbreitung durch Simuliiden.

Nematoden: Innerhalb der Nematoden werden Arten der Onchocercidae (Filarioidea), wichtige Parasiten des Menschen, von Simuliiden übertragen. Die sich im wirbellosen Zwischenwirt entwickelnden infektiösen Larvenstadien reproduzieren sich im infizierten Wirbeltier (Endwirt), d.h. in diversen Säugern (inklusive Mensch) und Vögeln. Humanpathogene Vertreter dieser Parasiten sind *Mansonella ozzardi*, die von Mexiko bis Nord-Argentinien verbreitet ist, sowie vor allem *Onchocerca volvulus* in Afrika, im Jemen, in Mittel- und Südamerika.

Weitere *Onchocerca*-Arten bei Säugern mit Simuliiden als Vektoren sind z.B. *O. ochengi* und *O. dukei* im tropischen Afrika, die in Wildrindern bzw. Zebus nachgewiesen wurden, die Rinderfilarie *O. lienalis* sowie *O. tarsicola* in Rehen und Rentieren in Europa. Bei *Dirofilaria ursi* und *Splendidofilaria fallisensis* in Kanada handelt es sich um tierische Filarien, die ebenfalls von Simuliiden übertragen werden (vgl. ADDISON 1980, WERNER & GRUNEWALD 2010). Einige Arten der Mermitoidea nutzen Simuliiden als Zwischenwirte.

Vorkommen und Übertragungszyklus der Onchozerkose (Flussblindheit)

Die größte epidemiologische Bedeutung erlangen einige *Simulium*-Arten durch die Übertragung der Filarie *O. volvulus*, dem Erreger der humanpathogenen, Blindheit verursachenden Onchozerkose. Mehr als 40 Mio. Menschen waren in den subtropischen und tropischen Regionen Afrikas von dieser Krankheit betroffen bis

die Onchozerkose-Bekämpfungsprogramme (OCP und APOC) der Weltgesundheitsorganisation (1974–2002 bzw. 2010) die Übertragung drastisch reduzierten.

Die Onchozerkose ist vor allem entlang von Flüssen, in denen die Entwicklungsstadien der Überträgerarten zur Entfaltung kommen, verbreitet. Endemiegebiete reichen von Westafrika bis nach Äthiopien. Jedoch auch in Kenia, Tansania und Malawi kommt bzw. kam die Onchozerkose vor. Ferner sind endemische Herde im Jemen sowie in Mittel- und Südamerika bekannt (Abb. 3.2.10-1).

Die adulten weiblichen Filarien leben in subkutanen Bindegewebsknoten der Patienten. Die von ihnen über viele Jahre hinweg produzierten Larven (Mikrofilarien) breiten sich durch das subkutane Gewebe in die peripheren Lymphgefäße aus. Eine chronische Dermatitis mit starkem Juckreiz sowie Hautveränderungen sind die Folge abgestorbener Mikrofilarien im subkutanen Bindegewebe. Bei ihren Wanderungen können die Mikrofilarien auch in die Augen eindringen, vor allem wenn sich Knoten am Kopf oder in der Schulterregion befinden, und dort absterben, was von einer sklerotisierenden Keratitis (Hornhauttrübung) bis hin zur völligen Erblindung führen kann.

Die beim Stich mit dem Blut aufgenommenen Mikrofilarien durchbrechen die Darmwand der Simuliide und wandern in die Thoraxmuskulatur ein. Nach zwei Häutungen der Larve reift das invasionsfähige, infektiöse dritte Larvestadium heran, das bei einem erneuten Saugakt der Mücke auf einen weiteren Wirt übertragen werden kann. Im so genannten Endwirt (Mensch) häuten sich diese Larven noch zweimal und werden dann geschlechtsreif.

