

# Klimawandel und Infektionskrankheiten – (k)eine Gefahr für Deutschland und Europa?

## *Climate Change and Infectious Diseases – a Possible Threat for Germany and Europe?*

Uwe Groß<sup>1</sup>

**Zusammenfassung:** Die weltweit zunehmende Klimaerwärmung führt auch in Europa zum Auftreten von Infektionskrankheiten, die bisher auf die Tropen beschränkt waren. Insbesondere die Einschleppung der asiatischen Tigermücke *Aedes albopictus* stellt eine wichtige Grundvoraussetzung für die Übertragung des Chikungunya-Fiebers und des Dengue-Fiebers dar. Während diese Infektionen sich noch auf seltene Einzelfälle bzw. isolierte Ausbrüche beschränken, ist das West-Nil-Fieber schon in weiten Teilen Europas angekommen. Deutschland ist von diesen viralen Tropenkrankheiten noch verschont geblieben. Aber auch hierzulande mehren sich die Anzeichen, dass die häufigeren feuchtwarmen Wintermonate zu einer verstärkten Winteraktivität der Nagetier- und Zeckenpopulationen führen und dadurch Infektionen mit Hantaviren, FSME/TBE-Viren und Borrelien vermehrt auftreten.

*Schlüsselwörter:* Klimaerwärmung; asiatische Tigermücke; Chikungunya-Fieber; Dengue-Fieber; West-Nil-Fieber

**Summary:** Global warming facilitates the importation of hitherto tropical infectious diseases also to Europe. Especially the introduction of the Asian Tiger Mosquito *Aedes albopictus* is an important prerequisite for the transmission of Chikungunya fever and Dengue fever. Whereas these infectious diseases are restricted to rare cases or isolated outbreaks, the West Nile fever has already arrived in several parts of Europe. Germany has been spared from these viral tropical diseases so far. However, the winter months in this country become more and more warm and humid. This may result in an increasing seasonal activity of rodent and tick populations thereby leading to significantly more infections with Hanta viruses, TBE viruses and Borrelia.

*Keywords:* Global warming; Asian Tiger Mosquito; Chikungunya fever; Dengue fever; West-Nile fever

### Einführung

Auch wenn der lange Winter 2009/2010 dagegen spricht, so lassen nationale und internationale Untersuchungen keinen Zweifel daran, dass seit einigen Jahrzehnten kontinuierlich eine globale Erwärmung der Erde stattfindet. Welche Auswirkungen dieser Trend auf die Gesundheit der in Deutschland lebenden Bevölkerung – insbesondere im Hinblick auf Infektionskrankheiten – haben kann, soll dieser Übersichtsartikel beleuchten.

### Der langjährige Temperaturtrend zeigt auch in Deutschland nach oben

Als Referenz für die Beurteilung der globalen Klimaentwicklung wird gerne der im Zeitraum von 1961–1990 liegende Mittelwert der bodennahen Lufttemperatur herangezogen. Dieser lag in der Zeit von 1850–1960 im Durchschnitt um 0,5 °C unter dem Referenzwert und ist seit 1980 kontinuierlich auf jetzt mehr als 0,5 °C über dem Referenzwert angestiegen, sodass die Erdoberfläche

sich innerhalb der letzten 160 Jahre um mehr als 1 °C erwärmt hat [1]. Wenn auch diese Zeitspanne für ein Menschenleben als sehr lang erscheint, so ist sie – bezogen auf die Entstehungs- und Entwicklungszeit unserer Erde – nicht mehr als nur ein kurzer Augenblick. Welche Auswirkungen hat die globale Erwärmung auf uns?

Schon lange ist bewiesen, dass ein Klimawandel Einfluss auf nichtinfektiöse Erkrankungen nehmen kann. So kann z.B. eine zunehmende Wärmebelastung zu Herz-Kreislaufkrankungen führen; die

<sup>1</sup> Institut für Medizinische Mikrobiologie, Universitätsmedizin Göttingen  
Peer reviewed article eingereicht: 21.02.2011, akzeptiert: 14.03.2011  
DOI 10.3238/zfa.2011.0217

Europa	1979	Albanien (Warenlieferung aus China)
	1990	Italien (Altreifen aus USA)
	1999	Südfrankreich
	2000	Belgien
	2003	Schweiz (Tessin)
	2004	Spanien, Kroatien
	2005	Niederlande, Griechenland, Bosnien-Herzegowina, Slowenien
	2007	Deutschland
	2009	Malta
Welt	1983	USA
	1988	Mexiko
	1991	Nigeria
	2003	Libanon, Israel
		Australien: dank entomologischer Überwachung auf Häfen/Flughäfen: weitläufige Sesshaftigkeit bisher verhindert

**Tabelle 1** Weltweite Ausbreitung der asiatischen Tigermücke (Auswahl).

mit dem Klimawandel zu beobachtende Ozonbelastung führt schon jetzt immer wieder zur verstärkten Prävalenz respiratorischer Erkrankungen. Die verstärkte Sonneneinstrahlung mit einer zunehmenden UV-Strahlungsintensität und der damit einhergehenden Zunahme dermatologischer Erkrankungen (z.B. Melanom) führen bereits auch hierzulande zu einer besseren Akzeptanz von Sonnenschutzmaßnahmen beim Sonnenbad. Und schließlich sei auf den Import tropischer Pflanzen hingewiesen, die – wie z. B. Ambrosia – ein sehr hohes allergenes Potenzial aufweisen.

