

## 3.2.2 Wird die Malaria wieder eine Gefahr für Europa?

HELGE KAMPEN

**Wird die Malaria wieder eine Gefahr für Europa?** *Anopheles*-Arten, die die früheren Überträger von Malariaerregern repräsentieren, sind nach wie vor weit verbreitet in Europa. Ihr Vorkommen wird im Wesentlichen durch die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Verfügbarkeit von Blutwirten und geeigneten Brutplätzen bestimmt. Mit der Klimaerwärmung, die die Entwicklung der Malariaparasiten in den Mücken beschleunigen könnte, steigt die Furcht, dass es zu neuen Fällen autochthoner Malaria oder sogar zu Malariaepidemien kommen könnte, wenn sich einheimische potenzielle Vektoren während der Blutaufnahme an Parasiten-tragenden Tropenreisenden infizieren würden. In nördlicheren Regionen Europas wird außerdem befürchtet, dass effizientere Überträger aus dem Süden einwandern könnten. Unter den aktuellen Bedingungen der medizinischen Versorgung und des Gesundheitssystems ist jedoch die Wahrscheinlichkeit einer Neuetablierung endemischer Malaria in Europa als vernachlässigbar einzuschätzen. Im Gegensatz dazu muss mit steigenden Temperaturen und angesichts des weiter zunehmenden Massentourismus in endemische Länder mit einem Anstieg individueller autochthoner Malariafälle gerechnet werden, da Infektionsquellen für einheimische *Anopheles*-Mücken stetig nach Europa gebracht werden.

**Will malaria become a threat to Europe again?** *Anopheles* mosquito species representing former malaria vectors are still widely distributed across much of Europe, their occurrence being mainly determined by temperature, humidity and availability of blood hosts and suitable breeding sites. As the climate becomes warmer and might accelerate the development of malaria parasites in the mosquitoes, fear is rising that the indigenous potential vectors may produce new cases of autochthonous malaria or even malaria epidemics after feeding on the blood of travellers infected with the parasites. In more northern regions of Europe there is additional concern that more efficient malaria vectors will invade from the south. However, given the present medical care and public health system, the probability of endemic malaria becoming re-established in Europe is considered negligible. In contrast, an increase in numbers of individual autochthonous malaria cases must be assumed under a scenario of rising temperatures considering the ever-growing mass tourism to and from endemic countries resulting in the permanent introduction into Europe of infection sources for indigenous *Anopheles* mosquitoes.

### Malaria in Europa früher und heute

Obwohl die Malaria heute i.W. in den Tropen und Subtropen vorkommt, ist sie keineswegs eine reine Tropenkrankheit. Zweifellos sind die Bedingungen für eine endemische Übertragung in tropischen Regionen besonders günstig, da das feuchtwarme Klima oft hohe Populationsdichten von potenziellen Überträgern hervorbringt und die relativ stabilen hohen Temperaturen eine schnelle Entwicklung der Malariaerregers in den Mücken erlaubt. Dazu kommen gewöhnlich allgemein schlechte sozioökonomische Verhältnisse und eine mangelhafte medizinisch-hygienische Infrastruktur. Mückenkontrollprogramme werden aus verschiedenen Gründen nicht konsequent und flächendeckend durchgeführt, und eine medikamentöse Behandlung der Malariapatienten ist oft nicht gegeben, so dass sie als Infektionsquellen für weitere Mücken dienen. Die Geschichte der Malaria in Europa zeigt, dass nicht nur das Klima, sondern auch letztgenannte Faktoren die Malariapandemiologie entscheidend beeinflussen können.

Die Malaria war noch bis ins 19. Jahrhundert in Europa weit verbreitet. Sogar Skandinavien und Großbritannien waren betroffen (BRUCE-CHWATT & DE ZULUETA 1980). In Deutschland waren Endemiegebiete insbesondere in der nördlichen Tiefebene (Marschen) zu finden, wo viele Mückenbrutgebiete vorhanden wa-

ren. Von den heute fünf bekannten humanpathogenen Plasmodien-Arten kamen drei in Europa vor. *Plasmodium vivax*, ein Erreger der Malaria tertiana, war am weitesten verbreitet, weniger häufig trat der Erreger der Malaria quartana, *P. malariae*, auf. Am seltensten war *P. falciparum*, der Verursacher der, falls unbehandelt, oft tödlich verlaufenden Malaria tropica.

