

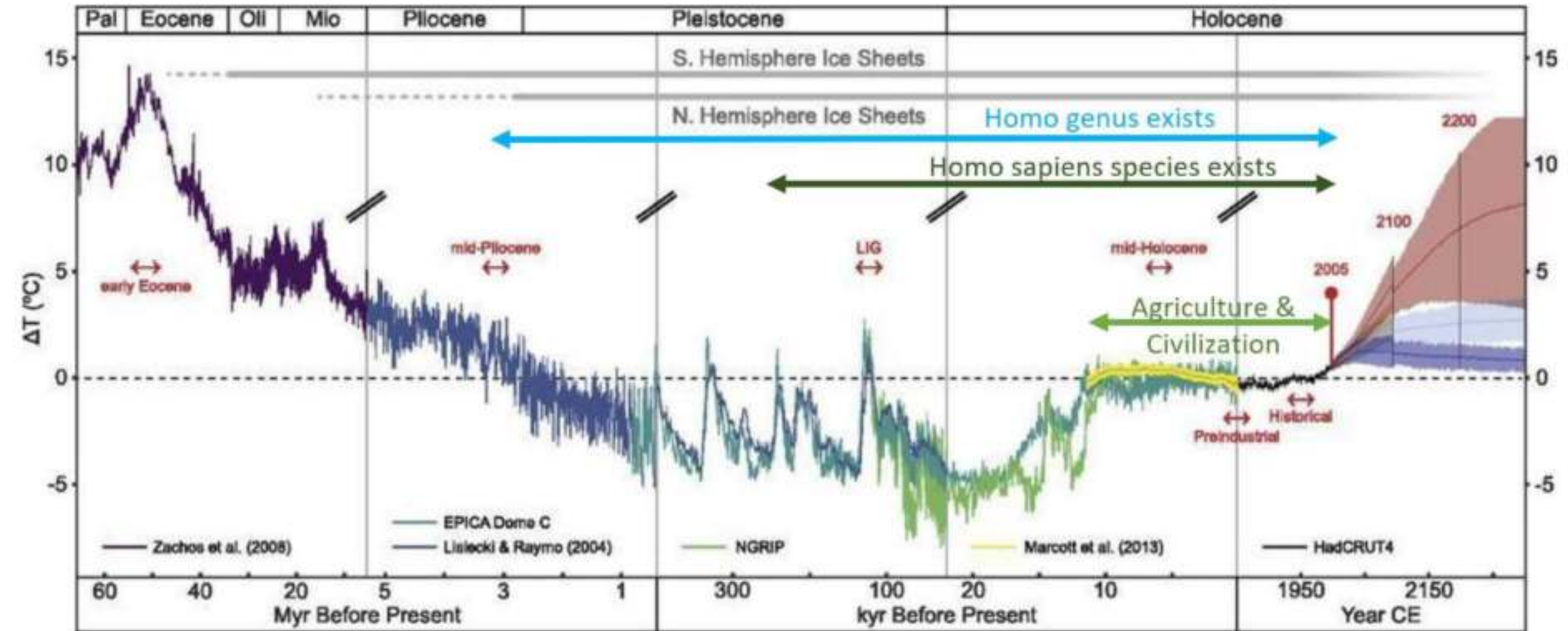


LGL

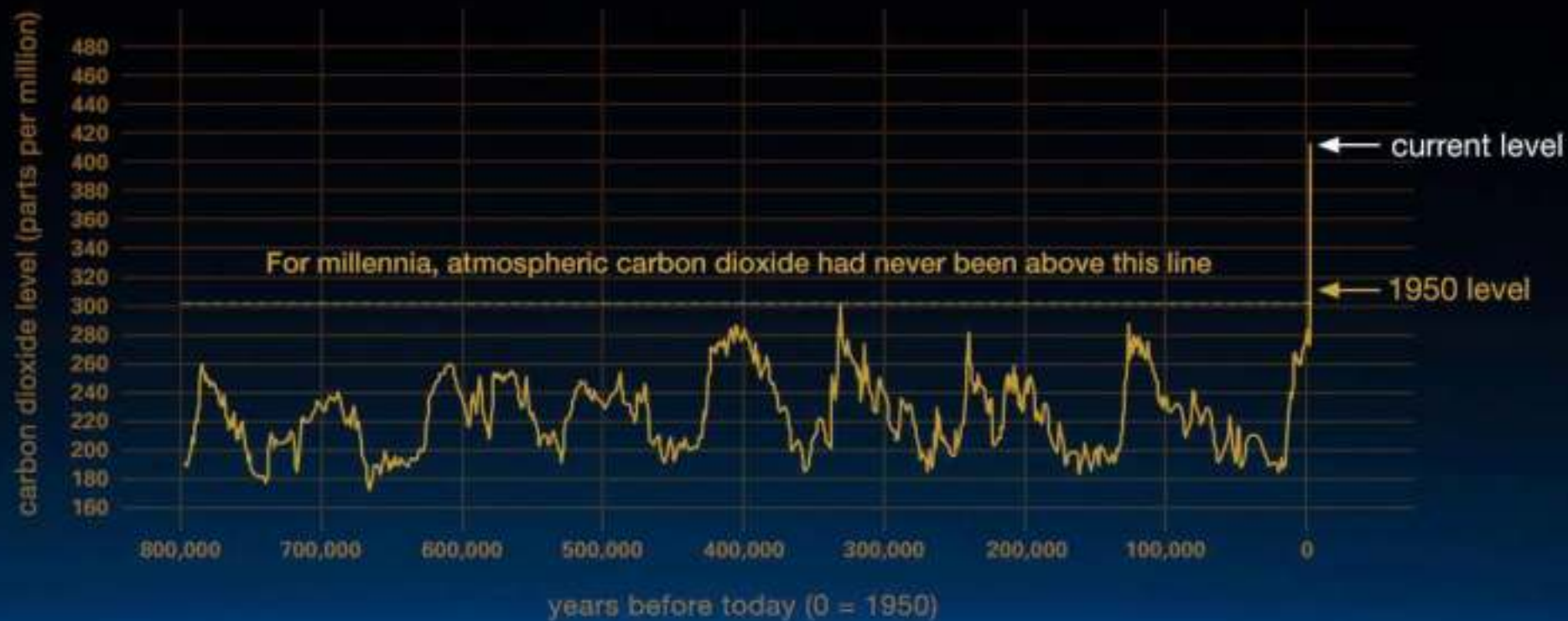
Klimawandel und Infektionskrankheiten

Volker Fingerle

Temperature trends for the past 65 Ma and potential geohistorical analogs for future climates.



Pliocene and Eocene provide best analogs for near-future climates
 K. D. Burke, et al PNAS Dec 2018, 115 (52)



CO₂

climate.nasa.gov

Wussten sie schon?:

- ❖ CO₂-Konzentration die höchste seit mind. 2 Millionen Jahre
- ❖ Anstieg des Meeresspiegels am schnellsten seit mind. 3000 Jahren
- ❖ Arktisches Meereis-Gebiet am kleinsten seit mind. 1000 Jahren
- ❖ Gletscherrückgang so stark wie seit mindestens 2000 Jahren nicht mehr



Bild von Christian Ibarra auf Pixabay

Klimawandel und Auswirkungen auf die Gesundheit:

- Extremwetterereignisse: Hitzewellen, Überschwemmungen, Wind
- Zunahme von Ozonbelastung, Luftverschmutzung, Pollen, Wasserverschmutzung
- Dürren, Wassermangel, Unter/Mangelernährung

➔ **Begünstigung von Infektionskrankheiten**



Mögliche Einflussfaktoren auf Zoonosen, Vektorübertragbare Erkrankungen und durch Wasser übertragbare Erkrankungen

