

«Neue» Infektionskrankheiten in der Schweiz durch den Klimawandel?

Stefano Bassetti

Medizinische Klinik, Kantonsspital Olten

Quintessenz

- Wegen der Klimaerwärmung ist auch in der Schweiz mit der Zunahme von bereits vorkommenden oder mit neu auftretenden Infektionskrankheiten zu rechnen.
- West-Nil-Virus-Infektionen, eventuell sogar Dengue und Chikungunya und die Leishmaniose, könnten z.B. in der Schweiz autochthon auftreten.
- Die Entwicklung der zeckenübertragenen Erkrankungen wie FSME und Lyme-Borreliose hängt wahrscheinlich mehr von sozioökonomischen Faktoren als von den Klimaänderungen ab. Gemäss einigen Modellen könnte um 2020 die FSME wegen der Änderungen des Klimas in der Schweiz sogar verschwinden.
- Die Ausbreitung von Krankheiten wie Malaria und Cholera ist in der Schweiz unwahrscheinlich. Allerdings könnten häufiger autochthone Malariafälle im Sinne einer «Airport-Malaria» auftreten.
- Präventivmassnahmen sollten nicht auf einzelne Erreger fokussieren, sondern generell die Infrastruktur (Wasserversorgung, sanitäre Einrichtungen, Vektorkontrolle) und die «Surveillance» (Melde-systeme für Infektionskrankheiten) verbessern.

Einführung

Die Erwärmung der Erdoberfläche wird durch viele Messungen und weltweite Beobachtungen bestätigt [1]. Die Analyse der Temperaturabweichungen in der Schweiz zwischen 1864 und 2005 zeigt einen linearen Trend mit einer Zunahme um 1,1 °C pro 100 Jahre [2] (Abb. 1 ). Bis 2100 muss in der Schweiz mit einer Zunahme der Sommertemperaturen um 3,5 bis 7 °C gegenüber 1990 gerechnet werden, sofern die Treibhausgasemissionen nicht rasch gesenkt werden [1] (Abb. 2 ). Eine mögliche Konsequenz der Klimaerwärmung ist die Ausbreitung von Infektionskrankheiten. Gewisse Krankheitserreger, wie *Vibrio cholerae* oder *Vibrio vulnificus*, vermehren und verbreiten sich rascher in wärmeren Gewässern. Andererseits begünstigt die Temperaturerhöhung Wachstum und Ausbreitung von Krankheitserregern und Vektoren (wie Mücken und Zecken), welche eine bestimmte Mindesttemperatur für ihre Entwicklung brauchen. Höhere Temperaturen könnten auch neue Vektoren erzeugen und beeinflussen das Vorkommen von Tieren, die als Wirte bei Zoonosen eine wichtige Rolle spielen (z.B. Nagetiere). Eine Analyse des Auftretens von neuen oder unerwarteten Infektionskrankheiten zwischen 1940 und 2004 hat gezeigt, dass die Mehrheit (60%) dieser Infektionskrankheiten Zoonosen

sind und dass Vektor-übertragene Krankheiten für 22,8% der Manifestationen von neuen/unerwarteten Infektionskrankheiten verantwortlich waren. Ihre Häufigkeit hat signifikant zugenommen und korreliert mit den seit 1990 festgestellten Klimaveränderungen. Das Auftreten von neuen oder unerwarteten Infektionskrankheiten ist signifikant mit Umwelt-, aber auch mit sozioökonomischen Faktoren assoziiert (z.B. Bevölkerungsdichte, landwirtschaftliche Verfahren, Antibiotikaverbrauch) [3]. Mit neuen oder unerwarteten Infektionskrankheiten ist somit auch in der Schweiz zu rechnen. Einige dieser Krankheiten werden in der Folge diskutiert.

Durch Zecken übertragene Infektionskrankheiten

Schildzecken der Gattung *Ixodes*, vor allem *Ixodes ricinus*, sind in Europa die wichtigsten Vektoren von Krankheiten, welche durch Zecken übertragen werden. In der Schweiz sind die Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) und die Lyme-Borreliose die zwei relevantesten zeckenübertragenen Krankheiten. *Ixodes*-Zecken können aber in Mitteleuropa auch andere Krankheiten übertragen, wie die Ehrlichiose, die Babesiose, die Anaplas-mose und die Tularämie [4]. Im Mittelmeerraum und in anderen Gebieten spielen weitere Zeckenarten eine wichtige Rolle. Die braune Hundezecke (*Rhipicephalus sanguineus*) ist z.B. der Vektor für *Rickettsia conorii*, den Erreger des Mittelmeerfleckfiebers, und ist am Transmissionszyklus von *Coxiella burnetii*, dem Erreger des Q-Fiebers, beteiligt [5].