Auch wenn der komplette Malariazyklus erst Anfang des 20. Jahrhunderts aufgeklärt wurde, so erkannte man bereits früh den Zusammenhang zwischen Feuchtgebieten und Krankheitsfällen (LANCISI 1717) (Abb. 3.2.2-1), sah allerdings lange in der schlechten Luft (»mala aria«), die aus den Sümpfen kam, die Ursache (s. CORRADETTI 1987). Primär um für die unter den sich langsam verbessernden sozioökonomischen und hygienischen Bedingungen wachsende Bevölkerung Acker- und Weideland zu gewinnen, begann man im 18. Jahrhundert mit der großflächigen Trockenlegung von Feuchtgebieten, wie Sümpfen, Mooren, Burggräben etc. Ebenso stand eine enorme Intensivierung der Viehwirtschaft mit einer deutlichen Vermehrung der Rinderpopulationen bevor. In den folgenden Jahrzehnten ging die Malariainzidenz im gesamten Europa kontinuierlich zurück, da erstens weniger Brutgewässer für die *Anopheles*-Mücken zur Verfügung standen und zweitens die Mücken vermehrt durch das Vieh vom

Menschen abgelenkt wurden (SCHUBERG 1927, MAIER 2004). Erst die Kriegereignisse des zweiten Weltkrieges unterbrachen diese Entwicklung und begünstigten die Wiederausbreitung der Malaria in Europa. Truppenbewegungen und Flüchtlingsströme sorgten für einen Zustrom infizierter Personen vor allem aus dem Südosten Europas nach Mitteleuropa. Gleichzeitig wurden den *Anopheles*-Mücken zahlreiche Brutmöglichkeiten durch Bombentrichter und andere kriegsbedingte Landschaftsveränderungen geboten. Auch die Verminderung des Viehbestandes dürfte eine Rolle gespielt haben, weil primär zoophile Mücken, die sonst nur am Tier saugen, jetzt auch am Menschen ihr Blutmahl nahmen (EICHENLAUB 1979). Die Entwicklung von synthetischen Chemotherapeutika mit effizienten Wirkstoffen (z.B. Mepacrin und Chloroquin) zur Therapie der Infektion und von Insektiziden (insbesondere DDT) zur Vektorkontrolle, die noch zu Kriegszeiten stattfand, leitete die Eliminierung der Malaria in Europa ein. Nach dem zweiten Weltkrieg führten umfangreiche und langfristige Vektorkontrollprogramme in den südeuropäischen Ländern zur Unterbrechung der Infektionskette, so dass in den 1950/60er Jahren in den meisten europäischen Ländern die Malaria verschwunden war. In Deutschland traten die zunächst letzten autochthonen Malariafälle 1953 im Berliner Raum in Form einer kleinen Epidemie auf. Aus der Kriegsgefangenschaft zurückgekehrte Soldaten trugen offenbar Malariaerreger im Blut, mit denen sich einheimische vektorkompetente *Anopheles*-Mücken infizieren konnten (EICHENLAUB 1979). Nach dem letzten offiziellen autochthonen Malariafall, der noch Anfang der 1970er Jahre im griechischen Teil Makedoniens diagnostiziert worden war, erklärte die WHO 1974 Europa malariafrei (BRUCE-CHWATT & DE ZULUETA 1980).

Mit Ausnahme einiger besonderer lokal akqui-

rierter Malariainfektionen, die auf eingeschleppte infizierte *Anopheles*-Mücken zurückzuführen waren (»Airport-Malaria« oder »Baggage-Malaria«; ISAÄCSON 1989), wurden nach der Erklärung der WHO von 1974 tatsächlich lange keine autochthonen Malariafälle mehr in Europa registriert. Der enorm angestiegene internationale Reiseverkehr zwischen Europa und aktuellen Malaria-Endemiegebieten, z.B. in Afrika, führte allerdings zu einer Zunahme an importierter Malaria in Europa insgesamt. In Deutschland blieb die Anzahl der jährlich registrierten Fälle von Reisemalaria seit 2005 relativ konstant und schwankte um etwa 600 pro Jahr (RKI 2013). Patienten mit den entsprechenden Entwicklungsstadien der Malariaerreger (Gametozyten) im Blut können als Infektionsquelle für einheimische vektorkompetente *Anopheles*-Mücken dienen.

