

3.2.4 *Aedes*-Arten als Überträger von Arboviren

ANDREAS KRÜGER

Zusammenfassung: *Aedes*-Arten als Überträger von Arboviren – Global betrachtet sind *Aedes*-Stechmücken und die durch sie übertragenen Arboviren eine wachsende Gesundheitsgefahr. Neben der weiter fortschreitenden Ausbreitung von *A. aegypti*, dem Hauptüberträger von Dengue-, Gelbfieber- und Chikungunya-Viren in den Tropen, stellt zunehmend auch *A. albopictus* als eine der invasivsten Tierarten überhaupt ein Problem dar. Dafür waren und sind in erster Linie anthropogene Ursachen verantwortlich, z.B. Schiffs- und Straßentransporte. Begünstigend wirkt sich daneben die hohe Anpassungsfähigkeit von *A. albopictus* an menschliche Infrastrukturen aus. Dagegen scheinen Klimafaktoren im Ganzen nur eine untergeordnete Rolle gespielt zu haben, könnten aber gerade mit Blick auf Mitteleuropa zukünftig die weitere Ausbreitung nach Norden beeinflussen.

Aedes species as arbovirus vectors: At a global scale, *Aedes* mosquitoes and *Aedes*-transmitted arboviruses such as dengue viruses represent an increasing threat to human health. Not only has *Aedes aegypti*, the primary vector of dengue, yellow fever and chikungunya viruses, (re-)emerged throughout the tropics, but a second(ary) vector species, *Ae. albopictus*, is now on the agenda as one of the world's worst invasive species. Above all, anthropogenic factors attributed to this spread, e.g. slave trade and trade shipping. In addition, these species are able to adapt perfectly to human habitation. Yet, climate factors seemed to play only a minor role in this context, but might contribute to future spreading towards temperate regions including Central Europe.

Die Stechmücken (Familie Culicidae) repräsentieren mit weltweit über 3500 Arten eine der größten Gruppen blutsaugender Insekten und die wohl wichtigsten medizinisch relevanten Arthropoden überhaupt. Innerhalb dieser Familie lassen sich drei Unterfamilien auftrennen, die z.T. sehr unterschiedliche medizinische Relevanz haben. So fungieren als Überträger der gefürchteten Malaria ausschließlich Arten der Gattung *Anopheles* (Unterfamilie Anophelinae), auch Gabel- oder Fiebermücken genannt, von denen beispielsweise in Deutschland sieben Arten bekannt sind. Demgegenüber kommen hier etwa 25 *Aedes* bzw. *Ochlerotatus*-Arten vor (Tribus Aedini; so genannte Wald- und Wiesenmücken); weltweit kennt man über 1000. Diese gehören zur Unterfamilie Culicinae, d.h. den Stechmücken im engeren Sinne. Die nächsten Verwandten von *Aedes/Ochlerotatus* sind somit vor allem Arten der Gattungen *Culex* und *Culiseta* mit den landläufig bekannten Hausmücken.

Die biologischen Besonderheiten von Aedini-Mücken sind vielfältiger Natur. So können die embryonierten Larven beispielsweise im Ei längere Trockenphasen überdauern und die Brutgewässer sind meist temporär, trocknen also über längere Zeit im Jahr aus. Die Adulten sind meist tagaktiv und repräsentieren in der nördlichen Hemisphäre die wichtigsten Plageerreger, während in den Tropen eher *Culex*-Arten von Bedeutung sind. Adulte Aedini-Mücken besitzen in der Regel eine bräunliche bis schwarze Grundfärbung mit silbrig-weißer oder gelblicher Zeichnung, das Abdomen ist im Gegensatz zu anderen Gattungen zugespitzt.

Die beiden Arten mit großer medizinischer Relevanz, die Gelbfiebermücke *Aedes aegypti* und die Asia-

tische Tigermücke *Aedes albopictus*, lassen sich an Hand der unterschiedlichen weißen Thoraxzeichnung unterscheiden (s. Abb. 3.2.4-1). Aedini, insbesondere die eben genannten Arten, sind an der Übertragung zahlreicher tropischer Viren beteiligt. Abgeleitet vom

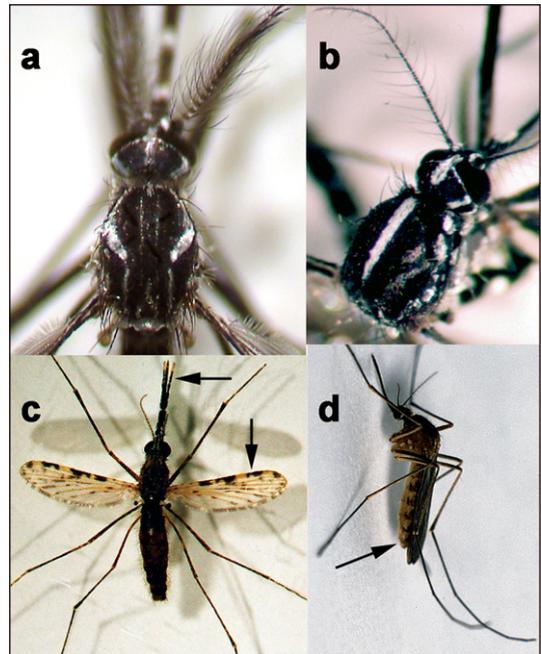


Abb. 3.2.4-1: a. *Aedes aegypti* mit typischer, lyra-förmiger Thoraxzeichnung; b. *Ae. albopictus* mit typischer weißer Linie auf dem Thorax; c. *Anopheles* sind meist durch gefleckte Flügel und verlängerte Taster gekennzeichnet (Pfeile); d. *Culex* haben ein gerundetes Hinterleibsende (Pfeil) und sind ansonsten unauffällig gefärbt.