Was Infektionskrankheiten und Klimawandel angeht, so muss besonders hierzulande zwischen wärmeren und feuchteren Winterzeiten und den Auswirkungen der weltweiten Gesamterwärmung, die in Deutschland auch zu wärmeren Sommermonaten beiträgt, differenziert werden. In warmen Wintern oder bei lange anhaltender Schneelage wird eine signifikante Vermehrung der Nagerpopulationen beobachtet, die Reservoir für virale (Hantaviren) aber auch bakterielle Erreger (Leptospiren) sein können. Hinzu kommt eine auch in derartigen Wintermonaten auffällige Zeckenaktivität. Für Deutschland noch wenig relevant ist die durch den globalen Klimawandel ermöglichte Ausbreitung von Vektoren mit der potenziellen Gefahr der Einschleppung von bisher typischerweise in den Tropen vorkommenden Infektionskrankheiten (z. B. Dengue- oder Chikungunya-Fieber). Als tropische Regionen werden bisher klassischerweise alle zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreis befindlichen Gebiete bezeichnet, in denen auch im Winter in der Regel nie eine kältere Durchschnittstemperatur als 18 °C gemessen wird.

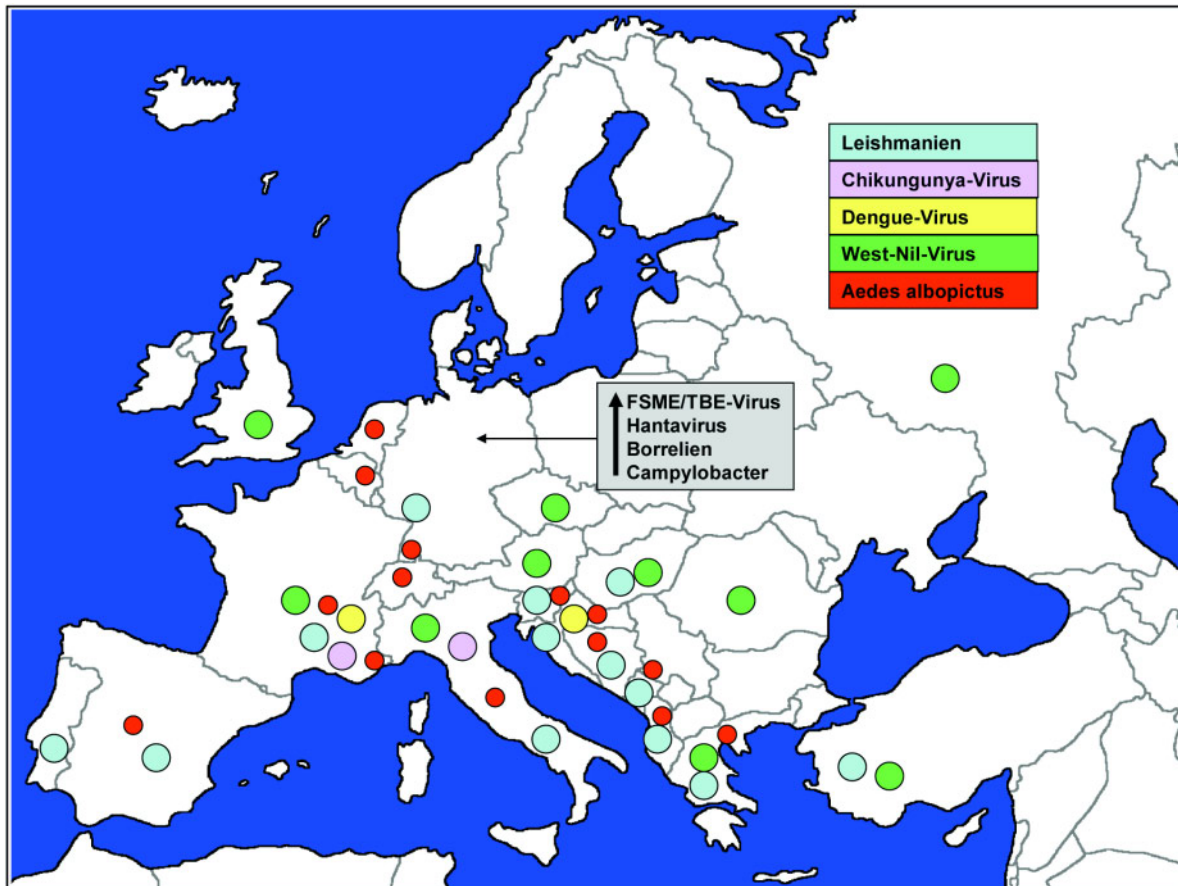
Der Westen Deutschlands, vor allem die Oberrheinische Tiefebene und der äußerste Westen Nordrhein-Westfalens, haben erst seit den 90er Jahren eine durchschnittliche Jahrestemperatur von mehr als 10 °C überschritten und sich damit zwar nicht den Tropen, aber doch der klimatischen Situation des Mittelmeerraums angenähert [2]. Damit können jetzt auch hierzulande Arthropoden eine neue Heimat finden, die bisher nur im Mittelmeergebiet oder den Tropen gefunden wurden. Dass die Gefahr der Einschleppung von durch Vektoren übertragenen Infektionen teilweise aber schon ganz real ist, zeigt das Beispiel der autochthonen Leishmaniose, die 2001 in Nordrhein-Westfalen diagnostiziert und für eine starke Aufmerksamkeit gesorgt hat. Damals wurde bei einem kleinen Jungen mit Hepatosplenomegalie und hohem Fieber eine Leishmaniose diagnostiziert, obwohl er Deutschland vorher noch nie verlassen hatte [3]. Schnell war klar, dass er sich wahrscheinlich hierzulande durch den Stich einer infizierten Sandmücke (*Phlebotomus*) angesteckt hat. Schon seit einigen Jahren werden die potenziellen Vektoren der Leishmaniose, *Phlebotomus perniciosus* und *P. mascittii*, auch im Gebiet des Rheingrabens gefunden [4]. Um die Infektionskette der Leishmaniose zu vervollständigen, fehlte nur noch das Reservoir: ein infiziertes Nage- oder Haustier. In der Tat bringen gar nicht wenige Hunde, die aus vermeintlichem Mitleid als sogenannte Straßentiere aus Mittelmeerlandern nach Deutschland importiert werden, die Leishmaniose mit.