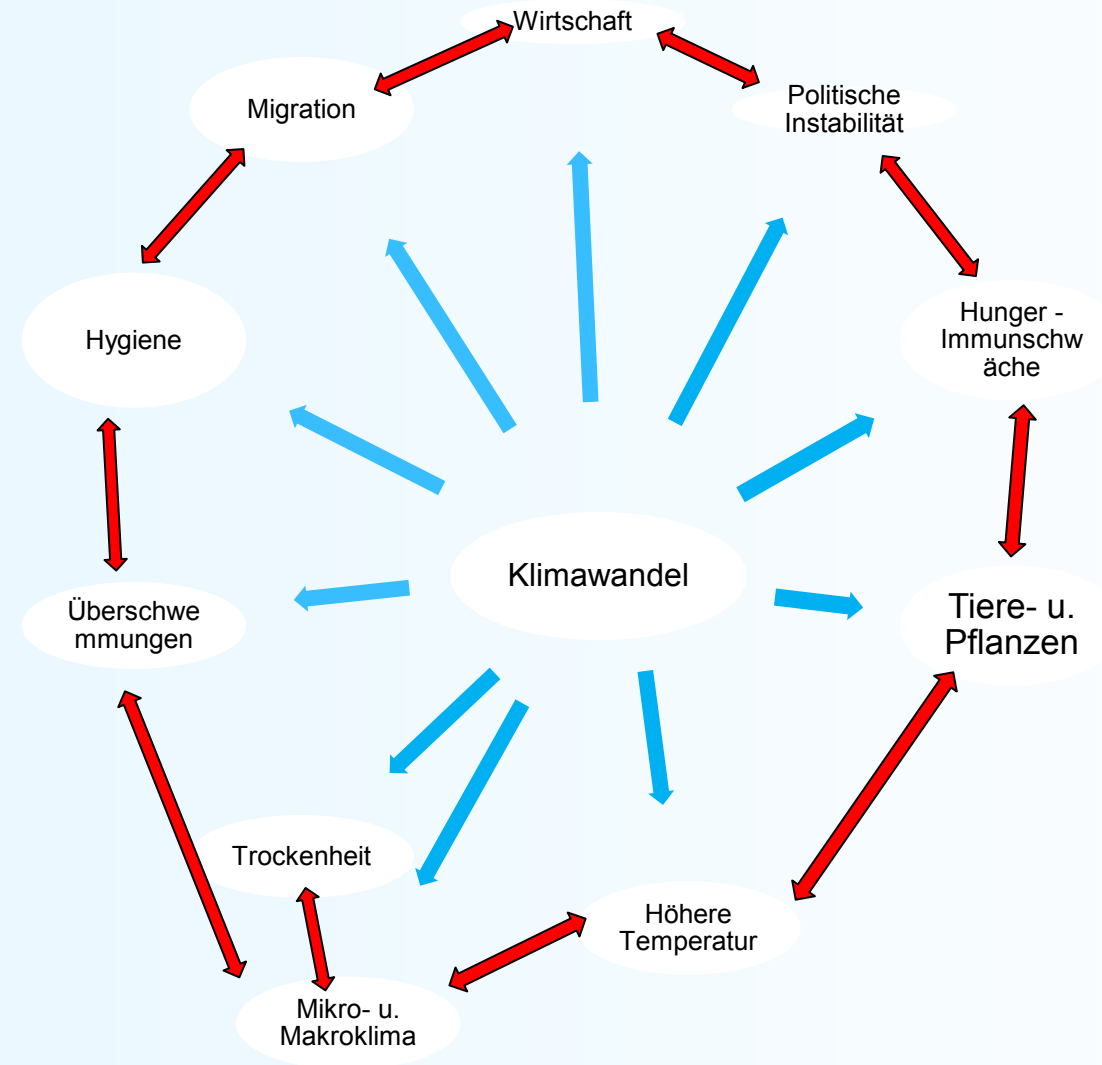
Vektoren

Pathogene

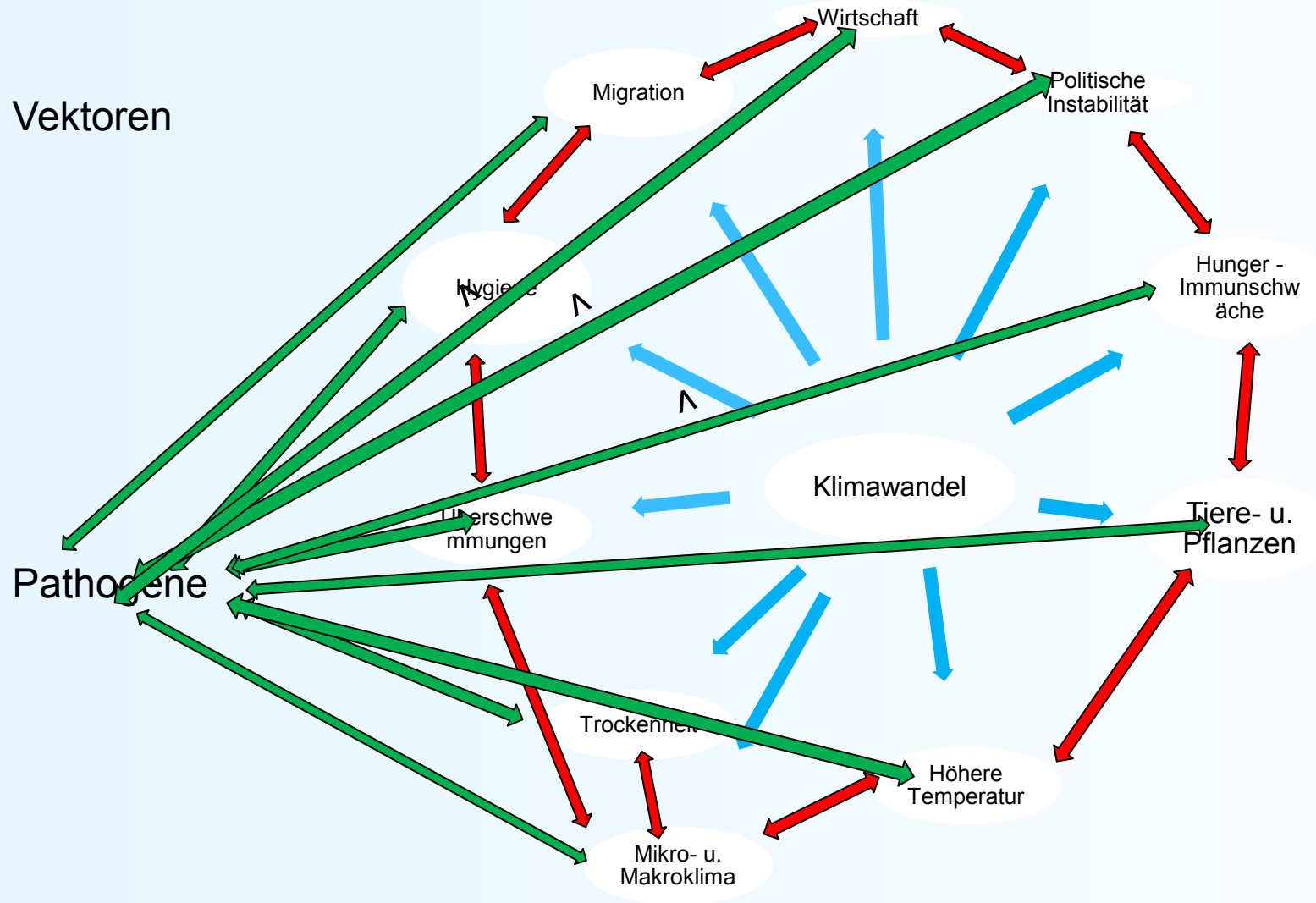


Vektoren

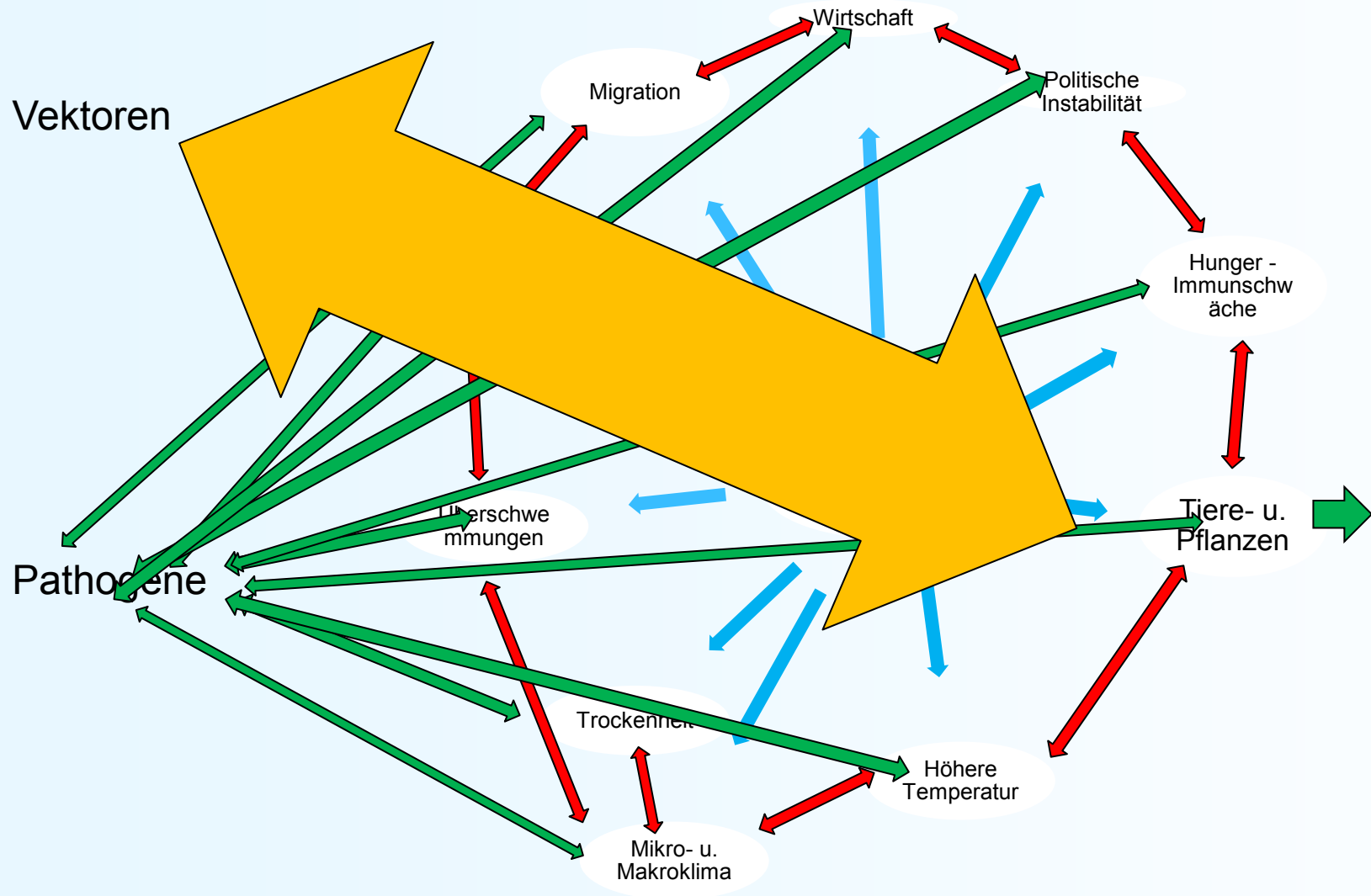
Pathogene



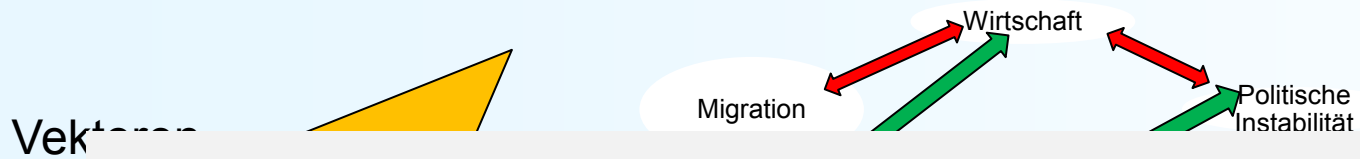
- Monokulturen
- Habitatzerstörung (Regenwald)
- Artenvielfalt geht zurück
- Haustiere >> Wildtiere
- Nutzpflanzen >> Wildpflanzen
- Bodenerosion
- Überdüngung
- ...



- Monokulturen
- Habitatzerstörung (Regenwald)
- Artenvielfalt geht zurück
- Haustiere >> Wildtiere
- Nutzpflanzen >> Wildpflanzen
- Bodenerosion
- Überdüngung
- ...



- Monokulturen