englischen Begriff »arthropod-borne viruses« werden diese beziehungsweise alle durch Insekten und Zecken übertragenen Viren als »Arboviren« bezeichnet. Historisch besonders relevant ist vor allem das Gelbfieber, dem zusammen mit der Malaria etwa ein Viertel aller am Bau des Panamakanals beteiligten Arbeiter und Angestellten, rund 22.000 Menschen, zum Opfer fielen, weshalb die erste Bauphase abgebrochen wurde. In den letzten Jahren sind dagegen virusbedingte Infektionskrankheiten wie das West-Nil-Fieber oder das Chikungunya-Fieber näher in unser Bewusstsein gerückt. Diese treten nicht mehr nur in tropischen Entwicklungsländern, sondern auch in hygienisch hoch entwickelten Staaten wie den USA, der Mittelmeerküste oder beliebten Urlaubszielen wie Mauritius auf, obwohl vermeintlich ebenfalls anthropogen, kommt noch die mögliche Vektor- und Erregerausbreitung im Zuge der Klimaveränderungen hinzu.

Aedes aegypti und Gelbfieber

Der natürliche, erst 1932 in Südamerika entdeckte Übertragungszyklus des Gelbfieber-Virus (Familie Flaviviridae) ist eine Zoonose bei Primaten, die Regenwaldbewohner sind, sowie Überträger-Mücken der Gattung *Haemagogus* (in Amerika) bzw. *Aedes africanus* (in Afrika). Man spricht daher auch vom sylvatischen Gelbfieber. Erst durch Vordringen in diese Lebensräume kommt der Mensch mit dem Virus gelegentlich in Kontakt. Mückenarten wie z.B. *Aedes bromeliae* nutzen die wasser-gefüllten Blattachseln von Bananenstauden als Brutplätze. Da die vom Menschen geschaffenen Plantagen einen wald-ähnlichen Charakter haben und meist unmittelbar an die Primärwälder angrenzen, kann *Ae. bromeliae* als sogenannter Brücken-Vektor zwi-

schen Affe und Mensch in Erscheinung treten. Ist erst einmal der Sprung auf einzelne Menschen geschafft, müssen diese nur noch mit ihrer »Ware«-Virus und z.B. Bananen – auf die Märkte der nächsten größeren Ortschaft gehen, wo sie nun auf *Ae. aegypti* treffen. Diese Art pflegt, in Bezug auf Brutstätten und Bluthunger, eine sehr menschnahe Lebensweise und kann als urbaner Kulturfolger bezeichnet werden. Außerdem ist *Ae. aegypti* ein potenter Gelbfieber-Überträger und kann somit zum Verursacher des epidemischen »Stadt-Gelbfiebers« werden.

Aedes aegypti gehört, genauso wie *Ae. africanus*, *Ae. bromeliae* und *Ae. albopictus*, zur Untergattung *Stegomyia*. Neueren Erkenntnissen zufolge (REINERT et al. 2004) wurde *Stegomyia* auf Gattungsrang erhoben, so dass gelegentlich nur noch von *Stegomyia aegypti* oder *St. albopicta* (man beachte das veränderte Geschlecht) die Rede ist.

Die Epidemiologie des Gelbfiebers ist von drei biogeografischen Phänomenen geprägt. Einerseits ist bis heute strittig, ob das Virus ursprünglich nur in Afrika oder Amerika endemisch war. Andererseits kommt der einzige humanrelevante Überträger, die primär aus Afrika stammende *Ae. aegypti*, heute weltweit in den Tropen vor, während das Virus lediglich im sub-saharischen Afrika und in Südamerika vorkommt (Abb. 3.2.4-2).

Allerdings ist bis heute unklar, warum sich die Krankheit nicht auch nach Asien ausgebreitet hat, wo Überträger, Klima und potenzielle Reservoirtiere durchaus auch vorhanden wären. Noch im 19. Jahrhundert wurde selbst Europa, insbesondere Süd- und Westeuropa von Epidemien heimgesucht, deren Quelle importierte infizierte Mücken waren, während zur gleichen Zeit (und bis in die 1950er Jahre) *Ae. aegypti* hier heimisch war. Seitdem ist