Auch weltweit begünstigt die globale Klimaerwärmung die Ausbreitung von ursprünglich auf die Tropen be-

grenzten Arthropoden. Es stellt sich daher die Frage, ob aufgrund der globalen Erwärmung neben der Leishmaniose auch andere durch Vektoren vermittelte Erkrankungen, wie zum Beispiel das Chikungunya- oder das Dengue-Fieber sowie das West-Nil-Fieber oder sogar die Malaria ihren Weg nach Europa und Deutschland finden können.

## Wie die asiatische Tigermücke die Welt erobert

Die asiatische Tigermücke *Aedes albopictus* (syn. *Stegomyia albopictus*) hat ihren Namen von ihrem auffällig gestreiften Aussehen. Ihr Ausbreitungsgebiet war ursprünglich auf Südostasien und Indien beschränkt; seit 1980 breitet sie sich vor allem durch den globalen Handel mit Altreifen und Versandbehältern mit Schnittblumen oder Lucky Bamboo weltweit aus (Tabelle 1). In den darin vorhandenen Wasserlachen entwickeln sich aus den Eiern Larven, die innerhalb von 10–14 Tagen verpuppen und sich nach 2–3 weiteren Tagen zu reifen Mücken entwickeln. Eier der asiatischen Tigermücke wurden im September 2007 erstmals auch in Deutschland an einer Raststätte der Autobahn A5 in Baden-Württemberg nachgewiesen. Die asiatische Tigermücke hat nur eine geringe Eigenflugweite von wenigen Hundert Metern, sodass ihre weltweite Ausbreitung nur durch den globalen Welthandel und Tourismus möglich geworden ist. Dabei kommt die Kältetoleranz der asiatischen Tigermücke ihrer Ausbreitung entgegen. So können die Adulttiere z.B. in Viehställen überwintern. Da sie andere ökologische Nischen als unsere heimische Mückenart *Culex pipiens* nutzen, ist eine Artverdrängung unwahrscheinlich. Weibliche Mücken benötigen eine Mindestmenge an Blut, um ihre Eier und damit ihre Nachkommenschaft zu produzieren. Im Gegensatz zu *Culex pipiens* ist *Aedes albopictus* eine tagaktive Stechmücke. Und genau diese Eigenschaft ist aus infektionsepidemiologischer Sicht tragisch, denn in der Regel muss der Blutsaugakt unterbrochen werden, weil der betreffende Mensch die Mücke während ihrer Stechaktivität am Tag bemerkt. Aus diesem Grund muss *Aedes albopictus* mehrere Personen nacheinander stechen, um ausreichend Blut zu saugen. Falls die betreffende Mücke Virussträgerin



**Abbildung 1** Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Verbreitung von Krankheitserregern in Europa.

ist, können demzufolge mehrere Menschen hintereinander infiziert werden.