Höhere Wintertemperaturen begünstigen das Überleben von Zecken und ihren Wirtstieren und ermöglichen den Zecken, in höhere Lagen vorzudringen. Andererseits ist Feuchtigkeit sehr wichtig für das Überleben von *Ixodes*. Deshalb können heisse und trockene Sommer zu einem Rückgang der *Ixodes*-Populationen und der durch sie übertragenen Erkrankungen führen.

FSME und Lyme-Borreliose

Das FSME-Virus kommt in Europa und Asien zwischen dem 42. und 63. Breitengrad vor. Das Virus zirkuliert aber nur in sogenannten Naturherden. In der Schweiz wurde bis 2006 eine deutliche Zunahme der FSME-Fälle beobachtet. Auch in anderen Ländern (z.B. Deutschland, Schweden, in den baltischen Ländern) wurde z.T. seit den 80er Jahren eine deutliche Zunahme der FSME-Erkrankungen registriert [6, 7].

Die Lyme-Borreliose kommt in allen gemässigten Zonen der nördlichen Hemisphäre vor und ist nicht mit Natur-



Stefano Bassetti

Der Autor erklärt, dass er keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag hat.

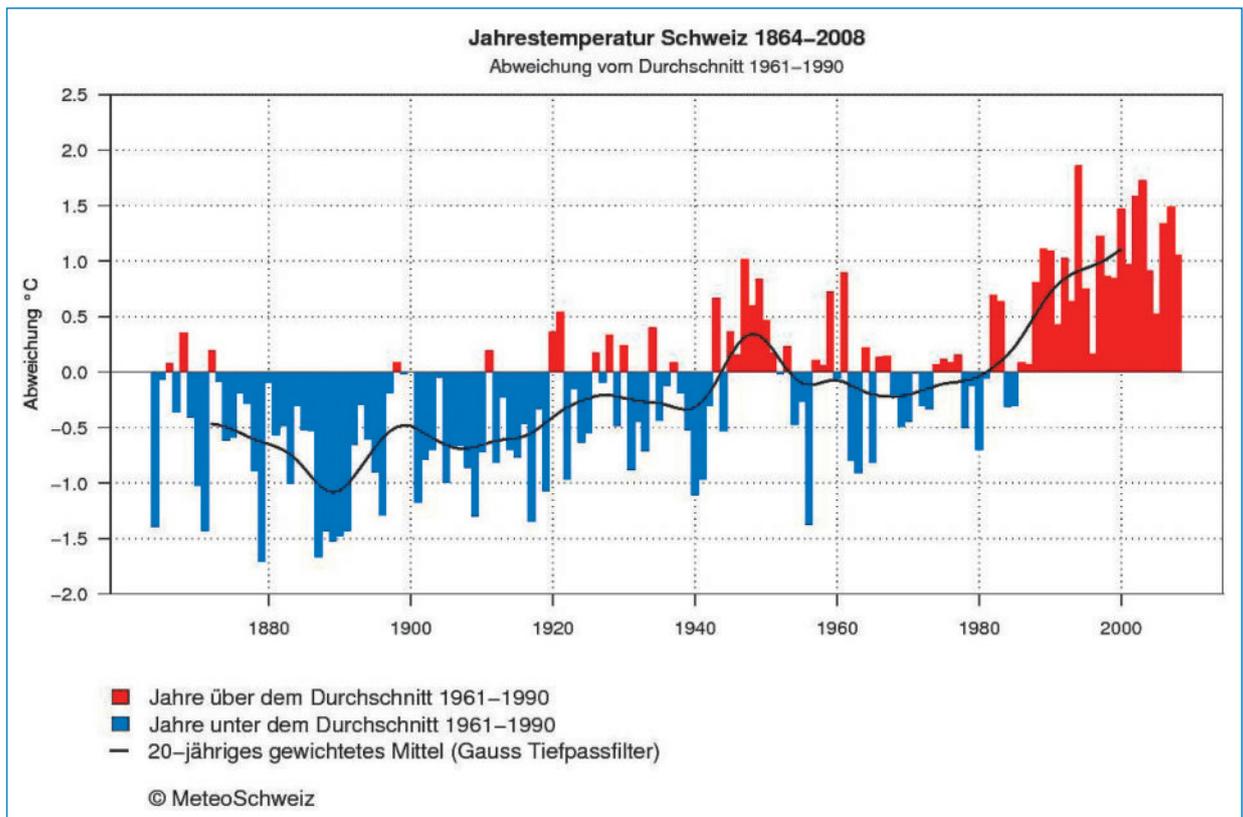


Abbildung 1

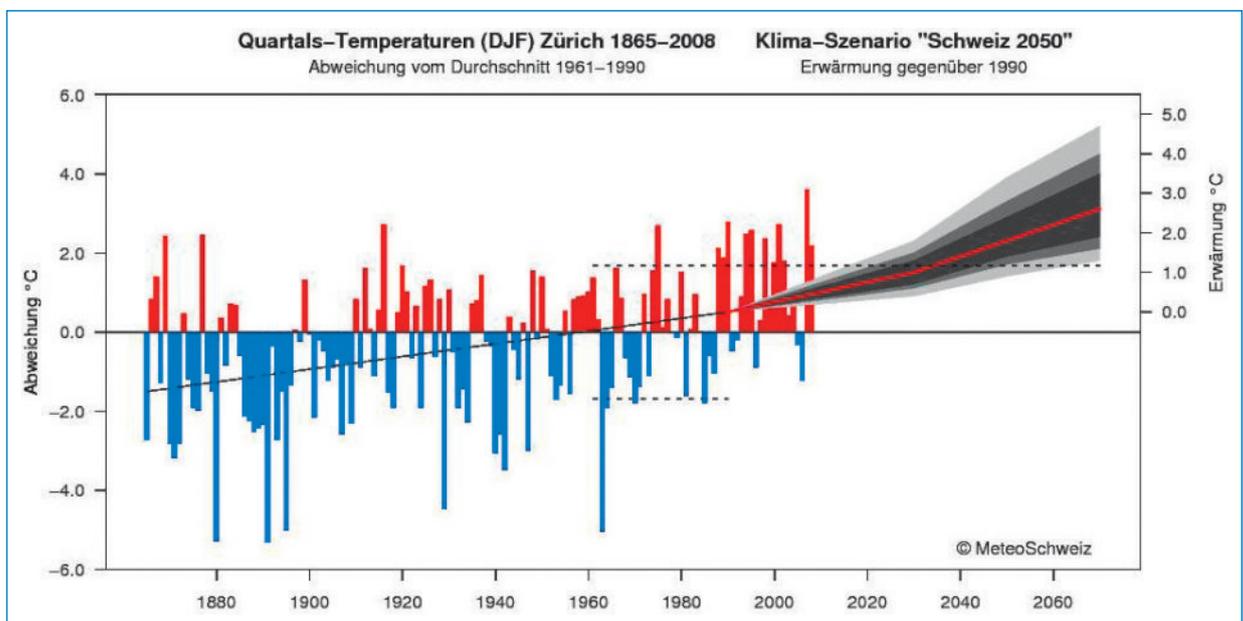