- Habitatzerstörung (Regenwald)
- Artenvielfalt geht zurück
- Haustiere >> Wildtiere
- Nutzpflanzen >> Wildpflanzen
- Bodenerosion
- Überdüngung
- ...

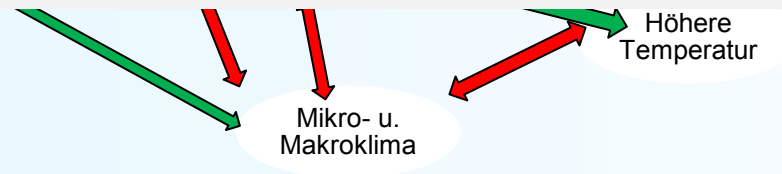


... und weitere zahllose Pfeile

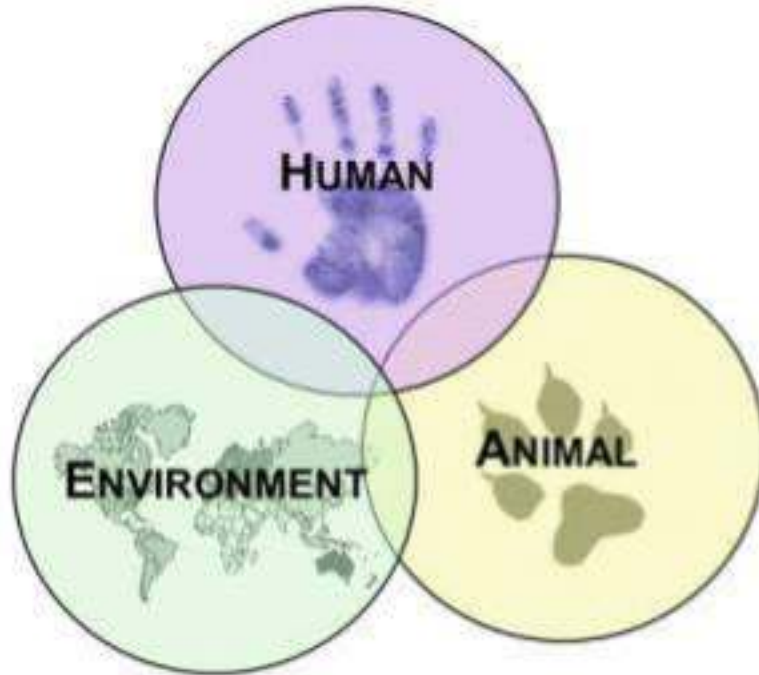
Ein extrem komplexes, nicht überschaubares Zusammenspiel aus unterschiedlichsten biotischen und abiotischen Faktoren (incl. Kultur, Politik, Wirtschaft,...)

Pat

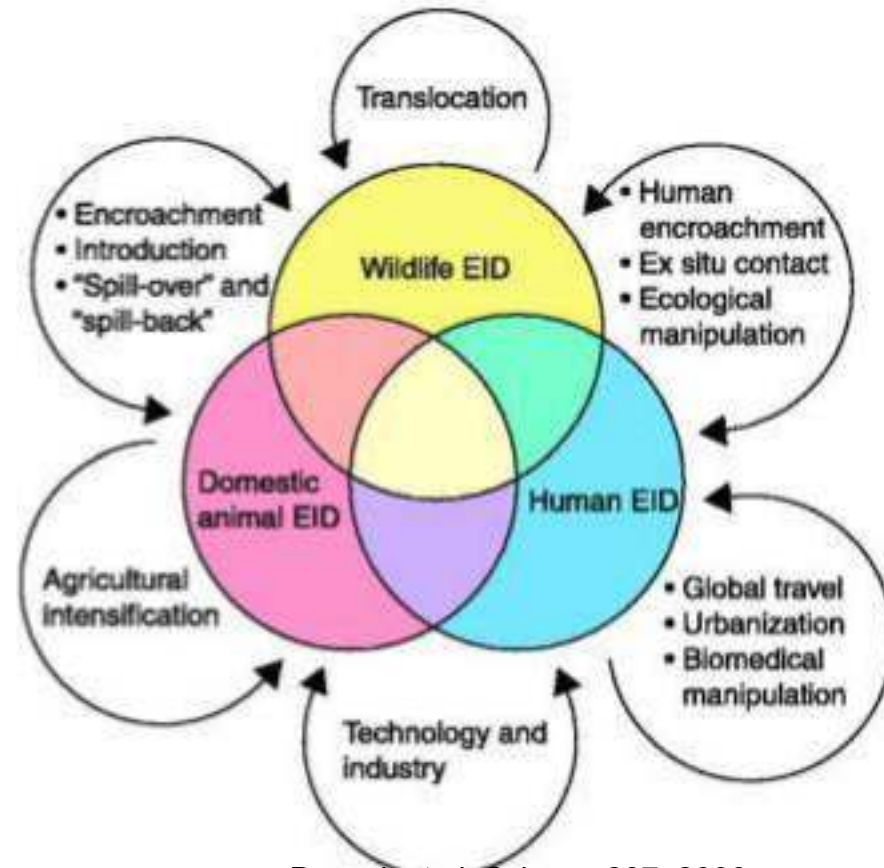
uren
erstörung (Regenwald)
alt geht zurück
>> Wildtiere
zen >> Wildpflanzen
sion
ung