### Chikungunya-Fieber und Dengue-Fieber in Europa?

Die beiden wichtigsten durch die asiatische Tigermücke übertragenen Virusinfektionen sind das Chikungunya-Fieber und das Dengue-Fieber. Beim Chikungunya-Fieber (Chikungunya; Sprache der Makonde in Tansania = „der gekrümmt Gehende“) fallen neben dem Fieber, vor allem die starken Gelenk- und Kopfschmerzen auf. In ungefähr der Hälfte der Fälle kommt es zu einem makulopapulösen Hautausschlag in der ersten Erkrankungswoche. Das diese Krankheit verursachende Chikungunya-Virus ist ein behülltes RNA-Virus, das zu der Familie der Togoviridae gehört [5]. Die Erkrankung wurde erstmals 1952 in Ostafrika beschrieben. Weltweite Aufmerksamkeit errang das Chikungunya-Fieber in den Jahren 2005 und 2006. Damals kam es zu mehreren Ausbrüchen mit

mehr als 100.000 Patienten auf Réunion, Mauritius, den Seychellen und in anderen Staaten, die am bzw. im Indischen Ozean liegen. Als Folge dieser Ausbrüche wurden 2006 und 2007 auch in Deutschland mehr als 80 Fälle bei Reiserückkehrern aus diesen Staaten gemeldet. Doch warum ist es zu diesen dramatischen Ausbrüchen gekommen, wo doch die Endemiegebiete ohnehin in den Tropen liegen? Gut durchgeführte epidemiologische und molekulare Untersuchungen zeigten, dass die Ausbrüche durch eine Virusvariante mit Genmutation für das E1-Glykoprotein (E1-226V) bedingt waren. Von besonderer Bedeutung ist, dass die E1-226V-Variante des Chikungunya-Virus eine bessere Übertragbarkeit durch die Vektormücke *Aedes albopictus* im Vergleich zur streng auf die Tropen begrenzten ursprünglichen Überträgermücke *Aedes aegypti* zeigt [6]. Es ist anzunehmen, dass es sich bei dieser Virusvariante um eine evolutionäre Anpassung an die für das Virus günstigere und weltweit sich zunehmend verbreitete asiatische Tigermücke handelt.

Handelte es sich bei den in Deutschland gemeldeten Fällen noch um importierte Erkrankungen, musste Europa nur kurze Zeit später die ersten hier erworbenen Fälle verkraften. Der Sommer 2007 war in Ravenna, Norditalien, besonders heiß und feucht; ideale Bedingungen für die Vermehrung der dort bereits endemisch vorkommenden asiatischen Tigermücke. Sie war 1990 mit Altreifen aus den USA nach Italien eingeschleppt worden und belästigt dort seither tagsüber nicht nur die einheimische Bevölkerung. Nein, sie steht auch zur Verfügung für die Weiterverbreitung importierter Virusinfektionen. Und in der Tat erkrankten im Sommer 2007 in Ravenna mehr als 200 Personen am Chikungunya-Fieber [7]. Wie epidemiologische Untersuchungen ergaben, ging der lokale Ausbruch wahrscheinlich von einem einzigen Reiserückkehrer aus, der zuvor Indien besucht und sich dort wahrscheinlich mit dem Virus infiziert hatte. Zuletzt wurden im September 2010 an der französischen Mittelmeerküste zwei autochthone Fälle von Chikungunya-Fieber ge-

meldet. Weder eine kausale Therapie noch eine Impfung sind möglich.

*Aedes albopictus*-Mücken sind auch geeignete Vektoren für die Übertragung von Dengue-Viren [8]. In der Hauptüberträgermücke *Aedes aegypti* benötigen Dengue-Viren für ihre Vermehrung eine Mindesttemperatur von 18 °C [9]. Dengue-Viren sind umhüllte RNA-Viren, die zur Familie der Flaviviridae gehören. Beim Dengue-Virus sind bisher die vier unterschiedlichen Serotypen DENV-1 bis DENV-4 bekannt, die sich jeweils noch in Genotypen unterscheiden lassen. Das Dengue-Fieber zeichnet sich durch massive Knochen- und Muskelschmerzen aus und wird deshalb auch als Knochenbruchfieber bezeichnet („ki denga pepo“; Sprache der Swahili in Ostafrika = plötzliche von einem bösen Geist verursachte krampfartige Anfälle). Wie beim Chikungunya-Fieber kann es auch beim Dengue-Fieber zu einem makulopapulösen Exanthem kommen [5]. Aus diesem Grund sollten beide Infektionskrankheiten bei einem unklaren grippalen Krankheitsbild mit Exanthem und starken Glieder-, Knochen- und Muskelschmerzen vor allem nach Tropenaufenthalt in die Differenzialdiagnostik einbezogen werden. Typischerweise finden sich bei den beiden viralen Infektionen auch eine Thrombozytopenie und Transaminasenerhöhung. Für die spezifische Diagnostik stehen serologische Untersuchungen oder der RNA-Nachweis aus Blut durch RT-PCR zur Verfügung.