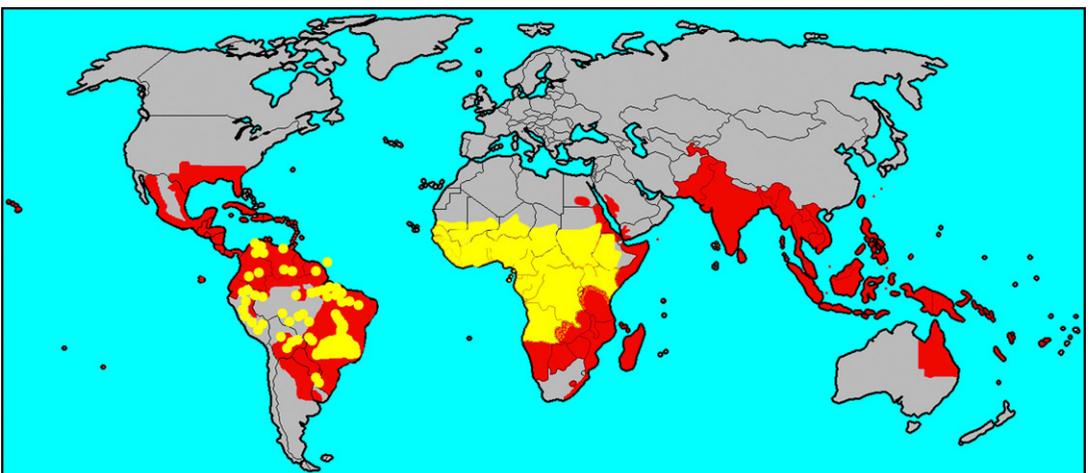


Abb. 3.2.4-2: Heutige Verbreitung von *Aedes aegypti* (Rot) und Gelbfieber (Gelb).

die Mücke jedoch aus unbekanntem Gründen im gesamten Mittelmeerraum verschwunden (ERITJA et al. 2005). Dass dies nicht so bleiben muss, zeigt das Wiederauftreten an der russischen Schwarzmeerküste (RIABOVA et al. 2005) und auf der portugiesischen Atlantikinsel Madeira (SEIXAS et al. 2013). Unter der Annahme, dass historische Klimaschwankungen nicht-anthropogenen Ursprungs waren, lässt die Geschichte von *Ae. aegypti* und Gelbfieber besonders in Europa darauf schließen, dass weniger klimatische als vielmehr anthropogene Faktoren (Transport bzw. Verschleppung) für Veränderungen verantwortlich waren.

Aus humanmedizinischer Sicht hat die wiederholte und fortdauernde Ausbreitung bzw. Verschleppung von *Ae. aegypti* zu einer der folgenreichsten und nachhaltigsten biologischen Invasionen überhaupt geführt. Sieht man einmal von der ausgeprägten Anthropophilie (Vorliebe für Menschen) dieser Mücke ab, die sie zu einem unangenehmen Plageerreger werden lässt, so müssen vor allem zwei andere Eigenschaften hervorgehoben werden. An erster Stelle steht hierbei die Überträgerbedeutung für Gelbfieber sowie weitere Arboviren. Auf Grund der Tagaktivität von *Ae. aegypti* bieten selbst Bettnetze, wie sie gegen Malaria-Mücken empfohlen werden, keinen Schutz. Abschwächend könnte man dazu anführen, dass es gegen Gelbfieber eine Impfung gibt und dass man *Ae. aegypti* erfolgreich mittels Insektiziden bekämpfen (allerdings schwerlich ausrotten!) kann. Hierbei muss jedoch die Betonung auf ‚kann‘ liegen, denn in der Praxis hat sich diese Vektorbekämpfung oft als sehr schwierig, wenn nicht sogar als unmöglich erwiesen. Hat sich *Ae. aegypti* einmal etabliert, ist seine Kontrolle in heutigen tropischen Großstädten, wie z.B. Rio de Janeiro oder Lagos mit ih-

ren ausufernden Slums und unbewältigten Müllproblemen, und hinsichtlich des umfangreichen internationalen Handels- und Güterverkehrs eine nahezu unlösbare Aufgabe. Jede mit Regenwasser gefüllte Cola-Dose oder, wie in publizierten Fällen von Manila und Buenos Aires, Blumenvasen auf Friedhöfen (VEZZANI 2007) bieten *Ae. aegypti* optimale Brutbedingungen. Somit erweist sich die peridomestische Lebensweise, die in anderen Fällen, wie z.B. Chagas-übertragenden Raubwanzen, eine Bekämpfung erleichtert, als trügerische Vorteil.

Aedes aegypti und Dengue

Während die Bedeutung des Gelbfiebers seit der Verfügbarkeit eines Impfstoffes eher historischer Art ist, zählt Dengue-Fieber (DEN) heute nach der Malaria zur wichtigsten durch Mücken übertragenen Krankheit. Der ebenfalls zu den Flaviviren gehörende Erreger existiert in fünf Subtypen. Im Unterschied zum Gelbfieber-Virus hat das DEN-Virus kein Säugetier-Reservoir, auch wenn in Afrika und Malaysia vereinzelt natürlich infizierte Affen gefunden wurden. Als Überträger spielt besonders wieder *Ae. aegypti** ein Rolle, aber weitere Arten wie *Ae. polynesiensis**, *Ae. scutellaris** und *Ae. niveus* im asiatisch-pazifischen Raum sowie *Ae. furcifer*, *Ae. taylori*, *Ae. luteocephalus**, *Ae. opok** und *Ae. africanus** in Westafrika sind ebenfalls von Bedeutung (* = Untergattung *Stegomyia*). Auf die Rolle von *Ae. albopictus* soll später näher eingegangen werden.

Wegen des weltweiten Auftretens lässt sich am Beispiel von DEN besonders gut erkennen, wie die Verbreitung von Vektor und Virus korreliert. Für beide besteht offensichtlich eine klimatische Abhängigkeit, die sich überwiegend auf die feuchten Tropen Amerikas, Afrikas, Asiens und des Pazifiks bezieht (Abb. 3.2.4-3).