IPBES (2020) Workshop Report on Biodiversity and Pandemics



Arens et al. Food Safety Risks from wildlife. Springer, 2016



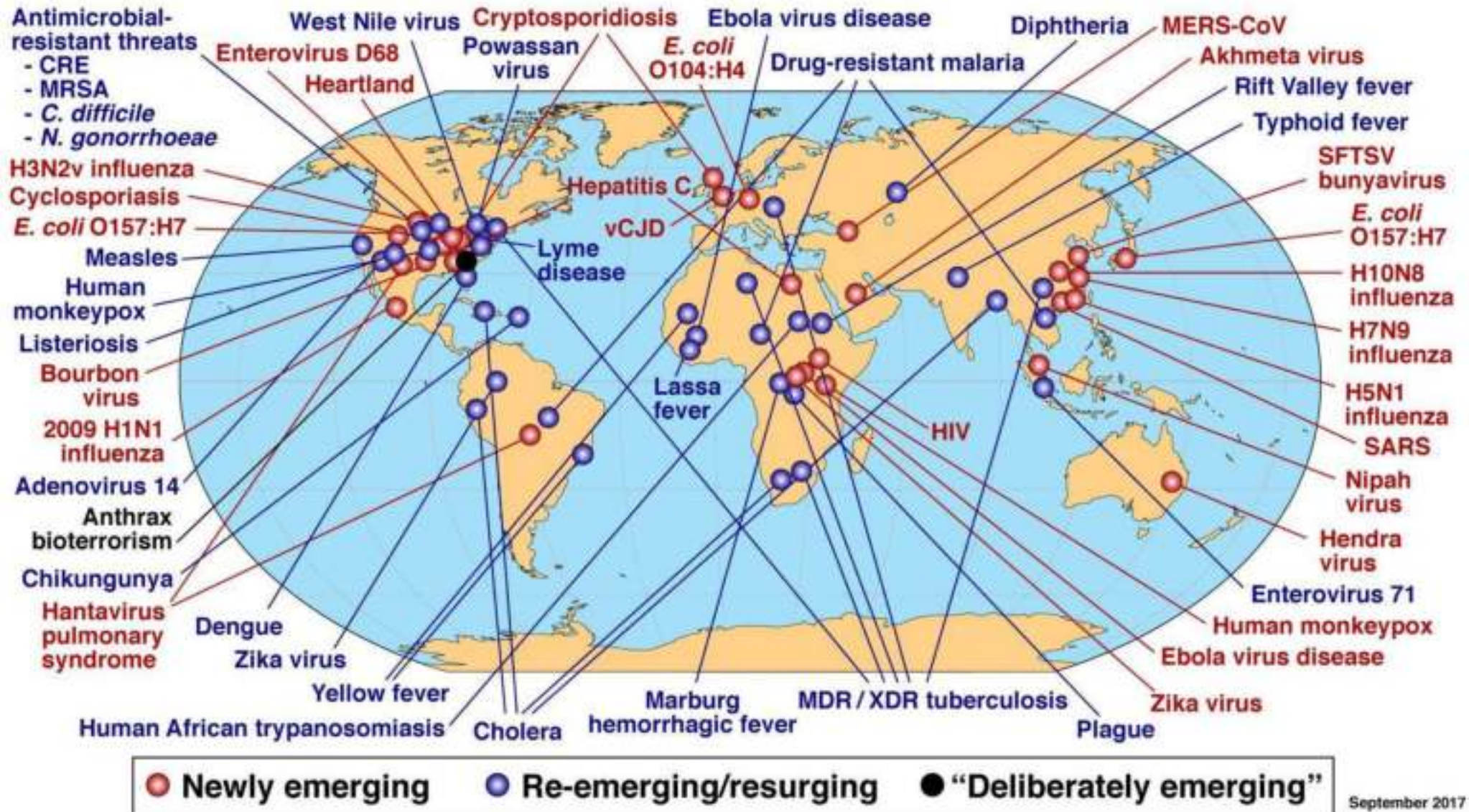
Daszak et al. Science 287, 2000

Figure 10: One Health is a system of tackling key health issues (e.g. the emergence of pandemics) by recognizing that the health of people, animals and the environment are often inextricably linked; and by leveraging work in all three sectors to better address the proximal and underlying causes of health issues. Figure left from⁵⁴⁴. Figure right shows how disease emergence across wildlife, livestock and people are linked through anthropogenic drivers that involve global environmental changes which also drive biodiversity loss, from⁵⁵.

TRANSLOKATION - Mensch, Tier, Pflanze, Waren

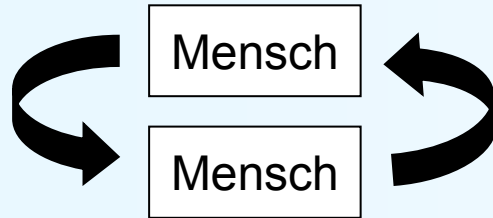


Global Examples of Emerging and Re-Emerging Infectious Diseases



Übertragungswege und klimaabhängigkeit von Infektionskrankheiten

Direkte Übertragung



z.B. HIV, Polio, Tb, Syphilis

Kaum klimaabhängig

Verhalten, Migration, Hygiene

Indirekte Übertragung



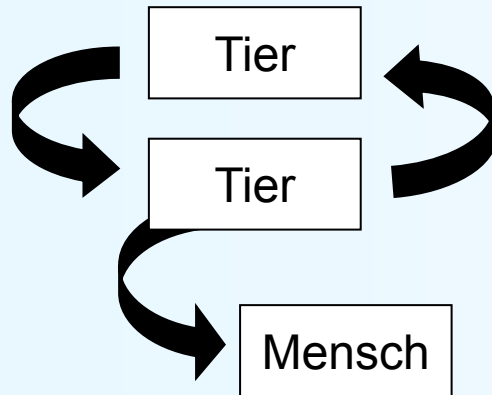
durch Vektoren, Wasser u.a.:

Malaria, Dengue, Filariosen, Cholera, Ruhr, Bilharziose

- ✓ **Klimaabhängig Vektorverbreitung,**
- ✓ **Entwicklung der Erreger im Vektor,**
- ✓ **Flut/Naturkatastrophen,**
- ✓ **Verbreitung von Zwischenwirten**