Abbildung 2

herden assoziiert, so dass diese Krankheit in der ganzen Schweiz auftritt (in Gebieten unter 1500 m ü.M.). Auch die Zahl der Fälle von Lyme-Borreliose in den USA und mehreren europäischen Ländern hat in den letzten Jahren zugenommen [6, 7].

Einige Studien haben eine signifikante Beziehung zwischen den steigenden Wintertemperaturen, der Zunahme der Zeckenpopulationen bei milderem Wintern und dem vermehrten Auftreten von zeckenübertragenen Krank-

heiten beschrieben [6]. Es wird somit postuliert, dass die Klimaerwärmung für die Zunahme der Krankheiten wie FSME und Lyme-Borreliose verantwortlich ist. Diese Schlussfolgerung ist aber umstritten. Die Zunahme der FSME-Inzidenz ab 1984 in der Region Stockholm wurde z.B. mit den höheren Wintertemperaturen in Verbindung gesetzt. Die Zunahme der Zecken und Zeckenaktivität könnte aber auch mit der ab 1982 in der gleichen Region beobachteten Populationszunahme des Rehs, des wich-

Tabelle 1. Beispiele von Stechmückenspezies, die in der Schweiz nachgewiesen wurden und die als Vektoren für Infektionserreger dienen können [6, 11–16].