Im Vergleich zum Chikungunya-Fieber wird die weltweite Ausbreitung des Dengue-Fiebers viel stärker gefürchtet, da insbesondere eine Zweitinfektion mit einem anderen Dengue-Virustyp aufgrund von Antikörpern, die die Infektion verstärken können, zu einer höheren Viruslast mit lebensbedrohlichen hämorrhagischen Komplikationen führen kann. Nach Schätzungen der WHO sterben so jedes Jahr mehr als 20.000 Menschen an Dengue-Fieber, vor allem Kinder. Wie beim Chikungunya-Fieber handelt es sich bei den in Deutschland gemeldeten Erkrankungen bisher ausnahmslos um importierte Fälle, insbesondere aus Südostasien und Indien. Alarmierend ist jedoch, dass seit 2001 die Zahl der hierzulande gemeldeten Fälle kontinuierlich von 60 auf mehr als 400 in 2010 zugenommen hat. Hat man bis vor kurzem noch die Ausbreitung des Dengue-Fiebers nach Europa als ferne Utopie einge-

schätzt, müssen wir uns aktuell einer neuen Realität stellen: Im September 2010 wurde über zwei nicht eingeschleppte Fälle in Nizza/Frankreich berichtet [10]. Ebenfalls im Spätsommer 2010 wurde in Deutschland über einen Patienten berichtet, der nach Rückkehr von einer Reise nach Kroatien hier am Dengue-Fieber erkrankte [11]. Wie beim Chikungunya-Fieber gibt es derzeit auch für das Dengue-Fieber keine Kausaltherapie; ein vom NIH entwickelter Impfstoff befindet sich aktuell in der klinischen Prüfung.

### Das West-Nil-Fieber ist in Europa angekommen

Während sich das Chikungunya-Virus und das Dengue-Virus auf dem Sprung nach Europa befinden, ist das West-Nil-Virus bereits hier angekommen. Allein im Sommer und Herbst 2010 kam es zu Ausbrüchen in Griechenland, Rumänien und Ungarn mit mehreren Hundert Erkrankten von denen fast 40 verstarben [12, 13]. Bereits vorher wurde über Erkrankte in der Türkei und anderen mediterranen Ländern berichtet. Darüber hinaus wurde das West-Nil-Virus in anderen europäischen Ländern, wie Österreich und Großbritannien, in Vögeln nachgewiesen. Viele Daten deuten darauf hin, dass das West-Nil-Virus durch aus Afrika heimkehrende Zugvögel nach Europa eingeschleppt wurde. In Deutschland weisen daher auch serologische Untersuchungen auf eine Infektion vor allem von hier untersuchten Zugvögeln hin, das Virus selbst wurde aber bisher hierzulande noch nicht nachgewiesen [14]. Aufgrund der Anwesenheit von typischen Reservoirvögeln, wie zum Beispiel Krähen, in der Nähe menschlicher Behausungen muss befürchtet werden, dass das West-Nil-Fieber zukünftig auch in Deutschland endemisch werden könnte. Eine zunehmende Erwärmung würde hierbei einen zusätzlichen Risikofaktor darstellen, da das West-Nil-Virus eine kontinuierliche Mindesttemperatur von 18 °C benötigt, um sich innerhalb von 32 Tagen in seiner Überträgermücke *Culex pipiens* zu vermehren [3]. Diese Temperaturzustände sind hierzulande jedoch zunächst als unrealistisch einzustufen, sodass autochthone Fälle dieser viralen Erkrankungen in Deutschland zumindest auf absehbare Zeit nicht zu erwarten sind.

Dieses zur Familie der Flaviviridae gehörende RNA-Virus wurde 1937 in Uganda entdeckt und kann durch verschiedene Mückenarten, wie *Aedes albopictus* und die in Deutschland heimische Art *Culex pipiens* auf den Menschen übertragen werden. Vögel, darunter Sperlinge, Krähen und Zugvögel, sind die natürlichen Reserviertiere für das West-Nil-Virus. Da die Virämie in Vögeln groß ist, können die Viren in großer Menge von Blut saugenden Stechmücken aufgenommen und dann auf Säugetiere und den Menschen übertragen werden. Infizierte Menschen und Säugetiere, vor allem Pferde, zeigen hingegen nur eine geringe Virämie und stellen daher aus infektionsepidemiologischer Sicht eine Sackgasse für die weitere Verbreitung des West-Nil-Virus dar. Weltweit hat das West-Nil-Virus Schlagzeilen gemacht, als es 1999 von Tel Aviv nach New York eingeschleppt wurde und sich seitdem auf dem gesamten nordamerikanischen Kontinent ausgebreitet hat. Dabei wurden, ähnlich wie beim Chikungunya-Virus 2005/2006 auch beim West-Nil-Virus innerhalb von nur 3 Jahren seit der Einschleppung in New York genetische Mutationen identifiziert, die zur stärkeren Vermehrung in der Überträgermücke *Culex pipiens* und damit zur besseren Verbreitung innerhalb des nordamerikanischen Kontinents beigetragen haben [15].

Das West-Nil-Fieber des Menschen ist durch eine grippeähnliche Symptomatik gekennzeichnet; in weniger als einem Prozent aller Fälle kann es zu einer Meningitis beziehungsweise Meningoencephalitis kommen [5]. Für die Diagnostik können serologische Untersuchungen oder der RNA-Nachweis mit Hilfe der RT-PCR aus Blut eingesetzt werden. Es stehen jedoch weder eine kausale Therapie noch eine Impfung zur Verfügung.