Übertragungswege und klimaabhängigkeit von Infektionskrankheiten

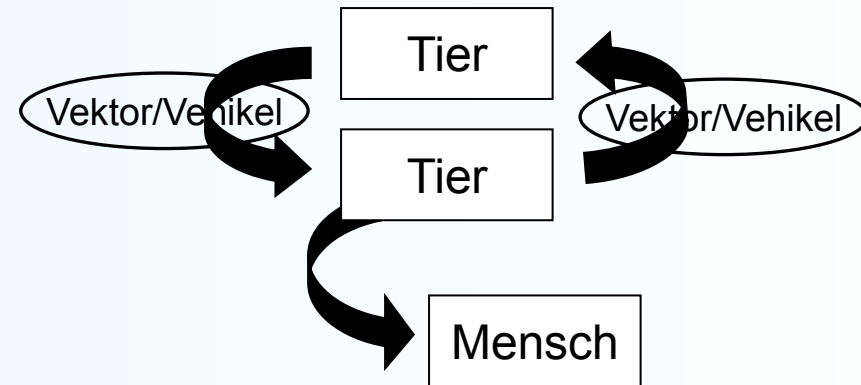
Direkte Übertragung



z.B. Tollwut, Hantaviren, Lassa, Brucellose

- ✓ **Klimaabhängig Verbreitung der Reservoirwirte**

Indirekte Übertragung

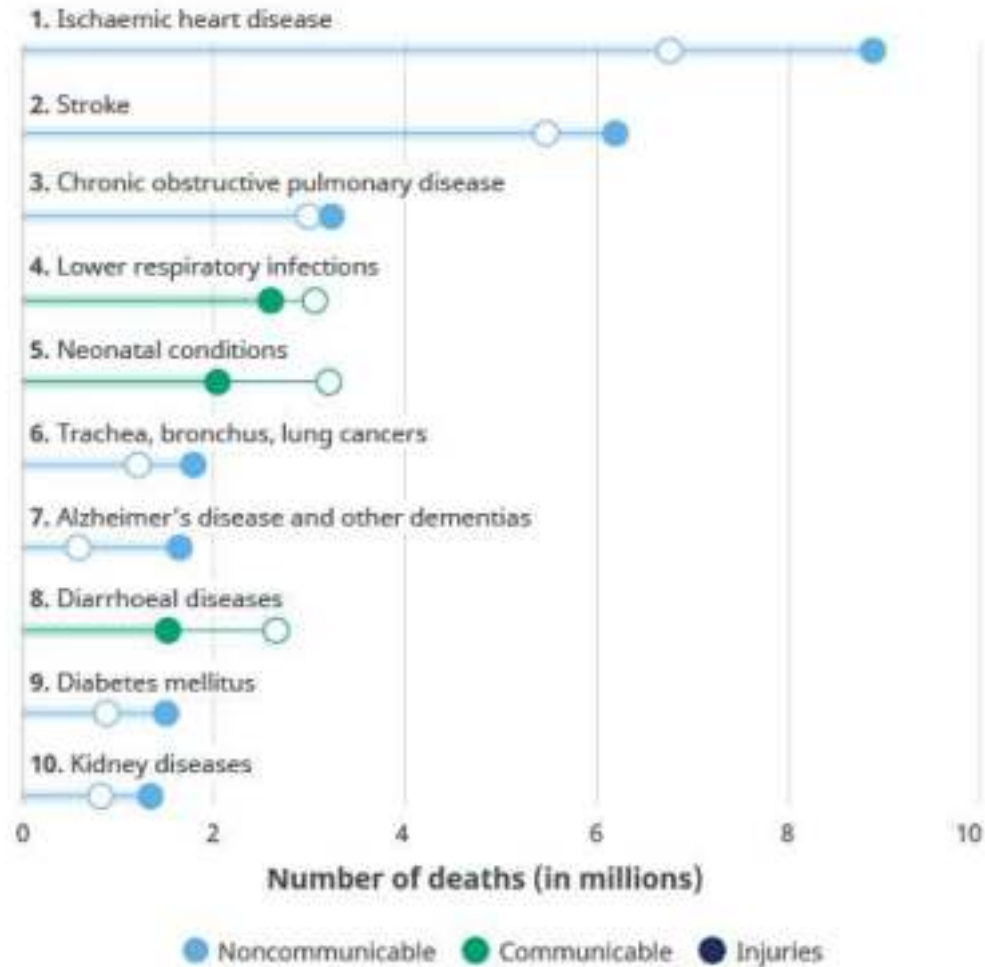


z.B. Gelbfieber, FSME Lyme-Borreliose

- ✓ **Klimaabhängig Verbreitung der Reservoir-**
- ✓ **wirte,**
- ✓ **Vektor- und Erregerverbreitung,**
- ✓ **Entwicklung des Erregers im Vektor**

Leading causes of death globally

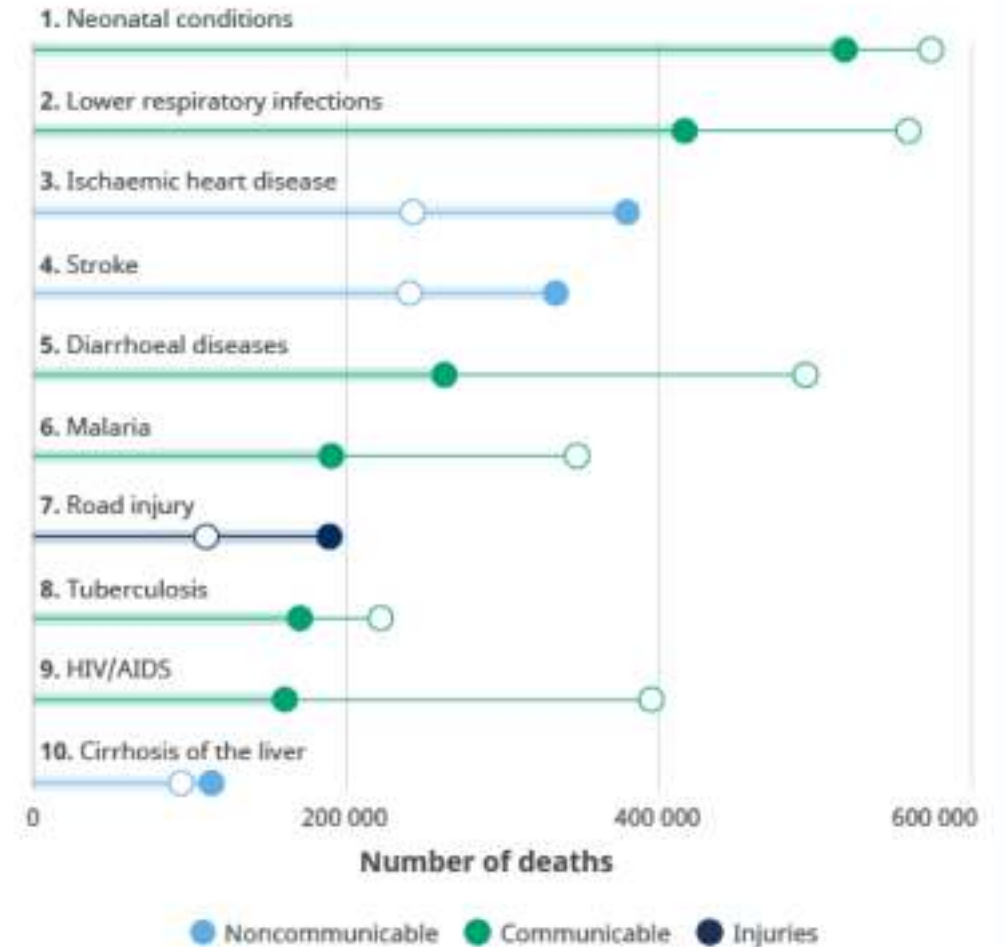
○ 2000 ● 2019



Source: WHO Global Health Estimates.

Leading causes of death in low-income countries

○ 2000 ● 2019



Source: WHO Global Health Estimates. Note: World Bank 2020 income classification.

Jährlich Kosten für EIDs

- **Ca. 1.3 Billionen (1.300.000.000.000) USD / Jahr vor COVID-19**
- **Kosten für die Reaktion auf eine einzige EID (COVID-19) betrugen mehrere 10 Billionen USD...**





Aedes albopictus – asiatische Tigermücke

- Eiablagezyklus 40 - 90 Eier, insg. >300 Eier. 0,5 Millimeter lang, Einzelablage.
- Eiablagebiotope kleine Wasseransammlungen (Astlöcher, Blattachseln, Bambusstümpfe, verstopfte Regenrinnen, Gullis, Wasser gefüllte Behälter wie Regentonnen, Blumenvasen, Pflanzenuntersetzer, Eimer, Dosen, Flaschen oder Gläser, im Freien gelagerte Autoreifen)
- Die Eier der Tigermücke sind monatelang trockenheitsresistent und werden größtenteils knapp oberhalb des Wasserspiegels und oft in austrocknende Behälter gelegt.
- Seeweg: Eier, Larven und Puppen in teilweise mit Wasser gefüllten gebrauchten Autoreifen,
- Glücksbambus (*Dracaena sanderiana*) und Schnittblumen incl. Versandbehältern
- Transport in LKW, PKW und Zügen
- Flugweite nur wenige hundert Meter für schnelle Verbreitung unwichtig.