Spezies	Möglicher Vektor für
<i>Culex pipiens</i>	West-Nil-Virus
	Rift-Valley-Fieber-Virus
	St.-Louis-Encephalitis-Virus
	Dirofilaria immitis
	Wuchereria bancrofti
<i>Aedes cantans</i>	West-Nil-Virus
<i>Aedes excrucians</i>	West-Nil-Virus
	Rift-Valley-Fieber-Virus
<i>Aedes vexans</i>	Dirofilaria immitis
	West-Nil-Virus
	Rift-Valley-Fieber-Virus
	Eastern Equine Encephalitis Virus
<i>Aedes geniculatus</i>	Dirofilaria immitis
<i>Aedes albopictus</i> *	Denguevirus
	Chikungunyavirus
	Gelbfiebertivirus
<i>Anopheles claviger</i>	Plasmodium vivax
<i>Anopheles maculipennis</i>	Plasmodium vivax
	West-Nil-Virus
	Dirofilaria immitis (unsicher)
<i>Anopheles messeae</i>	Plasmodium vivax
	West-Nil-Virus
<i>Anopheles plumbeus</i>	Plasmodium falciparum
<i>Coquillettidia richiardii</i>	West-Nil-Virus

* *Aedes albopictus* hat sich im Kanton Tessin etabliert und wurde auch im Kanton Aargau beobachtet [14].

tigsten Wirtes der adulten Zecken, zusammenhängen. Dessen Vermehrung ist wiederum erklärbar mit einer Abnahme seiner natürlichen Feinde im gleichen Zeitraum, da eine Räude-Epidemie die Füchse dezimiert hatte [7]. Diese Interpretation wird durch eine aktuelle Studie aus Norditalien bestätigt, welche zwei Faktoren für die Zunahme der FSME-Inzidenz in dieser Region identifiziert hat: die Veränderung der Waldstruktur und die Anzahl Rehe pro km² [8]. Es konnte auch gezeigt werden, dass in Dänemark die zunehmende Anzahl Rehe pro Hektare zeitlich und örtlich mit der zunehmenden Inzidenz der Neuroborreliose korreliert. Eine der Ursachen der zunehmenden Rehpopulation ist die Wiederaufforstung, die seit Beginn des 20. Jahrhunderts stattgefunden hat [7]. Auf Grund der Auswirkungen von wärmeren und trockenen Sommern auf den komplexen Zyklus des FSME-Virus wird vorausgesagt, dass dieses sich zwar in Regionen weiter nördlich ausbreiten und auch in höheren Lagen vorkommen wird. Dafür wird aber das FSME-Virus gemäss dieser Voraussage um 2020 aus Ländern wie der Schweiz, Frankreich, Kroatien, Slowenien und Ungarn verschwinden [7].

Die Häufigkeit des Kontaktes zwischen Mensch und Zecken ist der wichtigste gemeinsame bestimmende Faktor für die Inzidenz zeckenübertragener Krankheiten. Die Variationen dieser Inzidenz sind somit nur teilweise durch Klimaveränderungen bedingt. Wichtiger erscheinen Änderungen des Habitats und des Lebenszyklus der Wirtstiere der Zecken sowie der Lebensgewohnheiten des Menschen (z.B. häufigere Aufenthalte in den Wäldern durch Joggen, Wandern usw.) [7] und veränderte sozio-ökonomische Faktoren (z.B. Veränderungen in der Landwirtschaft und der Waldbewirtschaftung) [9].

Mittelmeerfleckfieber («Fièvre boutonneuse», «Mediterranean spotted fever»)

Das Mittelmeerfleckfieber ist verursacht durch *Rickettsia conorii* und charakterisiert durch hohes Fieber, Kopfschmerzen, Myalgien, ein makulopapulöses Exanthem und eine «tache noire» an der Bissstelle der Zecke. Der Vektor von *Rickettsia conorii* ist *Rhipicephalus sanguineus*. Diese Zecke ist im Mittelmeerraum heimisch, weniger auf Feuchtigkeit angewiesen und breitet sich in letzter Zeit nach Norden aus. Sporadische autochthone Fälle von Mittelmeerfleckfieber sind in Ländern wie Belgien, Deutschland und der Schweiz beschrieben worden [10] und wahrscheinlich durch die Einführung von mit Zecken befallenen Hunden aus dem Mittelmeerraum zu erklären. Allerdings konnte nachgewiesen werden, dass *R. sanguineus* sich in den letzten Jahren im Kanton Tessin etabliert hat [5]. Somit ist das Auftreten von echten autochthonen Fällen von Erkrankungen, welche durch *R. sanguineus* übertragen werden, auch in der Schweiz denkbar.