### Wie wahrscheinlich ist eine Rückkehr der Malaria nach Deutschland?

Die Malaria war noch 1929 in vielen Regionen Europas endemisch. Auch nach den beiden Weltkriegen wurden sogar in Deutschland autochthone Ausbrüche einer durch *Plasmodium vivax* verursachten Malaria tertiana beobachtet, die als Mar-

**Prof. Dr. med. Uwe Groß ...**

... leitet seit 1999 das Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universitätsmedizin Göttingen. Nach dem Studium der Medizin in Hamburg hat er zunächst als Postdoc an der University of California in Los Angeles (UCLA) gearbeitet. Danach machte er seine Weiterbildung zum Arzt für Medizinische Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie an der Universitätsklinik Würzburg. Wissenschaftlich interessieren ihn vor allem

*Campylobacter jejuni*, *Toxoplasma gondii* und Infektionen mit humanpathogenen Pilzen. Darüber hinaus arbeitet er an infektionsepidemiologischen Fragestellungen in afrikanischen Ländern, die im Rahmen des Göttingen International Health Network zukünftig einen interdisziplinären Ansatz erfahren sollen.

schenfieber bezeichneten wurden. Derartige Ausbrüche wurden in Norddeutschland besonders in der Region um Emden, in Hamburg sowie in Berlin nachgewiesen. Damals wurde der Erreger durch Kriegsheimkehrer aus Afrika nach Deutschland eingeschleppt, sodass sich hierzulande ein Parasitenreservoir fand. Zugleich fand sich mit der auch heute noch in Europa heimischen Mückenart *Anopheles atroparvus* ein geeigneter Vektor für die Übertragung von *Plasmodium vivax*. Wichtig für die Infektionsepidemiologie war die Tatsache, dass diese Mückenart reichlich Brutplätze in den durch den Krieg zerstörten Städten fand und sich in den besonders warmen und feuchten Sommermonaten 1945 und 1946 in Deutschland gut ausbreiten konnte. Schließlich verfügten die betroffenen Menschen zu dem damaligen Zeitpunkt aufgrund der zerstörten Häuser über keinen effizienten Mückenschutz, sodass sie den mit Plasmodien infizierten Mücken schutzlos ausgeliefert waren. Seit 1951 gilt Deutschland als malariefrei.

Wie bereits ausgeführt, lassen die gegenwärtigen klimatischen Bedingungen in Deutschland die Vermehrung der oben genannten Viren in der Überträgermücke als unrealistisch erscheinen; anders verhält es sich aber bei der Malaria. *Plasmodium vivax* benötigt bei einer kontinuierlichen Mindesttemperatur von 16 °C zwar 55 Tage für seine Vermehrung in der Anopheles-Mücke [9]; diese Bedingungen werden aber z.B. in den Sommermonaten in Mannheim seit einigen Jahren immer wieder angetroffen. Eine Rückkehr der Malaria nach Deutschland wird jedoch trotz der zunehmenden Erwärmung als unwahrscheinlich angesehen, weil unter den heutigen Bedingungen ein effektiver Mückenschutz eine Ausbreitung der Erkrankung sofort limitieren würde. In der

Tat spielen sozioökonomische Faktoren eine zentrale Rolle für die Kontrolle der Malaria: so konnte die Malaria in vielen Ländern Afrikas alleine durch den Einsatz von imprägnierten Moskitonetzen zurückgedrängt werden.

### Die Auswirkungen der Erwärmung auf einheimische Infektionskrankheiten

In den letzten Jahren wird auch in Deutschland im Gegensatz zu den Salmonellosen ein signifikanter Anstieg der durch *Campylobacter* verursachten Gastroenteritis beobachtet: so wurden 2010 dem RKI mehr als 65.000 Fälle gemeldet. *Campylobacter jejuni* sind thermophile Bakterien, die als Bestandteil der normalen Intestinalflora bei Vögeln vorkommen. Die hohe Körpertemperatur der Vögel von 41–42 °C stellt zugleich das Temperaturoptimum für die Vermehrung von *Campylobacter jejuni* dar [16]. Doch auch bei niedrigeren Temperaturen vermehren sich diese Bakterien. Der Mensch infiziert sich vor allem beim Umgang mit Geflügel, z.B. im Rahmen der Essensvorbereitung. Hinzu kommt, dass in heißen Sommermonaten die Freizeitaktivitäten verstärkt nach außen verlagert werden, wo ein Kontakt mit *Campylobacter jejuni* über mit Vogelkot kontaminierte Erdböden und Gewässer möglich ist. Die Infektion des Menschen kann asymptomatisch verlaufen oder zur schmerzhaften Gastroenteritis führen. Folgeerkrankungen sind Arthralgien und das Guillain-Barré-Syndrom, bei denen eine serologische Untersuchung die Genese klären kann [5].