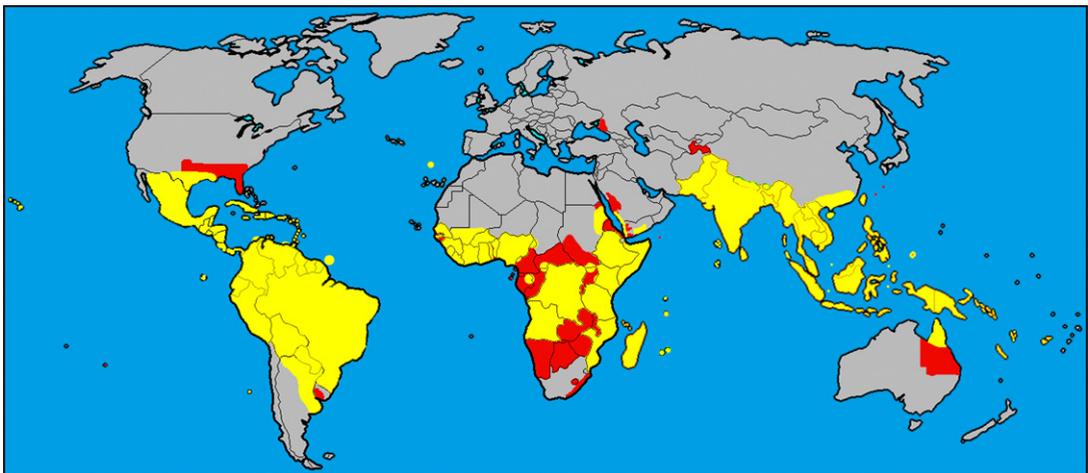


Abb. 3.2.4-3: Gemeinsame Verbreitung von *Aedes aegypti* und Dengue-Viren: Gelbe Flächen. Rot: nur *Ae. aegypti*.

Regionen mit geringem Risiko reichen allerdings auch in gemäßigte Breiten, wo *Ae. aegypti* zumindest zeitweise heimisch war, bereits wieder ist oder werden könnte. In Griechenland wurden 1928 über 1 Million DEN-Fälle registriert, von denen über 1.000 starben und noch bis Mitte des letzten Jahrhundert war *Ae. aegypti* praktisch im gesamten mediterranen Raumsüdlich der 12,8 °C Jahres-Isotherme verbreitet. Dabei ist allerdings interessant, dass es nur Vermutungen zu den Gründen des Verschwindens der Mücke ab den 1950er Jahren gibt, ähnlich wie zum zeitgleichen Erlöschen der Malaria in West- und Mitteleuropa einschließlich Deutschlands. In beiden Fällen könnte die ausgiebige Applikation von DDT vor allem in der Landwirtschaft eine maßgebliche Rolle gespielt haben. Die langsam einsetzende Klimaerwärmung hätte jedenfalls Mücken und Malaria eher begünstigen müssen. Wie temperaturabhängig die Entwicklung sein kann, zeigen folgende Zahlen: Larven von *Ae. aegypti* entwickeln sich bei 35 °C in nur etwa 7 Tagen, bei 15 °C aber in 40 Tagen. Im Zusammenhang mit der oben erwähnten Ansiedlung auf Madeira kam es ab Ende 2012 zum ersten DEN-Ausbruch in Europa seit fast 100 Jahren, bei dem sich etwa 2000 Personen infizierten (SOUSA et al. 2012).

***Aedes albopictus*, ein »emerging vector« für »emerging diseases«**

Die Asiatische Tigermücke *Ae. albopictus* ist heute neben *Ae. aegypti* weltweit einer der wichtigsten Überträger von Arboviren wie z.B. DEN- oder Chikungunya-Viren (CHIKVirus). Ein epidemisches Auftreten des CHIK-Virus war seit 2005 auf den Inseln im Indischen

Ozean zu verzeichnen. Klassische Endemiegebiete der normalerweise nicht letal verlaufenden CHIK-Virus-Infektion waren u.a. Länder Ostafrikas, was sich im Suaheli-Ursprung des Namens der Krankheit widerspiegelt („Gekrümmter Mann“; auf die starken Gelenk- und Muskelschmerzen hindeutend). In Ostafrika galt *Ae. aegypti* als Hauptüberträger, während im Bereich des Indischen Ozeans vorwiegend *Ae. albopictus* das CHIK-Virus zu übertragen scheint. Die ozeanischen Archipele zählten spätestens seit dem 19. Jh. zum Verbreitungsgebiet dieser überwiegend südostasiatischen Art. Mittlerweile könnte die Tigermücke aber auch in anderen Weltregionen als Überträger von Krankheitserregern zu Problemen führen (Abb. 3.2.4-4).

Das erste Neuaufreten in moderner Zeit wurde 1979 in Albanien beobachtet, und von da an verlängerte sich die Länderliste nahezu jährlich, nachdem dieser exotische Eindringling in Teilen Südamerikas, der Karibik, des Pazifik und vor allem in Nordamerika heimisch wurde (zu Europa s. unten). Erstaunlich wenige Beobachtungen gibt es bislang aus Afrika (KAMGANG et al. 2013). Trotzdem gehört *Ae. albopictus* zu den »100 of the World's Worst Invasive Alien Species«.