Durch Stechmücken übertragene Infektionskrankheiten

In der Schweiz kommen mindestens 31 Mückenarten vor, inklusive Anopheles-Mücken, welche die Malaria übertragen können [11] (Tab. 1 ↻). Zusätzlich wurden in den letzten Jahren in der Schweiz auch neue Mückenspezies nachgewiesen. Insbesondere hat sich *Aedes albopictus* (die asiatische Tigermücke) ab 2007 im Südtessin etabliert. Gleichzeitig wurde die erste Tigermücke nördlich der Alpen im Kanton Aargau beobachtet [14]. *Ae. albopictus* hat eine hohe Vektorkompetenz für Chikungunya- und Denguefieber-Viren und kann als Vektor für das Gelbfiebertivirus dienen. Ihre Eier sind sehr resistent und können während der ganzen trockenen Jahreszeit überleben. *Ae. albopictus* hat sich aus Südostasien weltweit verbreitet und kommt jetzt auch in Südeuropa, in den USA, in Südamerika, Afrika, im Mittleren Osten, im Westpazifik und in der Karibik vor. Wahrscheinlich erfolgt die Kolonisation neuer Gebiete durch den Transport der Mückeneier auf Holz oder in Autoreifen, welche von kolonisierten Regionen in die ganze Welt exportiert werden [17].

Malaria

In den letzten Jahren wurden mehrere Berechnungen publiziert, welche auf Grund der Klimaerwärmung eine Ausbreitung der Malaria in Mittel- und Nordeuropa so-

Tabelle 2. Einige Beispiele von West-Nil-Virus-Epidemien bei Menschen [13, 21].

Jahr	Land	Region	Bestätigte Fälle	Todesfälle
1962–1966	Frankreich	Camargue	14	1
1974	Südafrika		307	0
1994	Algerien		17	8
1994	Rumänien	Bukarest	393	17
1997	Tunesien		173	8
1999	Russland	Wolgograd	183	40
1999	USA	New York	62	7
2000	Israel		417	35
2002	Kanada		340	20
2008*	USA		1338	43

* Von 2002 bis 2007 wurden in den USA jährlich zwischen 2537 und 9862 Fällen gemeldet.

wie in Nordamerika voraussagen. Die Geschichte der Malaria in Europa und sorgfältigere Studien [18] widerlegen aber diese Voraussagen und zeigen, dass z.B. sozioökonomische Faktoren die Epidemiologie der Malaria stärker beeinflussen als die Erhöhung der Jahrestemperaturen. Die Malaria war bis zur ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts endemisch in allen nordeuropäischen Ländern mit Epidemien auch in der Nähe des nördlichen Polarkreises. In der Schweiz kam die Malaria in den Kantonen Genf, Wallis, Waadt, Neuenburg, Basel-Stadt, St. Gallen, Graubünden und Tessin vor [11]. In mehreren Regionen Englands war die Malaria von 1564 bis ca. 1730, d.h. während der kältesten Phase der Kleinen Eiszeit, eine wichtige Krankheits- und Todesursache. Die Transmissionsraten in diesen Gebieten nahmen erst ab 1880 massiv ab, als die Klimaerwärmung bereits im Gang war. Ursachen für diese Abnahme und schliesslich für die Elimination der Malaria in Europa waren unter anderem die Beseitigung von Feuchtgebieten, die Verbesserung der Wohnverhältnisse (mit Reduktion der Mückenkontakte), die Zunahme der Viehzucht (so dass zoophile Mücken weniger auf den Menschen ausweichen), der Einsatz von wirksamen Malariatherapien (welche die Persistenz der Malaria-Plasmodien im menschlichen Wirt verkürzen) und, nach dem 2. Weltkrieg, der Einsatz von DDT zur Mückenbekämpfung [19]. Das Risiko, dass die Malaria in der Schweiz und in Westeuropa wieder endemisch wird, ist somit sehr klein. Allerdings können die wärmeren Temperaturen das Überleben von importierten Mücken begünstigen, welche z.B. mit Flugzeugen aus Endemiegebieten in die Schweiz gelangen. Diese Mücken können autochthone Malariafälle verursachen («Airport Malaria») [20]. Autochthone Malariafälle können auch auftreten, wenn einheimische Anopheles-Mücken Plasmodien von einem an Malaria erkrankten Reiserückkehrer übertragen [6].

West-Nil-Virus

Das West-Nil-Virus ist ein Arbovirus der Gattung Flavivirus, das heute in Afrika, Asien, Europa, im Mittleren Osten, Australien und Nordamerika (seit 1999) verbreitet ist. Die Infektion verläuft in ca. 80% der Fälle asympto-