Tatsächlich kam es zu solchen Übertragungen durch einheimische *Anopheles*-Mücken in den letzten ca. 20 Jahren verschiedentlich in Europa. So erkrankten in Spanien, Italien, Frankreich und Griechenland einzelne Personen an Malaria, für die alternative Risikofaktoren (Reiseanamnese, Flughafen in der Nähe des Wohnortes, Bluttransfusionen oder gemeinsame Benutzung von Spritzen) ausgeschlossen werden konnten (KAMPEN 2005). In Deutschland wurden im gleichen Zeitraum mindestens drei solcher Fälle registriert, die mit *P. falciparum* assoziiert waren: Im warmen Sommer 1997 traten in einem Duisburger Krankenhaus, in dem ein Malariapatient stationär behandelt worden war, zwei autochthone Infektionen auf, deren Übertragung auf einheimische *Anopheles plumbeus*-Mücken zurückgeführt wurde (KRÜGER et al. 2001). In Berlin wurde 2007 ein Fall dokumentiert (ZOLLER et al. 2009). Kleinere Malaria-Epidemien gab es 1995 in Bulgarien nach der Einreise von Saisonarbeitern aus Endemiegebieten (NIKOLAËVA 1996) und seit 2010 jährlich in La-



**Abb. 3.2.2-1:** Künstlich angelegtes Regenrückhaltebecken bei Frohngau (Eifel), das in der Vergangenheit mehrmals zur sommerlichen Massenentwicklung von Mücken führte.

konien (Griechenland), die ebenfalls auf Gastarbeiter zurückgeführt werden (DANIS et al. 2013)

Malariafreiheit galt niemals für die Türkei, die geografisch zwar nur zu einem kleinen Teil zu Europa gehört, doch komplett zur »WHO-Region Europa« gerechnet wird. Auch in der Türkei wurden nach dem Zweiten Weltkrieg Vektorkontrollprogramme ins Leben gerufen, die bis in die 1950er Jahre zur Eradikation der Malaria im europäischen Landesteil und bis zu den 1970er Jahren zu einem starken Rückgang der Malariainzidenz in den südwestlichen asiatischen Teilen des Landes führten. Inkonsequenzen bei der Durchführung der Kontrollprogramme oder gar deren Einstellung, gekoppelt mit einer Verschlechterung der sozioökonomischen und hygienischen Verhältnisse, ließen bis in die 1990er Jahre eine erneute drastische Ausbreitung der Malaria in Südostanatolien zu. Erst die Aufnahme von integrierten Kontrollstrategien konnte die Malaria nach und nach wieder zurückdrängen, so dass im Jahr 2006 nur noch knapp 1.000 Fälle zu verzeichnen waren, die ausschließlich auf *P. vivax* zurückgingen (ALTEN et al. 2007).

Auch einige Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion gehören zur »WHO-Region Europa«, so v.a. Tadschikistan, Aserbaidschan und Armenien, in denen eine ähnliche Situation gegeben war/ist wie im südöstlichen Teil der Türkei. War die Malaria zu Zeiten der UdSSR noch weitgehend unter Kontrolle gebracht worden, so sorgten die politischen Instabilitäten nach Auflösung der Staatengemeinschaft und die vielfach damit verbundene Vernachlässigung der öffentlichen Gesundheitsfürsorge zu einer allgemeinen Wiederausbreitung der Malaria. Auch hier nahmen im Laufe der 1990er Jahre die Fälle von *P. vivax*-, aber auch *P. falciparum*-Infektionen wieder drastisch zu (WHO 2004). Von insgesamt acht östlichen Ländern der »WHO-Region Europa«, in denen die Malaria im Jahr 2000 noch weit verbreitet war, konnten mittlerweile fünf die Krankheit eliminieren. Lokale Übertragung wurde 2012 nur noch in der Türkei, Tadschikistan und Aserbaidschan verzeichnet (WHO 2013). Diese und weitere nicht malariafreie vorderasiatische Länder sind infektionsepidemiologisch für das geografische Europa allerdings von besonderer Bedeutung. Aufgrund der relativen Nähe und der hohen westwärts gerichteten Migrationsrate ursprünglich dort beheimateter Personen besteht ein hohes Risiko der Einbringung von Gametozytenträgern nach West- und Mitteleuropa.

#### **Verbreitung von Malariavektoren in Europa**

Die Vektoren der humanen Malaria sind weibliche Stechmücken (Fam. Culicidae) der Gattung *Anopheles*. Doch nicht alle *Anopheles*-Arten übertragen die Mala-

riareregner. Viele Arten sind für Plasmodien aus genetisch-physiologischen Gründen prinzipiell nicht empfänglich, bei anderen verhindern Verhaltensweisen, wie z.B. die Wirtspräferenz, eine Vektorfunktion.