Die Zeckenart *Ixodes ricinus*, auch als Holzbock bezeichnet, ist ein in Deutschland häufiges Spinnentier und dient auch als Vektor für das FSME-Vi-

rus (bzw. TBE-Virus) und für Borrelien. *Ixodes ricinus* benötigt eine Luftfeuchtigkeit von mindestens 85 Prozent und eine Mindesttemperatur von 7 °C für eine optimale Wirtsfindung [17]. Aus diesem Grund wirken sich heiße, trockene Sommer ungünstig auf die Vermehrung der Zecken aus. Warme und feuchte Winter sind hingegen optimal nicht nur für die Vermehrung der Zecken, sondern auch für die Fortpflanzung von Mäusen und anderen Nagern, die für die Blutmahlzeiten von den Zecken aufgesucht werden. Geografische, klimatische und mathematische Modellierungen projizieren eine zunehmende Ausbreitung der Zeckenpopulationen in die nördlichen Regionen Europas. So wird z.B. seit Mitte der achtziger Jahre nach wärmeren Wintern ein vermehrtes Auftreten von FSME/TBE in Südschweden beobachtet [18]. Auch in Deutschland wurde erstmals in der Wintersaison 2006/2007 eine für diese Jahreszeit ungewöhnliche Aktivität der Zeckenpopulationen beobachtet [17]. Hierzulande wird vor allem nach feucht-warmen Wintern eine Zunahme der bundesweit gemeldeten FSME/TBE-Nachweise beobachtet.

Wie FSME/TBE ist auch der Nachweis von Hantaviren gemäß Paragraph 7 IfSG meldepflichtig. Bundesweit werden durchschnittlich 200 Fälle pro Jahr gemeldet. Im Gegensatz dazu wurden in den Jahren 2005 und 2007 jedoch bundesweit 447 beziehungsweise 1.688 Fälle gemeldet. Den beiden Jahren war jeweils ein besonders milder und feuchter Winter vorangegangen. Das natürliche Reservoir für das Hantavirus sind die vor allem in den Buchenwäldern heimischen Rötelmäuse, die das Virus mit ihrem Urin oder Kot ausscheiden und so auch den Menschen infizieren können. Eine Zunahme menschlicher Hantavirusinfektionen wurde in den genannten Jahren vor allem in an Buchenwald reichen Regionen beobachtet. Es ist anzunehmen, dass die aufgrund der klimatischen Bedingungen optimierte Buchenmast eine Fortpflanzung der Rötelmäuse auch im Winter ermöglichte. Obwohl der Winter 2009/2010 ungewöhnlich lang und schneereich war, zeigte sich in 2010 mit 2.016 Fällen eine nie da gewesene Häufung gemeldeter Infektionen. Die über mehrere Monate geschlossene Schneedecke wirkte sich wie eine Isolierungsschicht aus, sodass die darunter lie-

genden feucht-warmen Lebensbedingungen sich wahrscheinlich optimal auf die Vermehrung der Rötelmäuse auswirkten. Der Mensch infiziert sich meistens durch den Kontakt mit virushaltigem Mäuse-Urin oder Kot. Die resultierende Nephropathia epidemica fällt durch plötzliches hohes Fieber und Schmerzen im Nierenlager auf. Das daraus eventuell resultierende akute Nierenversagen nimmt in weniger als einem Prozent einen tödlichen Verlauf. Die Infektion kann durch serologische Verfahren oder mit der PCR nachgewiesen werden. Therapeutisch kommt gegebenenfalls die Hämodialyse in Frage; für einen antiviralen Therapieversuch steht Ribavirin zur Verfügung [5].

Schwieriger als bei der FSME/TBE und der Hantavirus-Infektion ist die epidemiologische Situation für die Borreliose einzuschätzen, da es für den Borrelien-Nachweis bisher keine bundesweite Meldepflicht gibt. Die Daten einzelner Präva-

lenzstudien weisen aber darauf hin, dass bundesweit jährlich ca. 50.000 Menschen an einer Lyme-Borreliose erkranken [19]. Dabei hat die Anzahl Borrelien-positiver Zecken in ausgewählten Regionen in den letzten Jahren zugenommen [20]. Im Einklang mit dieser Beobachtung stehen auch die Zunahme der gemeldeten menschlichen Borreliose-Fälle aus den Neuen Bundesländern von ca. 18 Fällen/100.000 Einwohner in 2002 auf ca. 32 Fälle/100.000 Einwohner in 2009 [21]. Das dort etablierte Melderegister belegt, dass sich allein in Brandenburg die Zahl der gemeldeten Borreliose-Fälle innerhalb des Zeitraums 1996 bis 2005 von 198 auf 2.105 mehr als verzehnfacht hat [22].

### Ausblick

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die globale Erwärmung auch in Europa und in Deutschland zu einer stei-

genden Prävalenz endemischer oder sich neu ausbreitender Infektionskrankheiten führen wird. Dabei ist das Risiko für jede Infektionskrankheit jeweils abhängig von den einzelnen Erregern und ihren komplexen Beziehungen zum Wirt bzw. Vektor. Bei unklaren Krankheitsbildern müssen daher zukünftig auch eine veränderte Erregerlage und die durch sie verursachten Krankheiten in die differenzialdiagnostischen Abwägungen einbezogen werden.