matisch. Ungefähr 20% der Infizierten präsentieren ein Dengue-ähnliches Syndrom mit hohem Fieber, Kopf- und Rückenschmerzen, Arthralgien, Myalgien und retroorbitalen Schmerzen. Ein Exanthem tritt bei 25% bis 50% der Patienten auf. Weniger als 1% der Infizierten entwickelt neurologische Symptome (z.B. Meningoenzephalitis, Poliomyelitis-ähnliche akute schlaffe Lähmung). Die Mortalität beträgt 4% bis 15% und ist höher bei älteren Patienten [21]. Mehrere Epidemien sind in den letzten Jahren beschrieben worden (Tab. 2). Das West-Nil-Virus wird hauptsächlich durch Stechmücken übertragen, wobei ornithophile (vogelstechende) Spezies die Hauptrolle spielen. In Europa gelten *Culex pipiens* und *Coquillettidia richiardii* (welche in der Schweiz vorkommen) sowie *Culex modestus* als Hauptvektoren. Das Virus konnte aber bereits bei mehr als 75 Spezies von Stechmücken isoliert werden. Die Replikationsrate von Flaviviren in Stechmücken ist höher bei wärmeren Temperaturen. Hauptwirte des West-Nil-Virus sind Vögel, aber das Virus wurde aus mehr als 30 Tierspezies isoliert (Säugetiere, Amphibien, Reptilien). Menschen, Pferde (welche ebenfalls eine Enzephalitis entwickeln können) und andere Säugetiere gelten als Endwirte, da sie nicht genügend hohe Virustiter im Blut entwickeln, um Stechmücken zu infizieren. Man vermutet, dass das West-Nil-Virus 1999 in den USA durch eine infizierte Person eingeführt wurde. Zugvögel haben das Virus dann verbreitet [13, 21]. Grundsätzlich sind die Voraussetzungen für die Unterhaltung einer West-Nil-Virusepidemie in der Schweiz gegeben (Hauptwirte, Vektoren). Die Erwärmung des Klimas könnte das Risiko einer solchen Epidemie erhöhen durch die Vermehrung der Stechmücken und die raschere Virusreplikation bei höheren Temperaturen.

Dengue und Gelbfieber

Die Dengueviren und das Gelbfiebervirus sind Flaviviren, die durch *Aedes aegypti* übertragen werden. Andere Aedes-Mücken, wie *Ae. albopictus*, können auch als Vektoren dienen. Dengueviren werden in allen tropischen Regionen übertragen (ca. zwischen dem 35. Breitengrad Nord und dem 35. Breitengrad Süd), was der Verbreitung von *Ae. aegypti* entspricht. Das Gelbfieber kommt hingegen nur in tropischen Regionen Südamerikas und Afrikas (südlich der Sahara) vor, nicht aber in Asien. Die Gründe für diese unterschiedliche Verbreitung sind nicht klar. Dengue ist weltweit eine der wichtigsten sich wieder ausbreitenden Infektionskrankheiten. Aktuelle Fälle und Dengue-Epidemien in Regionen, aus denen die Krankheit seit Jahrzehnten verschwunden war, wie auf Hawaii oder in der Grenzregion zwischen Texas und Mexiko, bestätigen diese Expansion. Die Klimaerwärmung spielt für diese Entwicklung eine wichtige Rolle, weil höhere Temperaturen, wie oben erwähnt, die Virusvermehrung in infizierten Mücken beschleunigen und weil die Klimaerwärmung die Besiedelung von neuen Gebieten durch *Ae. albopictus*, den Sekundärvektor für Dengue- und Gelbfiebervirus, ermöglicht hat [22, 23].

Chikungunya

Das Chikungunyavirus ist ein Arbovirus aus der Familie der Togaviridae, das von Aedes-Mücken übertragen

Tabelle 3. Beispiele von möglichen «emerging infectious diseases» in der Schweiz.**Neuaufreten in der Schweiz möglich**Durch *Aedes albopictus* übertragene Krankheiten

- West-Nil-Virus
- (Dengue)
- (Chikungunya)

Leishmaniose

Toscanavirus («sand fly fever»)

Zunahme der Fälle oder Neuaufreten in der Schweiz möglich, allerdings mehr von sozioökonomischen Faktoren als von Klimaveränderungen abhängig

Durch Zecken übertragene Krankheiten

- Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME)
- Lyme-Borreliose
- Rickettsiosen (z.B. Mittelmeerfleckfieber)