Eine Auflistung zum Vorkommen und zur Verbreitung europäischer Malariaüberträger zu geben, ist aus mehreren Gründen eine heikle Aufgabe. Zunächst gehören einige der europäischen *Anopheles*-Arten zu so genannten Artenkomplexen, deren Arten (Zwillingsarten) morphologisch nicht oder nur an feinsten Merkmalen in bestimmten Entwicklungsstadien unterschieden werden können (KAMPEN 2005). Die Existenz von Zwillingsarten wurde in den 1920er Jahren erkannt, so dass erst in den darauf folgenden Jahren der *A. maculipennis*- und der *A. claviger*-Komplex in seine Zwillingsarten differenziert werden konnten. Beide Komplexe stellen einen maßgeblichen Anteil an den europäischen *Anopheles*-Arten. Im *A. maculipennis*-Komplex ist bis heute strittig, wie viele Arten zum paläarktischen Teil des Komplexes gehören, da einige »Arten« von vielen Autoren lediglich als geografische Varianten anderer Arten des Komplexes betrachtet werden. Bezüglich der Zwillingsarten des *A. claviger*-Komplexes bezieht die Fachliteratur häufig nicht explizit Stellung, von welcher Zwillingsart die Rede ist, so dass letztendlich nicht klar ist, ob die Autoren überhaupt eine Differenzierung vorgenommen haben.

Die Kompetenz eines Blut saugenden Arthropoden zur Übertragung eines Pathogens ist das Resultat von Anpassung und Selektion und hat sich im Laufe der gemeinsamen Evolution von Überträger und Parasit herausgebildet. So sind *Anopheles*-Arten, die vektor-kompetent für die früher in Europa weit verbreiteten Plasmodienstämme waren, häufig nicht geeignet als Überträger tropischer Erregerstämme (SHUTE 1940, DE ZULUETA et al. 1975, RAMSDALE & COLUZZI 1975, DASHKOVA 1977). Da die einheimischen Erregerstämme mit der europäischen Malaria weitgehend ausgerottet wurden, ist das heutige Risiko einer Übertragung von Plasmodien in Europa selbst durch effiziente frühere Vektoren schwer einzuschätzen. Dass sie zumindest durch *A. plumbeus* prinzipiell möglich ist, legen Versuche von MARCHANT et al. (1998) und ELING et al. (2003) nahe. Ausgerechnet für diese Stechmücken-Spezies werden in den letzten Jahren starke Belästigungen in den Sommermonaten gemeldet. Ursprünglich ein Baumhöhlenbrüter, der aufgrund der eingeschränkten Brutmöglichkeiten nur sporadisch vorkam, nutzt *A. plumbeus* neuerdings mehr und mehr aufgelassene Güllegruben und ähnliche menschengemachte Wasserspeicher mit hoher organischer Belastung zur Massenvermehrung (SCHAFFNER et al. 2012).

Generell ist festzustellen, dass die *Anopheles*-For-

schung, insbesondere die freilandökologische, in vielen Ländern Europas seit dem Verschwinden der Malaria extrem vernachlässigt wurde, so dass aktuelle Daten zum Vorkommen und zur Verbreitung potenzieller Vektoren nur fragmentarisch existieren.

Neuere Zusammenstellungen (z.B. BECKER et al. 2010) listen für Europa 19 *Anopheles*-Arten auf, wobei sie die fraglichen Taxa des *A. maculipennis*-Komplexes als distinkte Arten betrachten (Tab. 3.2.3-1). Die wichtigsten, weil am weitesten verbreiteten und effizientesten, früheren Vektoren gehören in den *A. maculipennis*-Komplex: *A. sacharovi*, *A. labranchiae* und *A. atroparvus*. Weniger effizient waren *A. messeae* und *A. maculipennis* s.s. aus demselben Artenkomplex, *A. claviger* s.s. aus dem *A. claviger*-Komplex und *A. superpictus*. Alle weiteren, prinzipiell zur Erregerübertragung befähigten *Anopheles*-Arten spielten in der Malariaepidemiologie Europas untergeordnete Rollen. Keine Informationen existieren naturgemäß über die erst kürzlich entdeckte Spezies *A. daciae*, die zuvor aufgrund ihrer hohen morphologischen und genetischen Ähnlichkeit als *A. messeae* misidentifiziert worden war (NICOLESCU et al. 2004) und auch in Deutschland weit verbreitet zu sein scheint (KRONEFELD et al. 2014).

Kartografische Übersichten über das Vorkommen der meisten europäischen *Anopheles*-Arten sind bei RAMSDALE & SNOW (2000) zu finden, die die relevante Fachliteratur der letzten Jahrzehnte ausgewertet haben.

Hier sind jedoch alte wie neue Artnachweise gleichermaßen berücksichtigt, so dass nicht in jedem Fall auf die aktuelle Verbreitung der Mücken zurückgeschlossen werden darf. Den wenigen stichprobenartigen neueren Studien zufolge muss man immerhin davon ausgehen, dass die früheren Malariavektoren auch heute noch in Europa präsent sind, wenngleich sich in manchen Regionen die Artenzusammensetzungen und Dominanzverhältnisse infolge von Klima- und Umweltveränderungen verschoben haben mögen (TAKKEN et al. 2002).