Die Ursache für die Ausbreitungswelle ist partiell in der Lebensweise der Mücke zu finden. Ähnlich wie *Ae. aegypti* ist auch *Ae. albopictus* ein Behälterbrüter, d.h. ihre Larven leben nicht in offenen Wasserstellen wie die von *Culex*- oder *Anopheles*-Mücken, sondern in wasser-gefüllten Hohlräumen jeglicher Art. Die Tigermücke hat sich insbesondere über den interkontinentalen Altrefenhandel sowie in neuerer Zeit mittels sogenannter »Lucky Bamboo« (*Dracaena* sp.) -Exporte aus Asien verbreitet. Die Verschleppung kann außer im adulten Stadium auch als Larve, Puppe oder als Ei statt-

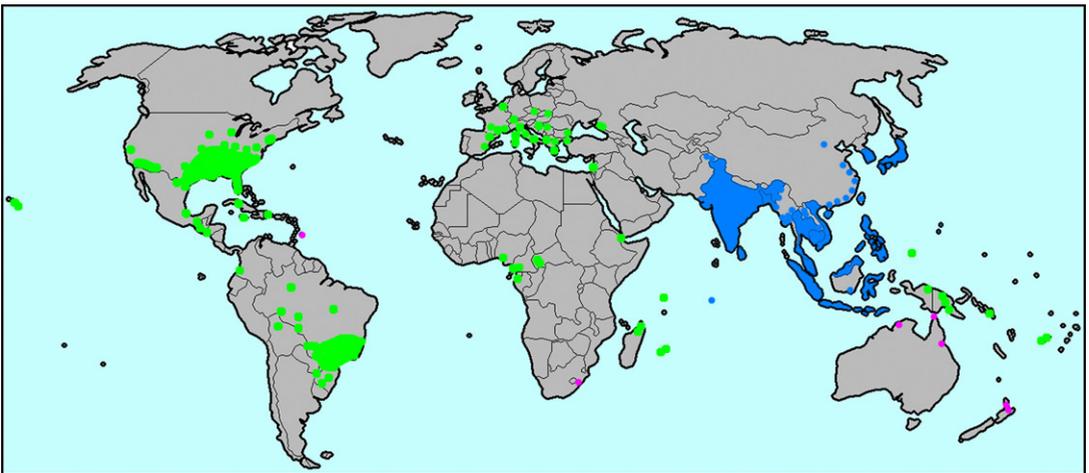


Abb. 3.2.4-4: Verbreitung von *Aedes albopictus*. **Blau:** ursprüngliches Verbreitungsareal; **Grün:** Besiedlung in moderner Zeit; **Violett:** Besiedlung konnte abgewehrt werden (z.B. Südafrika, Australien).

finden. *Aedes*-Weibchen legen ihre Eier im Unterschied zu anderen Mücken nicht auf der Wasseroberfläche, sondern am Rand potenzieller Gewässer oder Behälter ab. Die Eier weisen eine gewisse Trockenresistenz auf bzw. benötigen zur Reifung sogar eine Trockenphase. Dies kann sich über eine Zeitspanne von mehreren Monaten hinziehen, eine optimale Voraussetzung für das Überdauern bei längeren Schiffstransporten. Eine weitere Überdauerungsstrategie, die eine Besiedlung gemäßiger Breiten wie Nordamerika ermöglichte, ist die Überwinterung (Hibernation; als sogenannte Diapause ebenfalls im Ei-Stadium), die normalerweise bei tropischen Arten nicht vorkommt. Man weiß allerdings heute, dass es besonders im gemäßigten Japan Mücken-Populationen gibt, die sich auch in nördlicheren Regionen wie den USA oder Europa ansiedeln konnten, während die Populationen in Südamerika oder Afrika aus dem tropischen Südostasien stammen.

Die USA erlebten Mitte der 1980er Jahre die Einschleppung von *Ae. albopictus* und nur etwa 15 Jahre später das erstmalige Auftreten des West-Nil-Virus (WNV), eine Koinzidenz, die sich als weniger schwerwiegend erwies als anfangs befürchtet. Hauptüberträger von WNV, das eine Zoonose von Zugvögeln ist, sind Vogelblut bevorzugende *Culex*-Mücken, die jedoch in den USA, anders als in Europa, weniger wirtsspezifisch sind und bei Bedarf noch eher Menschenblut annehmen als die europäischen Populationen und somit geeignete Brücken-Vektoren für das Virus darstellen. Das Virus breitete sich binnen weniger Jahre über alle US-Bundesstaaten aus und führte seitdem zu Tausenden von Erkrankungen und mehreren Hundert Todesfällen. Gerade die hohe Mortalität ist bemerkenswert und könnte auf einen Virulenzsprung hinweisen, der beim Übergang von der Alten in die Neue Welt aufgetreten wäre. Ursprünglich war WNV in erster Linie als Pferdekrankheit bekannt, allerdings auch mit einer hohen Virulenz. Todesfälle beim Menschen waren jedoch bei Ausbrüchen in Süd- und Osteuropa bzw. in Afrika die Ausnahme.

Somit ist der heutige Stand der, dass *Ae. albopictus* zwar experimentell weit über 20 Arboviren übertragen kann, in der Natur gegenwärtig aber nur als effektiver Vektor für CHIK-Viren und als Sekundärvektor (nach *Ae. aegypti*) für DEN-Viren fungiert und in den neu besiedelten Gebieten Südamerikas, Afrikas und Europas nur vereinzelt eine Überträger-Rolle spielt (zu Europa s. folgenden Absatz).