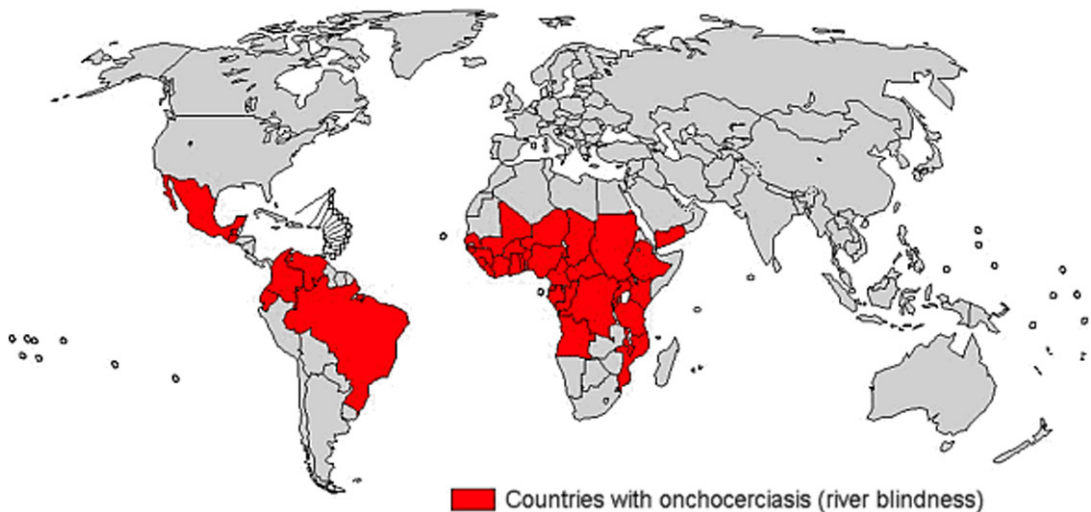


Abb. 3.2.10-1: Weltweite Verbreitung der Onchozerkose, Stand 2014 [Quelle: WHO (http://www.who.int/blindness/publications/oncho_world.gif)].

Klimaveränderungen und ihre Auswirkungen auf Simuliiden-Populationen

Es ist nicht anzunehmen, dass es allein auf Grundlage einer Klimaerwärmung zu einer allgemeinen Ausbreitung und Massenvermehrung von Simuliiden kommen wird, jedoch können durch Renaturierungsmaßnahmen, wie z.B. durch die Umstrukturierung größerer Flusssysteme in Flachlandbereichen in naturnahe Lebensräume, Grundlagen geschaffen werden, die zusammen mit einer Klimaveränderung auch zur Veränderung der Besiedlung durch Kriebelmücken führen.

Basierend auf dem bisherigen Kenntnisstand ist aufgrund zunehmender Erderwärmung ebenso wenig mit einem Vordringen tropischer Kriebelmückenarten nach Europa auszugehen. Auch eine Ausbreitung der Onchozerkose in Deutschland nach Einschleppung durch infizierte Patienten ist sehr unwahrscheinlich. In Europa lassen sich Patienten leicht isolieren und mit Ivermectin behandeln, so dass sie für eine Übertragung nicht zur Verfügung stehen.

Außerdem ist es fraglich, ob einheimische Simuliiden-Arten *O. volvulus* übertragen können. Bei Versuchen mit natürlichen Infektionen von *S. ornatum* und *S. equinum*, zwei in Deutschland sehr häufigen Arten, mit *O. volvulus* starben die infizierten Simuliiden-Weibchen innerhalb von 24 Stunden, während die Weibchen der Kontrollversuche überlebten (GRUNEWALD, unveröffentl.). Sollten kompetente Vektorarten in Europa vorkommen, wäre es jedoch prinzipiell denkbar, dass sich andere Nematoden, die durch Simuliiden übertragen werden können, im Zuge einer Klimaerwärmung nach Südeuropa oder weiter nördlich ausbreiten könnten. Obwohl FAULDE & HOFFMANN (2001) die Simuliiden Mitteleuropas nicht als Vektoren betrachten, besteht dringender Aufklärungs- und Forschungsbedarf über deren potenzielle Vektorrolle.

Schlussbetrachtung

Auf die Ausbildung und die Verbreitung von Simuliiden-Populationen können Klima- und Umweltveränderungen in starkem Maß Einfluss nehmen. Die Veränderungen abiotischer und biotischer Faktoren im Umweltgefüge können vielfach zu einer Ausbreitung der entsprechenden Arten über die bestehenden Verbreitungsgrenzen hinaus führen und begünstigen somit die Entwicklung neuer Schadregionen. Besonders deutlich wird dies am Phänomen der Entstehung von Massenpopulationen in anthropogen veränderten und beeinflussten Gebieten des Flachlandes. Inwieweit sich Krankheitserreger, die durch Simuliiden übertragen werden, aufgrund der Änderung klimatischer Einflüsse über ihre eigentlichen Verbreitungsgebiete (Tropen bzw. Subtropen oder auch in bestehenden europäischen

Regionen) hinaus ausbreiten, ist nicht geklärt. Es ist theoretisch jedoch denkbar, dass eine Entwicklung von Krankheitserregern auch in einheimischen, bisher unerkannt gebliebenen vektorkompetenten Arthropoden möglich ist. Genaue Daten zur Bionomie, Ökologie, Vektorkompetenz und geografischen Verbreitung der verschiedenen Arten sind dringend erforderlich, um konkrete Angaben zur Wirts- und Vektorspezifität sowie zur Entwicklungstendenz potenzieller Vektoren und zur eventuellen Übertragung tropischer und subtropischer Krankheitserreger in Europa machen zu können.