### **Klimaabhängige Entwicklung und Verbreitung der Vektoren und Malariaerreger**

Wenngleich die effizientesten Malariavektoren Europas aufgrund ihrer Thermophilie (z.B. *A. sacharovi* und *A. labranchiae*) und ihrer Toleranz gegenüber hohen Temperaturen und niedriger Luftfeuchtigkeit (*A. superpictus*) auf den Mittelmeerraum beschränkt waren, so traten die Malaria und als Überträger geeignete *Anopheles*-Mücken auch in nördlicheren Regionen Europas auf, die durch ein gemäßigtes Klima gekennzeichnet waren.

Die Entwicklung der *Anopheles*-Mücken ist artspezifisch an die regionalen Klimabedingungen angepasst. Während südliche Arten häufig ganzjährig aktiv sind, überwintern nördlichere Arten i.d.R. als adulte Weibchen an geschützten, dunklen und relativ temperatur-

**Tab. 3.2.3-1:** *Anopheles*-Arten in Europa und ihre mögliche Rolle als Überträger von Malariaerregern (+++: höchst effizient, ++: durchschnittlich, +: mäßig, (+): nur ausnahmsweise, ?: fraglich, -: kein Überträger).

<i>Spezies</i>	<i>Geografische Verbreitung</i> <sup>1</sup>	<i>Vektorkompetenz</i> <sup>2</sup>
<i>A. atroparvus</i> <sup>3</sup>	Mittel- u. Südeuropa	+++
<i>A. beklemishevi</i> <sup>3</sup>	Sandinavien u. nördl. Russland	(+)
<i>A. daciae</i> <sup>3</sup>	? (vermutl. ganze Paläarktis)	?
<i>A. labranchiae</i> <sup>3</sup>	Italien, Korsika, Balkan	+++
<i>A. maculipennis</i> s.s. <sup>3</sup>	Mittel- u. Südeuropa	++
<i>A. melanoon</i> <sup>3</sup>	Italien, Südfrankreich, iberische Halbinsel	(+)
<i>A. messeae</i> <sup>3</sup>	gesamtes Europa	++
<i>A. saccharovi</i> <sup>3</sup>	vorw. Balkan u. Griechenland	+++
<i>A. subalpinus</i> <sup>3,5</sup>	Südeuropa	(+)
<i>A. claviger</i> s.s. <sup>4</sup>	Mittel- u. Südeuropa	++
<i>A. petragani</i> <sup>4</sup>	Italien, Südfrankreich, iberische Halbinsel	-
<i>A. algeriensis</i>	vorw. Südeuropa	++
<i>A. cinereus</i>	iberische Halbinsel	(+)
<i>A. hyrcanus</i>	Südeuropa	+
<i>A. marteri</i>	Südeuropa	(+)
<i>A. multicolor</i>	Südspanien	?
<i>A. plumbeus</i>	Mittel- u. Südeuropa	++
<i>A. sergentii</i>	Pantelleria <sup>6</sup>	++
<i>A. superpictus</i>	Südosteuropa	++

<sup>1</sup>nach RAMSDALE & SNOW (2000);

<sup>2</sup>nach BECKER et al. (2010) und JETTEN & TAKKEN (1994);

<sup>3</sup>*A. maculipennis*-Komplex;

<sup>4</sup>*A. claviger*-Komplex;

<sup>5</sup>*Artstatus* fraglich;

<sup>6</sup>Insel südlich von Sizilien (einziger Nachweis in Europa).

konstanten Plätzen, z.B. in Höhlen, Speichern, Ställen, Kellern oder auf Dachböden. Sie können meist sogar Frost ertragen, wenn er stabil bleibt. Häufige Temperaturschwankungen erhöhen dagegen die Mortalität. Nichtsdestoweniger können *Anopheles*-Weibchen in milden Winterphasen durchaus auch innerhalb von Gebäuden intermittierend aktiv werden und zur Auffüllung ihrer Fettreserven ein Blutmahl zu sich nehmen. Waren solche Mücken Träger von *P. vivax*, so kam es früher auf diese Weise sogar in nördlicher gelegenen Regionen Europas gelegentlich zu Malariafällen im Winter (Wintermalaria) und häufig zu Infektionen im Frühjahr, wenn die Mücken allgemein wieder aktiv wurden (*P. vivax hibernans*) (z.B. HULDÉN et al. 2005).