Zunahme der Fälle oder Neuaufreten in der Schweiz unwahrscheinlich

- Malaria (isolierte autochthone Fälle im Sinne der «Airport-Malaria» könnten allerdings zunehmen)
- Cholera

wird, insbesondere *Ae. aegypti* (Hauptvektor in den urbanen Epidemien in Afrika und Asien) und *Ae. albopictus* (Hauptvektor in den Epidemien in der Region des Indischen Ozeans). Die erste Chikungunya-Epidemie wurde 1952 in Tansania beschrieben. Seither traten Epidemien auf in West- und Südafrika, Indien, Südostasien, auf den Philippinen und auf Inseln im Indischen Ozean (2005–2006: La Réunion, Mauritius, Seychellen, Mayotte). Die Infektion durch das Chikungunyavirus ist charakterisiert durch hohes Fieber, Myalgien, ein Exanthem und starke Arthralgien («Chikungunya» heisst auf Kiswaheli «der gekrümmte Gehende»). Die starken Gelenkschmerzen unterscheiden Chikungunya von Dengue [17]. Im Jahre 2007 kam es zu einer Chikungunya-Epidemie in Nordostitalien (Provinz Ravenna) mit 205 Fällen. Der Indexfall war wahrscheinlich ein Mann, der sich in Indien infiziert hatte und zwei Tage nach seiner Ankunft in Italien erkrankte. Ein wichtiger Faktor, der die Epidemie ermöglichte, war die hohe *Ae. albopictus*-Dichte in der Region, als der virämische Indexfall sich dort aufhielt [24].

Leishmaniose und «Sand fly»-Fieber

Leishmanien sind Protozoen, welche durch Sandmücken («sand flies») übertragen werden. Die Infektion mit Leishmanien kann sich mit ulzerierenden Läsionen der Haut oder Schleimhäute manifestieren (kutane, mukokutane Form) oder mit systemischen Symptomen wie Fieber, Gewichtsverlust, Hepatosplenomegalie, Anämie,

Leuko- und Thrombozytopenie bei der viszeralen Form (Kala-Azar). In Europa kommt die Leishmaniose endemisch in allen Mittelmeerländern vor, wo jährlich ca. 700 neue Fälle gemeldet werden. In diesen Ländern ist die Leishmaniose auch ein wichtiges veterinärmedizinisches Problem, weil *Leishmania infantum*, der Erreger der viszeralen Leishmaniose in Europa, auch Hunde infiziert. Diese erkranken selber (ca. 5000 Fälle pro Jahr nur in Frankreich), dienen aber auch als Reservoir und stellen somit ein Risiko für den Menschen dar. Der Anstieg der Temperaturen könnte dazu führen, dass Sandmücken und Leishmanien sich aus Südeuropa weiter nach Norden ausbreiten. Tatsächlich wurden bereits Fälle von autochthoner viszeraler Leishmaniose in Norditalien und Süddeutschland beschrieben [25]. Im Südtessin kommt die Sandmücke *Phlebotomus perniciosus* vor [11], welche als Vektor für *L. infantum*, aber auch für das Toscanavirus dient, ein Phlebovirus («sand fly fever virus») der Familie Bunyaviridae, das in der Region Florenz die häufigste Ursache für aseptische Meningitiden von Mai bis Oktober ist [6].

Ausblick

Die Veränderungen des Klimas haben sehr komplexe Auswirkungen. Zudem sind sozioökonomische Faktoren für die Infektionsepidemiologie ebenso wichtig wie Klimaveränderungen [26, 27]. Da Prognosen in diesem komplexen System schwierig sind (Tab. 3 ) , sollten Präventivmassnahmen nicht auf einzelne Erreger fokussieren, sondern generell die Infrastruktur (Wasserversorgung, sanitäre Einrichtungen, Vektorkontrolle) und die «Surveillance» (Melde-systeme für Infektionskrankheiten) verbessern.

Danksagung

Der Autor dankt MeteoSchweiz für die beiden Abbildungen.

Korrespondenz:

Prof. Stefano Bassetti
Medizinische Klinik
Kantonsspital Olten
CH-4600 Olten
stefano.bassetti@spital.so.ch

Empfohlene Literatur

Die vollständige nummerierte Literaturliste finden Sie unter www.medicalforum.ch.

«Neue» Infektionskrankheiten in der Schweiz durch den Klimawandel? / «Nouvelles» maladies infectieuses en Suisse à cause du changement climatique?