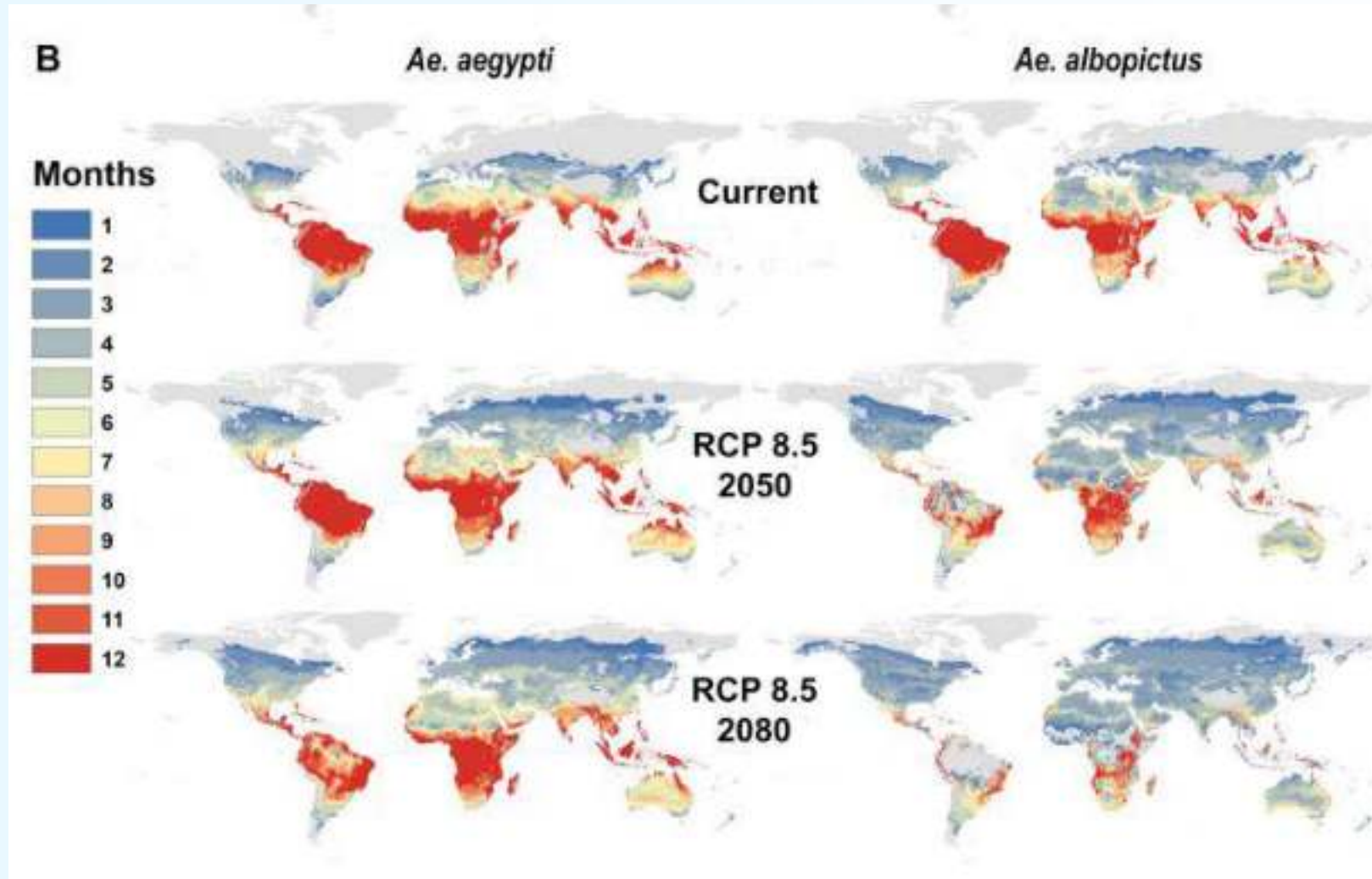
Wie kommt die Tigermücke nach Europa?



Von Gancho - Based on landcareresearch.co.nz, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3673269>

Fig 2. Mapping future temperature suitability for transmission scenarios for *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*.

Ryan et al. PLOS neglected tropical diseases 2018 (Dengue (Chicungunya, Zika))



Ae. Albopictus: Ausbreitung in Europa, mögliche Entwicklung in der BRD

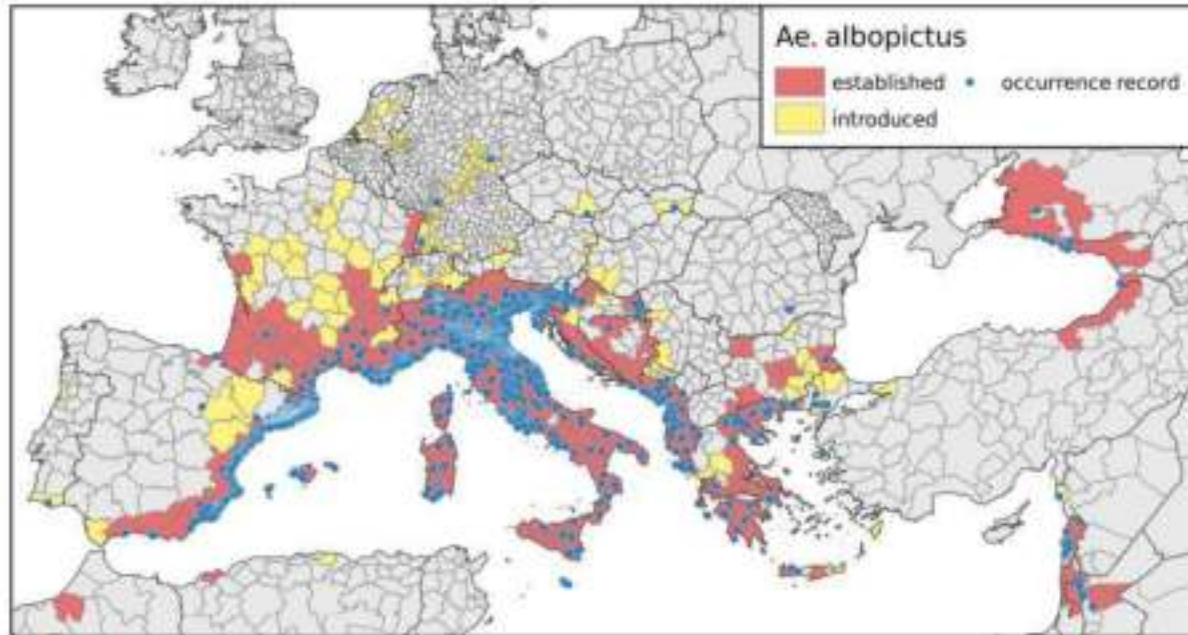


Figure 1. European distribution of *Aedes albopictus* as of January 2018. Blue dots: high-precision occurrence records derived from the literature and used for modelling ($n = 1336$). Red and yellow areas: administrative units with established populations and introduced specimens, respectively, according to the European Centre for Disease Prevention and Control [38]. Areas are level-3 administrative units following the nomenclature des unités territoriales statistiques (nomenclature of territorial units for statistics, NUTS) as used by the European Union. For Germany, this corresponds to the district (Kreis) level.