### Interessenkonflikte:

keine angegeben

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Uwe Groß  
Institut für Medizinische Mikrobiologie  
Universitätsmedizin Göttingen  
Kreuzbergerring 57, 37075 Göttingen  
Tel.: 0551 39 5801/5806  
E-Mail: ugross@gwdg.de

### Literatur

- Jones PD, Parker DE, Osborn TJ, Briffa KR. Global and hemispheric temperature anomalies – land and marine instrumental records. <http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>, 2010
- Roeckner E, Jacob D. Der Klimawandel ist voll im Gange. In: Lozan J et al. (Hrsg) Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken; Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. Hamburg: GEO Wissenschaftliche Auswertungen, 2008: 19–34
- Bogdan C, Schönian G, Banuls AL et al. Visceral leishmaniasis in a German child who never entered a known endemic area. Case report and review of the literature. *Clin Infect Dis* 2001; 32: 302–306
- Naucke TJ, Menn B, Massberg D, Lorentz S. Sandflies and leishmaniasis in Germany. *Parasitol Res* 2008; 103 Suppl 1: S65–S68
- Groß U. Kurzlehrbuch Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. Stuttgart: Thieme-Verlag, 2009
- Dubrulle M, Mousson L, Moutailler S, Vazeille M, Failloux AB. Chikungunya virus and Aedes mosquitoes: saliva is infectious as soon as two days after oral infection. *PLoS One* 2009; 4: e5895
- Angelini P, Macini P, Finarelli AC, Pol C, Venturelli C, Bellini R, Dottori M. Chikungunya epidemic outbreak in Emilia-Romagna (Italy) during summer 2007. *Parassitologia* 2008; 50: 97–98
- Talbalaghi A, Moutailler S, Vazeille M, Failloux AB. Are Aedes albopictus or other mosquito species from northern Italy competent to sustain new arboviral outbreaks? *Med Vet Entomol* 2010; 24: 83–87
- Becker N. Influence of climate change on mosquito development and mosquito-borne diseases in Europe. *Parasitol Res* 2008; 103, Suppl. 1: S19–S28
- La Ruche G, Souarès Y, Armengoud A et al. First two autochthonous dengue virus infections in metropolitan France, September 2010. *Euro Surveill*. 2010; 15: 19676
- Schmidt-Chanasit J, Haditsch M, Schoeneberg I, Gunther S, Stark K, Frank C. Dengue virus infection in a traveller returning from Croatia to Germany. *Euro Surveill* 2010; 15: 19677
- Sirbu A, Ceianu CS, Panculescu-Gatej RI et al., Outbreak of West Nile virus infection in humans, Romania, July to October 2010. *Euro Surveill* 2011; 16: 19762
- Papa A, Danis K, Baka A, et al. Ongoing outbreak of West Nile virus infections in humans in Greece, July-August 2010. *Euro Surveill* 2010; 15: 19644
- Seidowski D, Ziegler U, von Rönn JA et al. West Nile virus monitoring of migratory and resident birds in Germany. *Vector Borne Zoonotic Dis* 2010; 10: 639–647
- Kilpatrick AM, Meola MA, Moudy RM, Kramer LD. Temperature, viral genetics, and the transmission of West Nile virus by Culex pipiens mosquitoes. *PLoS Pathogens* 2008; 4: e1000092
- Dasti JJ, Tareen AM, Lugert R, Zautner AE, Groß U. Campylobacter jejuni: a brief overview on pathogenicity-associated factors and disease-mediating mechanisms. *Int J Med Microbiol* 2010; 300: 205–211
- Suess J, Klaus C, Gerstengarbe FW, Werner PC. What makes ticks tick? Climate change, ticks, and tick-borne diseases. *J Travel Med* 2008; 15: 39–45
- Lindgren E, Gustafson R. Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change. *Lancet* 2001; 358: 16–18
- Kimmig P, Windorfer A. Vorkommen und Häufigkeit der Borreliose. Fachgespräch im Niedersächsischen Landtag. *Infektionen und Hygiene Report* 2004; 2, NLGA, Hannover
- Kampen H, Rötzel DC, Kurtenbach K, Maier W, Seitz HM. Substantial rise in the prevalence of Lyme borreliosis spirochetes in a region of western Germany over a 10-year period. *Appl Environ Microbiol* 2004; 70: 1576–1582
- Anonymus. Lyme-Borreliose: Analyse der gemeldeten Erkrankungsfälle der Jahre 2007 bis 2009 aus den sechs östlichen Bundesländern. *Epidemiol Bulletin* 2010; 12: 101–107
- Hemmer CJ, Frimmel S, Kinzelbach R, Gürtler L, Reisinger EC. Globale Erwärmung: Wegbereiter für tropische Infektionskrankheiten in Deutschland? *Dtsch Med Wochenschr* 2007; 132: 2583–2589