Ansonsten besteht zwischen der Dauer der Mückenentwicklung, ausreichende Luftfeuchtigkeit vorausgesetzt, und der Temperatur bis zu einem gewissen Maximalwert eine positive lineare Beziehung. Die Larvalentwicklung beginnt bei den meisten europäischen *Anopheles*-Arten bei etwa 10 °C und erreicht bei 25–30 °C das Optimum (JETTEN & TAKKEN 1994). Bei 20 °C dauert die Larvalperiode ca. zwei Wochen, die Puppenphase 2–5 Tage und die Imaginalphase, je nach Luftfeuchtigkeit, zwei bis sechs Wochen.

Auch der gonotrophe Zyklus, der aus Wirtsuche, Blutaufnahme und Blutverdauung besteht, ist temperaturabhängig. So benötigen z.B. die Weibchen von *A. maculipennis* s.s. für die Blutverdauung, die mit der Oogenese einhergeht, zwischen mehr als 10 Tagen bei 15 °C bis zu ca. 2 Tagen bei 27 °C. Niedrige Luftfeuchtigkeiten haben bei gleicher Temperatur allerdings einen hemmenden Effekt. Höhere Temperaturen bedingen durch die Erhöhung der Oogenese-Geschwindigkeit und der Blutaufnahme-Frequenz des einzelnen Mückenweibchens so indirekt eine Zunahme der Populationsgrößen und der allgemeinen Stechaktivität der Mücken.

Die Entwicklung der Malariaerreger in der *Anopheles*-Mücke ist ebenfalls signifikant temperaturabhängig: *P. falciparum* benötigt eine Minimaltemperatur von 18–20 °C, *P. vivax* von ca. 15 °C und *P. malariae* von ca. 16,5 °C (MOLINEAUX 1988). Die Entwicklung bis zum infektiösen Sporozystenstadium (Sporogonie) dauert bei *P. vivax* bei 25 °C neun Tage, bei *P. malariae* 15–20 Tage. Bei *P. falciparum* beträgt sie 23 Tage bei 20 °C, aber nur noch neun Tage bei 30 °C.

Sowohl Vektor als auch Erreger entwickeln sich also innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen umso schneller, je wärmer es ist. In einem endemischen Malariagebiet nimmt das Risiko einer Plasmodien-Transmission daher eindeutig mit steigenden Temperaturen zu. Darüber hinaus könnten Klimaveränderungen zu Verschiebungen in der räumlichen Verteilung der *Ano-*

*phes*-Arten und so z.B. zu einer Ausbreitung effizienter Malariavektoren nach Norden führen.

#### **Risikoanalysen**

Zur zukünftigen Verbreitung von Malariavektoren und zum Risiko einer erneuten Ausbreitung der Malaria in den europäischen Ländern liegen nur wenige Modellierungen vor. KUHN et al. (2002) stellten aktuelle Risikoverbreitungskarten für die früheren europäischen Malariavektoren auf, mit denen sie nachwiesen, dass deren gegenwärtige Verbreitung mit hoher Zuverlässigkeit mit Umwelt- und Klimadaten korreliert. Da man bei einer hohen Verbreitungswahrscheinlichkeit von einer hohen Mückenabundanz ausgehen kann, empfielt sich ihr Modell zur Aufstellung von Risikoverbreitungskarten für zukünftige klimatische Szenarien. Für Großbritannien stellen LINDSAY & THOMAS (2001) fest, dass jetzt wie früher viele Regionen warm genug für eine Übertragung von *P. vivax* sind und dass sich diese Gebiete in der Zukunft vermutlich vergrößern werden und Malariaausbrüche möglich sind. KUHN et al. (2003) kommen allerdings für Großbritannien zu dem Schluss, dass bei einer Temperaturerhöhung von bis zu 2,5 °C bis 2050 und einem gleich bleibenden Gesundheitssystem, das importierte Malariafälle innerhalb einer Woche eliminiert, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von lokalen Malariafällen oder gar einer erneuten Etablierung der Malaria vernachlässigbar gering sei. Eine weitere Studie, die das Risiko von Malaria tertiana-Ausbrüchen in Niedersachsen unter Bedingungen einer Klimaerwärmung untersucht, geht auf Basis von IPCC-Szenarien für 2020 von einer potenziellen Übertragungsdauer von maximal vier Monaten im Jahr aus (SCHRÖDER et al. 2007). Im Kontrast zu solchen Berechnungen gibt es jedoch auch Meinungen, die Klima-basierte Modelle prinzipiell für ungeeignet halten, die Ausbreitung und zukünftigen Prävalenzen durch Moskitos übertragener Krankheiten vorausszusagen, da menschliche Aktivitäten und deren ökologische Auswirkungen ungleich gewichtiger sind als das Klima (z.B. REITER 2001).