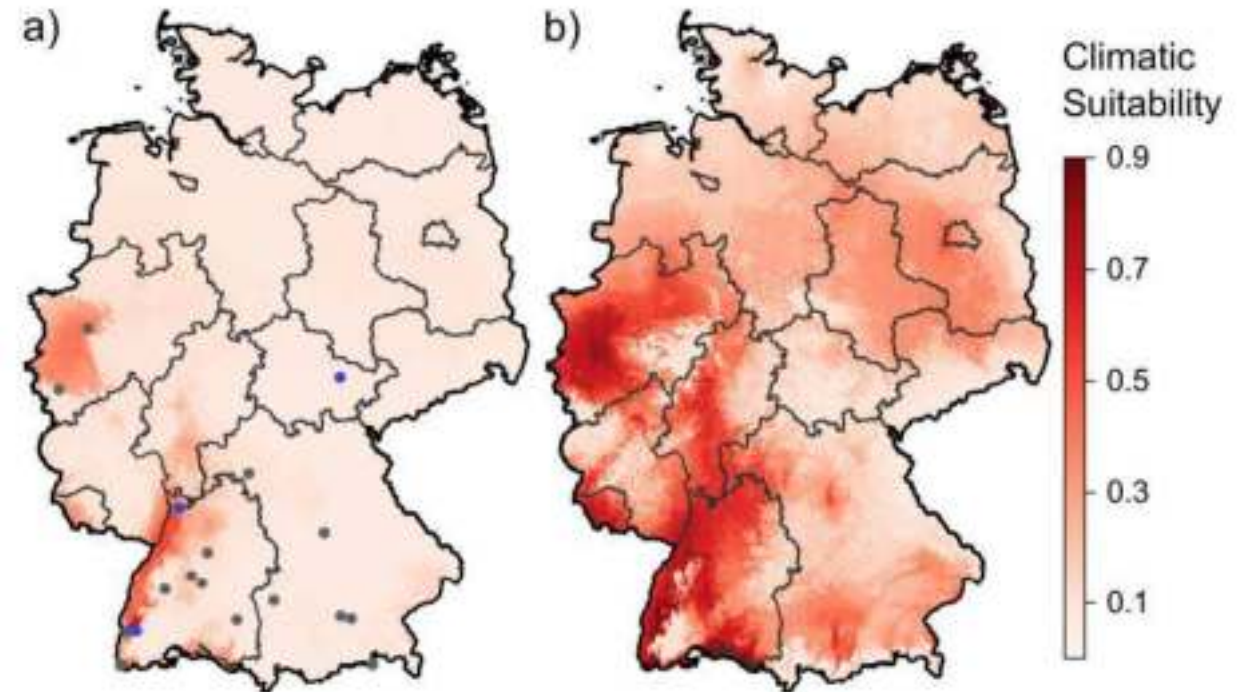


Figure 2. (a) Relative climatic suitability for the establishment of *Aedes albopictus* in Germany. Circles: high-precision occurrence records derived from the literature for both single introduction events (grey) and established (overwintering) populations (blue); only the latter were used for modelling. (b) Projected future suitable climates for the establishment of *Aedes albopictus* in Germany (near future 2021–2040, climate model mpi-esm-lr, climate scenario RCP 8.5). (a,b) global climatic dataset worldclim with spatial resolution of 2.5 arcmin (≈ 5 km). Lines delineate level-2 administrative units (federal states) of Germany.

Thomas et al. Int. J. Environ. Res. Public Health 2018

Chikungunya Virus (CHIKV)

- Infektion häufig mild
- Inkubation 2-8 (-12) Tage, abrupt hohes Fieber, Schüttelfrost, schwere Arthralgien, Myalgien, Kopfschmerzen, Gelenkschwellungen, Übelkeit, Exanthem (<50%)
- In 10-30% über Wochen-Jahre persistierende Arthralgien
- Komplikationen: Augenmanifestationen, Blutungen, Hirn- u. Herzmuskelentzündungen, Nierenversagen, lebensbedrohlich meist Ältere mit Grunderkrankung
- diaplazentare Übertragung
- Diagnose: RT-PCR, Serologie, Virusanzucht (Zellkultur)
- Therapie: symptomatisch, NSAIDs (z.B. Diclofenac)
- Prophylaxe: Mückenschutz (*Aedes*: tagaktiv!)

Chikungunya Virus (CHIKV)

Chikungunya: „*der gekrümmt Gehende*“ (Makonde/Bantu).

- fieberhafte Erkrankungen Tansania/Uganda **1952**, Isolation 1953
- Alphavirus (+ss RNA)
- Reservoir: Menschen, Affen, evtl. Nagetiere, Vögel und kleine Säugetiere
- Vektor: ***Aedes albopictus*** und *Ae. aegypti* (u.a. Moskitos)

Bis **2004** kleiner Ausbrüche in Afrika und Asien und dann...