Aedes albopictus in Europa

Ähnlich wie im Falle von *Ae. aegypti* (vor 1950) ist auch bei *Ae. albopictus* mittlerweile deutlich geworden, dass deren Auftreten in Europa weniger dem wärmer

werdenden Klima als vielmehr unmittelbaren anthropogenen Einflüssen, z.B. Altreifenhandel und Fernverkehr, zuzuschreiben ist. Wie bereits erwähnt, können bei *Ae. albopictus*, im Unterschied zu *Ae. aegypti*, Anpassungen an verschiedene Klimazonen beobachtet werden, die darauf beruhen, dass es bereits in Asien, dem Herkunftsgebiet dieser Mücke, sowohl nördliche Populationen mit Fähigkeit zur Überwinterung als auch tropisch-äquatoriale und somit kalteempfindliche Populationen gab. Für die kalteresistenten Formen wird als nördliche Verbreitungsgrenze die -5 °C Januar-Isotherme angenommen. Somit könnte insbesondere eine Abmilderung unseres Winterklimas ein Vorrücken der Tigermücke nach Mitteleuropa beschleunigen. Zum Vergleich: die nördliche Verbreitungsgrenze des DEN-Virus wird entlang der $+10\text{ °C}$ Januar-Isotherme gesetzt, die etwa durch Süditalien verläuft.

Die bisherige Invasion Süd- und Mitteleuropas liest sich folgendermaßen: 1. Albanien (1979), 2. Italien (1990), 3. Frankreich (1999), 4. Belgien (2000), 5. Montenegro (2001), 6. Schweiz (2003), 7. Kroatien und Spanien (2004), Bosnien-Herzegowina, Griechenland, Slowenien und den Niederlanden (2005), Deutschland (2007), Malta (2009), Monaco (2010), Bulgarien (2011), Tschechien (2012). Inwieweit es jeweils zu einer dauerhaften Ansiedlung gekommen ist, zeigt die aktuelle Karte der ECDC (2013). Zumindest in Italien gilt *Ae. albopictus* mittlerweile als Lästling. Für Deutschland haben Untersuchungen seit 2011 gezeigt, dass es zumindest wiederholt zu Einschleppungen entlang der Süd-Nord-Transitautobahnen in Baden-Württemberg und Bayern kam, wobei eine Etablierung hier nach wie vor nicht belegt ist (BECKER et al. 2013) (Abb. 3.2.4-5).

Für den Mittelmeerraum hat MITCHELL (1995) das Vektor-Potenzial von *Ae. albopictus* für Arboviren folgendermaßen eingestuft: hoch für DEN- und Riftalfieber-Viren (»rift valley fever«, RVF); mittelhoch für WNV und Gelbfieber-Virus; niedrig für Sindbis-Virus (s. nächster Abschnitt). Für weitere Viren waren bislang keine Daten verfügbar, die das Vektorpotenzial der Tigermücke ausreichend belegen. Obwohl nicht in der Liste benannt, ist es aber in 2007 zum Erstausbruch von durch *Ae. albopictus* übertragenem CHIK in Mittel-Italien (Emilia Romagna) gekommen, wo ca. 200 Menschen innerhalb weniger Wochen infiziert wurden.

RVF ist eine Zoonose bei ostafrikanischen Huftieren, jedoch scheint das Hauptreservoir die Überträgermücke zu sein, da das Virus transovariell, also über die Eier in der Mückenpopulation weitergegeben wird. Ostafrikanische Überträgerarten sind u.a. *Aedes dalzielii*, *Ae. durbanensis*, *Ae. lineatopennis* sowie zahlreiche *Culex*-, *Mansonia*- und *Anopheles*-Arten. Während besonders niederschlagsreicher Regenzeiten kommt es

etwa alle 10-15 Jahre zu explosionsartigen Zunahmen der Mückendichten und anschließend zu RVFAusbrüchen, die sich dann auf Nutztierherden und den Menschen ausbreiten. Für die Humaninfektion spielen die Vektoren keine große Rolle mehr, da das Virus auch durch Kontakt mit bzw. Verzehr von infektiösem Fleisch übertragbar ist. Vermutlich führten entsprechende Fleischtransporte auch schon zu kleineren Ausbrüchen in Ägypten, Mauretanien und Saudi Arabien. Die Nähe zu Südeuropa deutet an, dass durch Fleischexporte oder bei Vorhandensein eines Vektors durchaus auch eine Ausbreitung nach Norden denkbar wäre. Im November 2006 kam es zu einem Ausbruch in Kenia, der innerhalb von 2 Monaten über 120 Menschenleben forderte. Dies entspricht einer Sterblichkeitsrate von ca. 30 Prozent. Bei jungen Tieren kann die Mortalität sogar 100 Prozent erreichen. Bereits Ende Januar 2007 hatte sich die Epidemie nach Somalia im Norden bzw. Anfang Februar nach Tansania im Süden ausgebreitet. Einen ganz ähnlichen Verlauf hatte der bis dahin größte Ausbruch im gleichen Gebiet neun Jahre zuvor (WOODS et al. 2002).

Bei der Frage nach dem Vektorpotenzial von *Ae. albopictus* in Europa muss man, trotz des CHIK-Ausbruchs in Italien, davon ausgehen, dass exotische Vi-

ren normalerweise temperaturabhängiger sein werden als Mücken und dem Vektor nicht automatisch folgen. Andererseits ist das Vorkommen eines kompetenten Vektors natürlich Voraussetzung für ein erfolgreiches Vordringen eines Erregers bzw. einer Krankheit.