#### **Schlussbetrachtung**

Da das Vorkommen und die Verbreitung von *Anopheles*-Mücken i.W. von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Verfügbarkeit von Blutwirten und Brutgewässern abhängen und die Entwicklungsgeschwindigkeiten von Mücken und Plasmodien temperaturabhängig sind, ist eine klimabedingte Temperaturerhöhung prinzipiell günstig für die Malaria zu bewerten. Eine Zunahme sporadisch auftretender Einzelfälle der Malaria ist daher bei einer fortschreitenden Klimaerwärmung in Mitteleuropa nicht auszuschließen, zumal dann mit einer

Einwanderung effizienterer Malariavektoren aus dem südeuropäischen Raum gerechnet werden muss. Epidemien oder gar eine Reetablierung der Malaria sind allerdings bei dem gegebenen Standard der Gesundheitsfürsorge auf lange Sicht höchst unwahrscheinlich. Nichtsdestoweniger sollte in Ländern wie Deutschland auch in Hinsicht auf andere durch Stechmücken übertragbare Krankheiten, insbesondere viral bedingte, die so lange vernachlässigte Stechmückenforschung wieder intensiviert werden, damit zukünftig bessere Risikoabschätzungen möglich sind und präventiv statt reaktiv gehandelt werden kann.

## Literatur

- ALTEN B., KAMPEN H. & D. FONTENILLE (2007): Malaria in Southern Europe: Resurgence from the Past? In: TAKKEN W. & B. G. J. KNOLS (eds.), *Emerging Pests and Vector-borne Diseases in Europe*. Wageningen Academic Publ., Wageningen, Holland. 35-57.
- BECKER N., PETRIĆ D., ZGOMBA M., BOASE C., MADON M., DAHL C., LANEJ. & A. KAISER (2010): *Mosquitoes and their Control*, 2nd Ed. Springer-Verlag, Berlin, 577 pp.
- BRUCE-CHWATT L. J. & J. DE ZULUETA (1980): *The Rise and Fall of Malaria in Europe*. Oxford University Press, Oxford, UK. 239 pp.
- CORRADETTI A. (1987): In the Roman Campagna from G.M. Lancisi to G.B. Grassi: Two centuries of ideas, hypotheses and misunderstandings about malaria fevers. *Parassitologia* 29, 123-126.
- DANIS K., LENGLET A., TSERONI M., BAKA A., TSIODRAS S. & S. BONOVAS (2013): Malaria in Greece: historical and current reflections on a re-emerging vector borne disease. *Travel Med. Infect. Dis.* 11, 8-14.
- DASHKOVA N. G. (1977): New data on susceptibility of *Anopheles* mosquitoes of the U.S.S.R. fauna to imported strains of the causative agents of human malaria. *Meditinskaya Parasitologia* 46: 652-657.
- DE ZULUETA J., RAMSDALE C. D. & M. COLUZZI (1975): Receptivity to malaria in Europe. *Bull. Wrld Health Org.* 52, 109-111.
- EICHENLAUB D. (1979): Malaria in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl.* 22, 8-13.
- ELING W., VAN GEMERT G. J., AKINPELU O., J. CURTIS & C. F. CURTIS (2003): Production of *Plasmodium falciparum* sporozoites by *Anopheles plumbeus*. *Eur. Mosq. Bull.* 15, 12-13.
- HULDEN L., HULDEN L. & K. HELIÖVAARA (2005): Endemic malaria: an 'indoor' disease in northern Europe. Historical data analysed. *Malaria J.* 4, 19.
- ISAÁCONSON M. (1989): Airport malaria: a review. *Bull. Wrld Health Organ.* 67, 737-643.
- JETTEN T. H. & W. TAKKEN (1994): Anophelism without Malaria in Europe – A Review of the Ecology and Distribution of the Genus *Anopheles* in Europe. Wageningen Agric. Univ. Papers 94-5. 69 pp.
- KAMPEN H. (2005): *Anopheles*-Zwillingsarten in Europa und angrenzenden Regionen: Artidentifizierung und Bedeutung für die Übertragung der Malaria und anderer Infektionskrankheiten. Habilitationsschrift, Med. Fakultät der Universität Bonn. 73 S.
- KRONEFELD M., WERNER D. & H. KAMPEN (2014): PCR identification and distribution of *Anopheles daciae* (Diptera: Culicidae) in Germany. *Parasitol. Res.* 113, 2079-2086.
- KRÜGER A., RECH A., SU X. & E. TANNICH (2001): Two cases of autochthonous *Plasmodium falciparum* malaria in Germany with evidence for local transmission by indigenous *Anopheles plumbeus*. *Trop. Med. Int. Health* 5, 263-274.
- KUHN K.G., CAMPBELL-LANDRUM D. H. & C. R. DAVIES (2002): A continental risk map for malaria mosquito (Diptera: Culicidae) vectors in Europe. *J. Med. Entomol.* 39, 621-630.
- KUHN K. G., CAMPBELL-LANDRUM D. H., ARMSTRONG B. & C. R. DAVIES (2003): Malaria in Britain: present, past, and future. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100, 9997-10001.
- LANCISI G. M. (1717): *De noxiis paludum effluviis, eorumque remediis*. J.M. Salvioni, Roma, 384 S.
- LINDSAY S. W. & C. J. THOMAS (2001): Global warming and risk of vivax malaria in Great Britain. *Global Change & Human Health* 2, 80-84.
- MAIER W. A. (2004): Das Verschwinden des Sumpffiebers in Europa: Zufall oder Notwendigkeit? *Denisia* 13, 515-527.
- MARCHANT P, ELING W., VAN GEMERT G. J., LEAKE C. J. & C. F. CURTIS (1998): Could British mosquitoes transmit falciparum malaria? *Parasitology Today* 14, 344-345.
- MOLINEAUX L. (1988): The epidemiology of human malaria as an explanation of its distribution, including some implications for its control. In: WERNSDORFER W.H. & I. MCGREGOR (Hrsg.), *Malaria – Principles and Practice of Malariaology*, Vol. 2, Churchill Livingstone, Edinburgh, SS. 913-998.
- NICOLESCU G., LINTON Y.-M., VLADIMIRESCU A., T. M. HOWARD & R. E. HARBACH (2004): Mosquitoes of the *Anopheles maculipennis* group (Diptera: Culicidae) in Romania, with the discovery and formal recognition of a new species based on molecular and morphological evidence. *Bull. Ent. Res.* 94, 525-535.
- NIKOLAEVA N. (1996): Resurgence of malaria in the former Soviet Union (FSU). *SOVE Newsl.* 27, 10-11.
- RAMSDALE C. D. & M. COLUZZI (1975): Studies on the infectivity of tropical African strains of *Plasmodium falciparum* to some southern European vectors of malaria. *Parassitologia* 17, 39-48.
- RAMSDALE C. & K. SNOW (2000): Distribution of the genus *Anopheles* in Europe. *Eur. Mosq. Bull.* 7, 1-26.
- REITER P. (2001): Climate change and mosquito-borne diseases. *Environ. Health Perspect.* 109 (Suppl. 1), 141-161.
- RKI (2013): *Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2012*. Robert-Koch-Institut, Berlin, 208 S.