Literatur

- 1 OcCC, 2008: Das Klima ändert – was nun? Der neue UN-Klimabericht (IPCC 2007) und die wichtigsten Ergebnisse aus Sicht der Schweiz. OcCC – Organe consultatif sur les changements climatiques, Bern, 47 pp. ISBN: 978-3-907630-33-4 [http://proclimweb.scnat.ch/Products/OcCC-IPCC/OcCC-IPCC.pdf]
- 2 http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_heute/temperaturrend_schweiz.html (accessed: march 20, 2009).
- 3 Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008;451:990–3.
- 4 Baumann D, Pusterla N, Péter O, Grimm F, Fournier PE, Schär G, et al. Fieber nach Zeckenstich: Klinik und Diagnostik von akuten Zeckenstich-assoziierten Infektionskrankheiten in der Nordostschweiz. *Dtsch Med Wochenschr*. 2003;128:1042–7.
- 5 Bernasconi MV, Casati S, Péter O, Piffaretti J-C. *Rhipicephalus* ticks infected with *Rickettsia* and *Coxiella* in Southern Switzerland (Canton Ticino). *Infect Genet Evol*. 2002;2:111–20.
- 6 Hemmer CJ, Frimmel S, Kinzelbach R, Gürtler L, Reisinger EC. Globale Erwärmung: Wegbereiter für tropische Infektionskrankheiten in Deutschland? *Dtsch Med Wochenschr*. 2007;132:2583–9.
- 7 Randolph SE. The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. *Phil Trans R Soc Lond B* 2001;356:1045–6.
- 8 Rizzoli A, Hauffe HC, Tagliapietra V, Neteler M, Rosà R. Forest structure and roe deer abundance predict tick-borne encephalitis risk in Italy. *PLoS ONE* 2009;4:e4336.
- 9 Sumilo D, Asokliene L, Bormane A, Vasilenko V, Golovljova I, Randolph SE. Climate change cannot explain the upsurge of tick-borne encephalitis in the Baltics. *PLoS ONE* 2007;2:e500.
- 10 Bassetti S. Rickettsiosen der Zeckenbissfieber-Gruppe. *Internist*. (Berl) 2004;45:669–76.
- 11 Mumcuoglu Y, Ruffli Th. *Dermatologische Entomologie. Humanmedizinisch bedeutsame Milben und Insekten in Mitteleuropa*. Erlangen, perimed-Fachbuch-Verlagsgesellschaft, 1982.
- 12 Ramsdale C, Snow K. Distribution of genus *Anopheles* in Europe. *Eur Mosquito Bulletin*. 2000;7:1–26.
- 13 Läubli C, Neves da Costa Monteiro Pires S, Griot C, Breidenbach E. Bundesamt für Veterinärwesen: West-Nil Virus. Seuchenlage bei Tieren in der Schweiz. http://www.bvet.admin.ch/gesundheit_tiere/01065/01158/01595/02717/index.html?lang=de (accessed: March 8, 2009)
- 14 Wymann MN, Flacio E, Radzuweit S, Patocchi N, Lüthy P. Asian tiger mosquito (*Aedes albopictus*) – a threat for Switzerland? *Euro Surveill*. 2008;13(10):pii=8058.
- 15 Moutailler S, Krida G, Schaffner F, Vazeille M, Failloux AB. Potential vectors of Rift Valley fever virus in the Mediterranean region. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2008;8:749–54.
- 16 Gargan TP, Clark GG, Dohm DJ, Turell MJ, Bailey CL. Vector potential of selected North American mosquito species for Rift Valley fever virus. *Am J Trop Med Hyg*. 1988;38:440–6.
- 17 Pialoux G, Gaüzère B-A, Jauréguiberry S, Strobel M. Chikungunya, an epidemic arbovirolosis. *Lancet Infect Dis*. 2007;7:319–27.
- 18 Rogers DJ, Randolph SE. The global spread of malaria in a future, warmer world. *Science*. 2000;289:1763–6.
- 19 Reiter P. From Shakespeare to Defoe: malaria in England in the Little Ice Age. *Emerg Infect Dis*. 2000;6:1–11.
- 20 Bouvier M, Pittet D, Loutan L, Starobinski M. Airport malaria: mini-epidemic in Switzerland. *Schweiz Med Wochenschr*. 1990;120:1217–22.
- 21 Gubler DJ. The continuing spread of West Nile Virus in the western hemisphere. *Clin Infect Dis*. 2007;45:1039–46.
- 22 Morens DM, Fauci AS. Dengue and hemorrhagic fever. A potential threat to public health in the United States. *JAMA*. 2008;299:214–6.
- 23 Hales S, de Wet Neil, Maindonald J, Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet*. 2002;360:830–4.
- 24 Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli AC, Panning M, et al. Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet*. 2007;370:1840–6.
- 25 Dujardin J-C, Campino L, Cañavate C, Dedet J-P, Gradoni L, Soteriadou K, et al. Spread of vector-borne diseases and neglect of leishmaniasis, Europe. *Emerg Infect Dis*. 2008;14:1013–8.
- 26 Lafferty KD. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*. 2009;90:888–900.
- 27 Semenza JC, Menne B. Climate change and infectious diseases in Europe. *Lancet Infect Dis*. 2009;9:365–75.