Weitere invasive bzw. exotische Aedini-Arten in Europa

Als mittlerweile etabliert angesehen werden kann *Ochlerotatus japonicus*, der Japanische Buschmosquito, in großen Teilen Südost- und Westdeutschlands, Belgiens sowie der Schweiz, Österreichs und Sloweniens. Daneben traten in den letzten Jahren *Oc. atropalpus* in den Niederlande (nicht etabliert, stammt aus Nordamerika) sowie *Ae. koreicus* in Norditalien und Belgien lokal auf (MEDLOCK et al. 2012). All diesen Arten wird bislang kein relevantes Vektorpotenzial zugesprochen.

In Mitteleuropa heimische Aedini-Arten und Arboviren

Wie eingangs schon erwähnt, sind aus Deutschland 25 *Aedes*- und *Ochlerotatus*-Arten bekannt. Zahlreiche heimische Arten gehören zur Gattung *Ochlerotatus*, vormals eine Untergattung von *Aedes*. Als kompetente

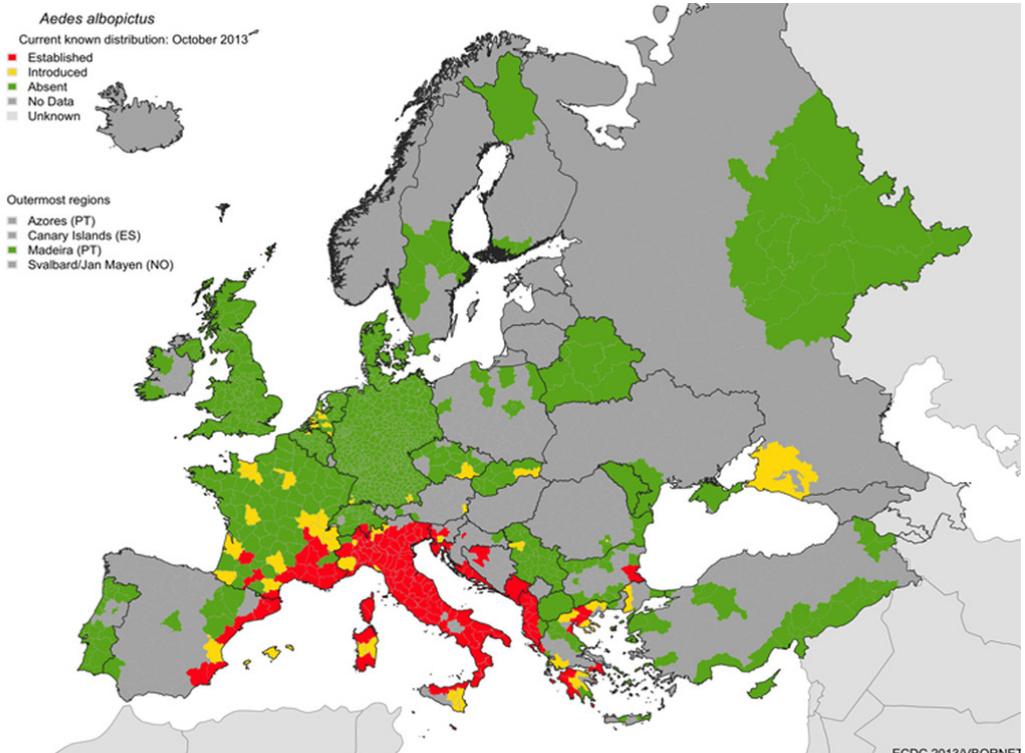


Abb. 3.2.4-5: Aktuelle Verbreitung von *Aedes albopictus* in Europa. Rot: etabliert; Gelb: eingeschleppt, aber Etablierung noch unsicher; Grün: kein Vorkommen (Quelle: ECDC/Vbornet, 2013).

Vektoren in Mitteleuropa sind hauptsächlich die vier Arten *Ae. vexans*, *Ae. cinereus*, *Ochlerotatus caspius* und *Oc. cantans* von Interesse. Diesen gegenüber stehen neun bislang in Europa identifizierte durch Mücken übertragene Arboviren, von denen fünf, Sindbis-Virus, WNV, Tahyna-Virus, Batai-Virus und Inkoo-Virus, als Krankheitserreger gelten. Aus Deutschland liegen aktuell einige Beobachtungen für Usutu-, Sindbis- und Batai-Viren vor, insbesondere aus Baden-Württemberg. Hierbei spielen jedoch andere Arten wie z.B. die Hausmücke *Culex pipiens* als Überträger eine Rolle. Dies gilt besonders für die Übertragung von Usutu-Viren, die in den Jahren 2011-12 für ein regelrechtes Amselsterben in Süddeutschland verantwortlich waren. Auf Grund der Ereignisse in den USA in Bezug auf WNV und der dortigen Vektorrolle von *Culex*-Arten muss damit gerechnet werden, dass diese Arbovirose auch in Europa in naher Zukunft verstärkt auftritt.