- SCHAFFNER F., THIÉRY I., KAUFMANN C., ZETTOR A., LENGELER C., MATHIS A. & C. BOURGOUIN (2012): *Anopheles plumbeus* (Diptera: Culicidae) in Europe: a mere nuisance mosquito or potential malaria vector? *Malar J* 11, 393.
- SCHRÖDER W., SCHMIDT G., BAST H., PESCH R. & E. KIEL (2007): Pilot-study on GIS-based modelling of a climate warming induced tertian malaria outbreak in Lower Saxony (Germany). *Environ. Monit. Assess.* 133, 483-493.
- SCHUBERG A. (1927): Das gegenwärtige und frühere Vorkommen der Malaria und die Verbreitung der *Anopheles*mücken im Gebiete des Deutschen Reiches. *Arb. a. d. Reichsgesundheitsamt* 59, 1-424.
- SHUTE P. G. (1940): Failure to infect English specimens of *Anopheles maculipennis*, var. *atroparvus*, with certain strains of *Plasmodium falciparum*, of tropical origin. *J. Trop. Med. Hyg.* 43, 175-178.
- TAKKEN W., GEENE R., ADAM W., JETTEN T. H. & J. A. VAN DER VELDEN (2002): Distribution and dynamics of larval populations of *Anopheles messeae* and *A. atroparvus* in the delta of the rivers Rhine and Meuse, The Netherlands. *Ambio* 31, 212-218.
- WHO (2004): The Vector-borne Human Infections of Europe – Their Distribution and Burden on Public Health. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. 144 pp.
- WHO (2013): World Malaria Report 2013. Geneva, 255 pp.
- ZOLLER T., NAUCKE T. J., MAY J., HOFFMEISTER B., FLICK H., WILLIAMS C. J. FRANK C., BERGMANN F., SUTTORP N. & F. P. MOCKENHAUPT (2009): Malaria transmission in non-endemic areas: case report, review of the literature and implications for public health management. *Malaria J.* 8, 71.
- Kontakt:**  
PD Dr. Helge Kampen  
Friedrich-Loeffler-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Insel Riems  
helge.kampen@fli.bund.de

Kampen, H. (2014): Wird die Malaria wieder eine Gefahr für Europa? In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. Elektron. Veröffent.* (Kap. 3.2.2) - [www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de](http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de).