Literatur

- ADDISON, E. M. (1980): Transmission of *Dirofilaria immitis* (Yamaguti, 1941) (Nematoda: Onchocercidae) of black bears (*Ursus americanus*) by black flies (Simuliidae). - Can. J. Zool. 58: 1913-1922.
- ADLER, P. H. & R. W. CROSSKEY (2013): World blackflies (Diptera: Simuliidae): A comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory [2013]: <http://www.clemson.edu/cafls/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf>.
- ASCOLI, V., MANNO, D., GUZZINATI, S., TOGNAZZO, S., ZAMBON, P., ARCA, B., COSTANTINI, C. & M. COLUZZI (2002): La puntura di artropodi ematofagi quale possibile cofattore nella trasmissione di HHV8 (Human Herpes Virus 8) e nell'espressione del sarcoma di Kaposi. - Rend. Fis. Acc. Lincei 13: 71-88.
- AUSTIN, F. J. (1967): The arbovirus vector potential of a simuliid. - Ann. Trop. Med. Parasitol. 61: 189-199.
- CROSSKEY, R. W. (1990): The Natural History of Blackflies. - John Wiley, Chichester, U.K., 711 S.
- FAULDE, M. & G. HOFFMANN (2001): Vorkommen und Verhütung vektorassoziierter Erkrankungen des Menschen in Deutschland unter Berücksichtigung zoonotischer Aspekte. - Bundesgesundheitsbl., Gesundheitsforsch., Gesundheitsschutz 44: 116-136.
- HACKBARTH, W. (2004): Erster Nachweis der Kriebelmücke *Simulium degrangei* für Deutschland (Simuliidae, Diptera). - Lauterbornia 49: 19-31.
- KAZANCI, N. (2006): Ordination of Simuliidae and climate change impact. - Acta entomol., Suppl. 2006: 69-76.
- KUNTE, C., BARBOSA, J. M., WOLFF, H. & M. MEURER (1997): Brasilianischer Pemphigus foliaceus (Fago selvagem). - Der Hautarzt 48: 228-233.
- MCCREADIE, J. W., COLBO, M. H. & G. F. BENNETT (1986): The influence of weather on host seeking and blood feeding of *Prosimulium mixtum* and *Simulium venustum/verecundum* complex (Diptera: Simuliidae). - J. Med. Entomol. 23: 289-297.
- MAIER, W. A., GRUNEWALD, J., HABEDANK, B., HARTELT, K., KAMPEN, H., KIMMIG, P., NAUCKE, T., OEHME, R., VOLLMER, A., SCHÖLER, A. & C. SCHMITT (2003): Mögliche Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung von primär humanmedizinisch rel-

- evanten Krankheitserregern über tierische Vektoren sowie auf die wichtigen Humanparasiten in Deutschland. - Climate Change 05/03, Forschungsbericht 20061218/11 im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA-FB 000454). 341 S.
- OLSEN, O. W. (1974): Animal Parasites, their Life Cycles and Ecology. - University Park Press, Baltimore, MD, 3rd edition. 562 S.
- RÜHM, W. (1970): Zur Steuerung der Kriebelmückenschäden durch einige Umweltfaktoren. - Z. angew. Ent. 6: 253-258.
- SEITZ, G. & M. FORSTER (2004): Erstnachweis von *Simulium (Rubzovia) lamachi* (Diptera, Simuliidae) in Deutschland. - Lauterbornia 49: 33-36.
- SEITZ, G. & P. H. ADLER (2008): A new species of *Simulium vernum* group (Diptera, Simuliidae) from the Alps of southeastern Germany. - Aquat. Ins. 31: 1-10.
- WERNER, D. (2003): The Simuliidae (Diptera) of the River Oder and its tributaries, with special reference to the re-appearance of *Simulium (Schoenbaueria) nigrum* (Meigen) in larger rivers in Central Europe. - J. Nat. Hist. 37: 1509-1528.
- WERNER, D. (2006): Kriebelmücken (Simuliidae). Informationsbroschüre zur Morphologie, Lebensweise und Verbreitung der Kriebelmücken unter Berücksichtigung der Schadregionen in Deutschland sowie des Krankheitsbildes Simuliose und des Schadbildes Simuliotoxikose. - Studia dipterol. 13: 337-358.
- WERNER, D. (2007): The impact of chemical control and subsequent renaturation on the development of mass populations of black flies (Diptera: Simuliidae), as illustrated by the Central European River Oder. - Brit. Simuliid Group Bull. Suppl. 27: 23-24.
- WERNER, D. & J. GRUNEWALD (2010): Kriebelmücken (Diptera, Simuliidae) und ihre Rolle als Krankheitsüberträger. - Denisia 30: 233-243.
- ZWICK, H. & D. WERNER (1999): Simuliidae. In: SCHUMANN, H., BÄHRMANN, R. & A. STARK (Hrsg.): Checkliste der Dipteren Deutschlands. - Studia dipterol. Suppl. 2: 80-82.

Kontakt:

Dr. Doreen Werner

Institut für Landnutzungssysteme, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V., Müncheberg

Doreen.Werner@zalf.de

Dr. Jorg Grunewald

Universität Tübingen

WERNER, D. & J. GRUNEWALD (2014): Kriebelmücken (Diptera: Simuliidae) als Überträger von Krankheitserregern unter Berücksichtigung sich verändernder Umweltbedingungen in Europa. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffentlich. (Kap. 3.2.10) - www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.