Ungeachtet dessen muss man berücksichtigen, dass alle genannten Viren zoonotisch sind, d.h. natürlicherweise in freilebenden Tieren (Vögel, Säuger) vorkommen und in deren Lebensräumen durch sogenannte enzootische Vektoren übertragen werden. Diese sind oft wenig anthropophil, d.h. meiden wenn möglich den Menschen als Wirt. Daher bedarf es für die Übertragung auf den Menschen entsprechender Brücken-Vektoren, die eine geringe Wirtsspezifität zeigen und z.B. Vögel und Menschen gleichermaßen anfliegen. Bislang gehört Mitteleuropa also nicht zu den Hochrisikogebieten von nominell tropischen Arboviren wie DEN, WNV oder CHIK und nur bedingt zu den Verbreitungsgebieten hochkompetenter, exotischer *Aedes*-Überträger. *Aedes aegypti* war zumindest historisch in Südeuropa heimisch, während sich *Ae. albopictus* in den letzten Jahren ausbreitet. Eine Klimaerwärmung könnte diesen Arten Vorschub leisten. Man muss aber davon ausgehen, dass importierte Viren selbst mildere mitteleuropäische Winter nicht tolerieren. Vereinzelt Übertragung in warmen Sommern könnte jedoch möglich sein.

Schlussbetrachtung

Die Gesundheitsrisiken von durch *Aedes*-Arten übertragenen Viruserkrankungen sind, weltweit gesehen, beträchtlich und in Zunahme begriffen. Hauptursache hierfür sind bislang jedoch nicht Klimaveränderungen, sondern unmittelbar menschliches Verhalten. Sowohl das Eindringen in Naturherde als auch die aktive und passive Verschleppung von Vektoren und Viren haben ihren Teil dazu beigetragen. Obwohl eng an den Men-

schen gebunden, sind die Mücken nur sehr schwer zu kontrollieren und eine zukünftige Klimaerwärmung könnte die Probleme weiter in gemäßigten Breiten, also auch nach Mitteleuropa ausweiten. Erste Anzeichen dafür sind bereits erkennbar, so dass eine entsprechende Überwachung, analog zur Einschleppung von Krankheiten, ratsam wäre.

Literatur

- 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.
- ERITJA, R.; ESCOSA, R.; LUCIENTES, J.; MARQUÈS, E.; MOLINA, R.; ROIZ, D. & S. RUIZ (2005): Worldwide invasion of vector mosquitoes: present European distribution and challenges for Spain. *Biol. Invasions* 7: 87-97.
- KAMGANG, B.; NGOAGOUNI, C.; MANIRAKIZA, A.; NAKOUNÉ, E.; PAUPY, C. & M. KAZANJI (2013): Temporal patterns of abundance of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and mitochondrial DNA analysis of *Ae. albopictus* in the Central African Republic. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 7: e2590.
- MEDLOCK, J. M.; HANSFORD, K. M.; SCHAFFNER, F.; VERSTEIRT, V.; HENDRICKX, G.; ZELLER, H. & W. VAN BORTSEL (2012): A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 12: 435-447.
- MITCHELL, C. J. (1995): The role of *Aedes albopictus* as an arbovirus vector. *Parassitologia* 37: 109-113.
- REINERT, J. F.; HARBACH, R. E. & I. J. KITCHING (2004): Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages. *Zool. J. Linn. Soc.* 142:289-368.
- RIABOVA, T. E.; IUNICHEVA, I. V.; MARKOVICH, N. I.; GANUSHKINA, L. A.; ORABEL, V. G. & V. P. SERGIEV (2005): Detection of *Aedes (Stegomyia) aegypti* L. mosquitoes in Sochi city. *Med. Parazitol. (Mosk.)* Jul-Sep (3): 3-5.
- SEIXAS, G.; SALGUEIRO, P.; SILVA, A. C.; CAMPOS, M.; SPENASSATTO, C.; REYES-LUGO, M.; NOVO, M. T.; RIBOLLA, P. E.; PINTO, J. P. & C. A. SOUSA (2013): *Aedes aegypti* on Madeira Island (Portugal): genetic variation of a recently introduced dengue vector. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 108 Suppl 1: 3-10.
- SOUSA, C.A.; CLAIROUIN, M.; SEIXAS, G.; VIVEIROS, B.; NOVO, M.T.; SILVA, A.C.; ESCOVAL, M.T. & A. ECONOMOPOULOU (2012): Ongoing outbreak of dengue type 1 in the Autonomous Region of Madeira, Portugal: preliminary report. *Euro Surveill.* 17: 8-11.
- VEZZANI, D. (2007): Review: Artificial container-breeding mosquitoes and cemeteries: a perfect match. *TMIH* 12: 299-313.
- WOODS, C. W.; KARPATI, A. M.; GREIN, T.; MCCARTHY, N.; GATURUKU, P.; MUCHIRI, E.; DUNSTER, L.; HENDERSON, A.; KHAN, A. S.; SWANEPOEL, R.; BONMARIN, I.; MARTIN, L.; MANN, P.; SMOAK, B. L.; RYAN, M.; KSI-AZEK, T.G.; ARTHUR, R. R.; NDIKUYEZE, A.; AGATA, N. N. & C. J. PETERS (2002): WHO Hemorrhagic Fever Task Force. An outbreak of Rift Valley Fever in northeastern Kenya, 1997-98. *EID* 8: 138-144.

Dr. Andreas Krüger
Tropenmedizin, Bundeswehrkrankenhaus Hamburg
krueger@bni-hamburg.de

Krüger, A. (2014): *Aedes*-Arten als Überträger von Arboviren. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen*. 2. Auflage. *Elektron. Veröffent. (Kap. 3.2.4)* - www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de.