Figure 1: Chikungunya virus by electron microscopy

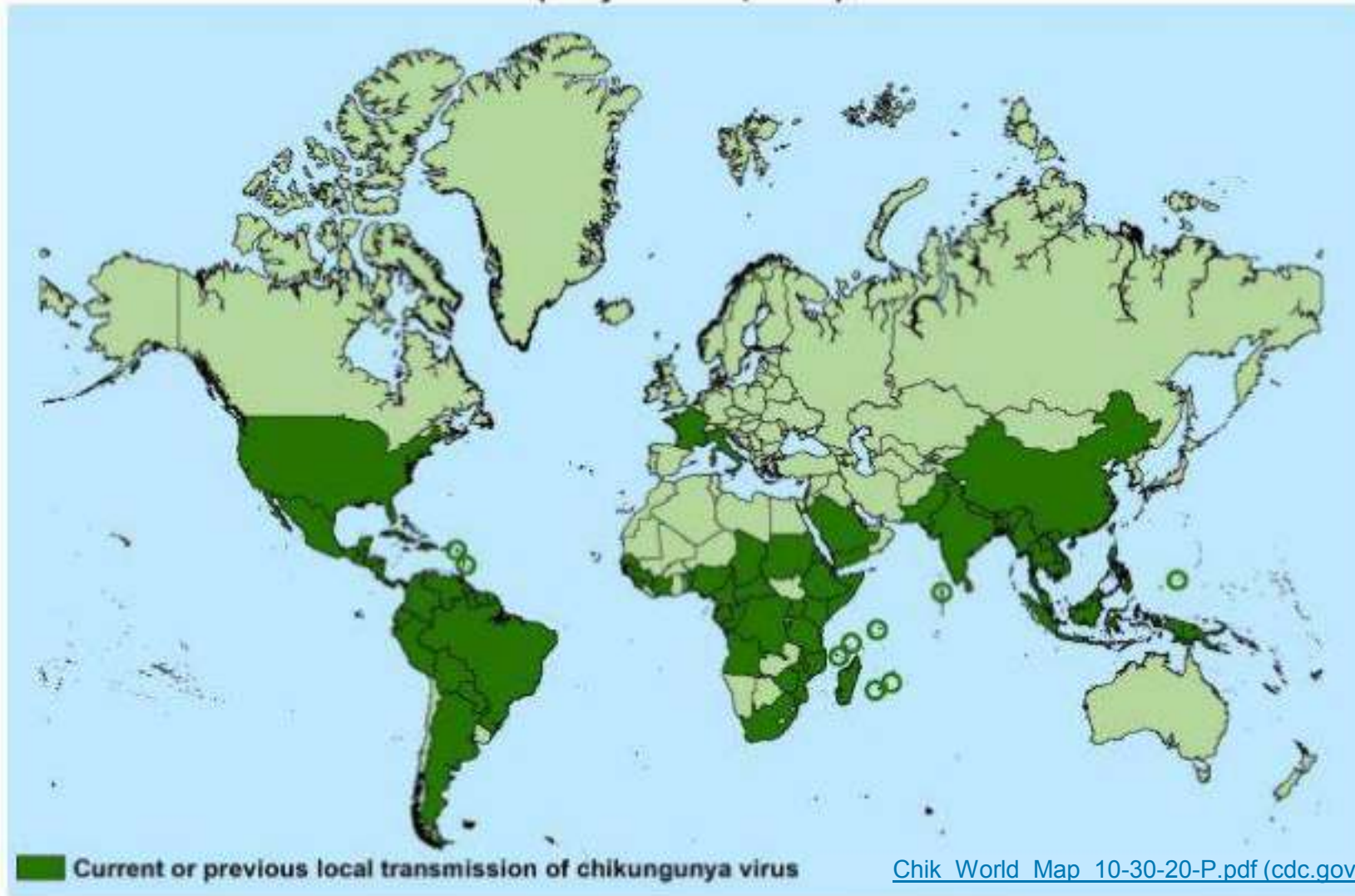


Source: ENVIS Newsletter 2006; 3(2): 1-10

Chikungunya Ausbrüche

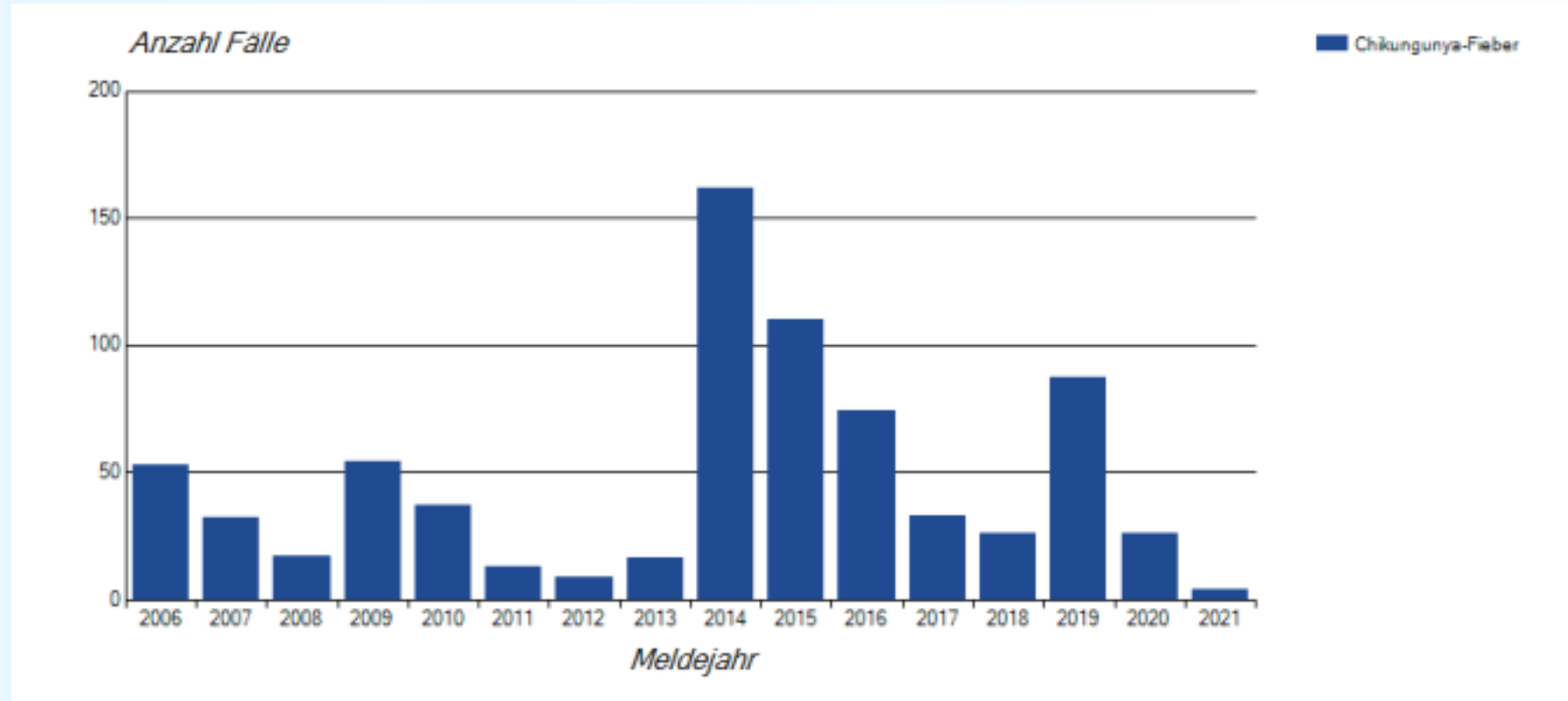
- **2004** von Kenia auf Inseln Indischer Ozean (La Reunion >30% der Bevölkerung) ca. 500,000 Fälle
 - ➔ Danach Indien ca. 1,5 Mio Fälle
 - ➔ Über Reisende Indonesien, Malediven, Sri Lanka, Myanmar, Thailand
- **2007** Erste autochthone Transmission in Europa/NO-Italien - Ae albopictus Vektor in Europa!!!
- **2010** S-O-Asien, La Reunion: Reisende nach USA, Europa, Taiwan
- **2013** Erste autochthone Transmission in Amerika (Karibik); 72 Fälle in Europa (F, D, GB)
- **2014** Europa 1500 Fälle, teilweise autochthone Transmission gesichert,
Pazifische Inseln ca 1 Mio Fälle
- **2015** Europa 624 Fälle; Amerika ca. 700.000 Fälle (Kolumbien ca. 350,000)
- **2016** Amerika ca. 500.000 Fälle, weitere Verbreitung S-Amerika
- **2017-aktuell** weitere Ausbrüche u.a. Pakistan, Indien, Italien

Countries and territories where chikungunya cases have been reported*
(as of March 2, 2022)



*Does not include countries or territories where only imported cases have been documented.

Anzahl übermittelter CHIKV Fälle in Deutschland, 2006-2021



SurvStat RKI, Zugriff 3.5.2022

Fazit CHIKV

- Chikungunya in Europa nicht endemisch,
- Fälle durch Reisende – mitgebrachte Infektion von außerhalb des EU-/EWR-Festlands.
- Wenn Umweltbedingungen günstig und lokal *Ae. albopictus* etabliert, kann eine lokale Übertragung des Virus stattfinden.
- Obwohl der Vektor *Ae. albopictus* in Europa etabliert, sind die (klimatischen) Bedingungen für das CHIKV in Europa – noch - nicht geeignet.

Beispiel einer Erkrankung die global i.R. des Klimawandels zunimmt, die lokal aber sowohl ab- wie zunehmen kann.

Einige Gedanken zum Thema „Zecken“ in Deutschland

State of the Art

- **Zecken sind Milben (8 Beine, Insekten 6 Beine) ca. 900 Arten**
- **blutsaugende Ektoparasiten**
- **Weltweit nach Stechmücken wichtigste Krankheitsüberträger**
- **In Deutschland ca. 20 Zecken-Arten etabliert → zwei Lederzecken**

Die wichtigsten Zecken in Deutschland

Familie Schildzecken

- *Ixodes ricinus*, die mit Abstand häufigste Zecke in Deutschland.
- *Ixodes inopinatus*???
- *Dermacentor reticulatus* (Auwaldzecke) weiteres Verbreitungsgebiet;
sticht v.a Hund, Menschen sehr selten. F. tularensis, Rickettsien,
- *Dermacentor marginatus* (Schafzecke), SW Deutschlands, sticht
Menschen sehr selten. F. tularensis, Rickettsien, C. burnettii

Familie Lederzecken

- *Argas reflexus* (Taubenzecke), Dachböden löchriger Häuser (Tauben); nächtliche Stiche
evtl. Allergie vom Soforttyp



Male *D. reticulatus* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dermacentor_reticulatus_M_070825.jpg



Male *Dermacentor marginatus* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dermacentor_marginatus,_male.JPG



https://de.wikipedia.org/wiki/Gemeiner_Holzbock#/media/Datei:Ixodes_ricinus_ticks.jpg



https://de.wikipedia.org/wiki/Gemeiner_Holzbock#/media/Datei:2018_05_30_Ixodes_ricinus.jpg

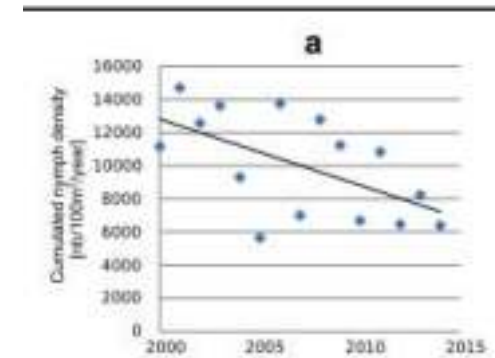
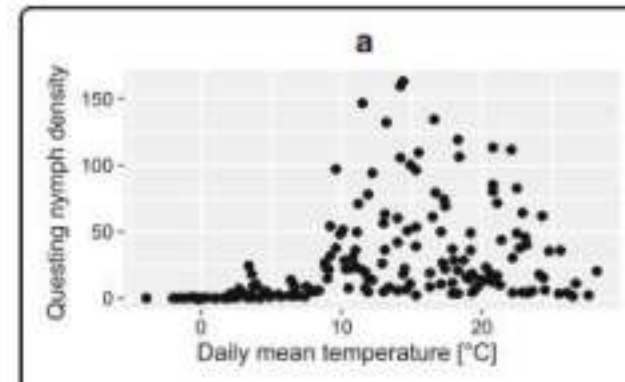
Die wichtigsten Zecken in Deutschland

Jede dieser Zeckenarten hat ein anderes Verhältnis mit dem Klimawandel!

Wenn es um „Zecken“ in Deutschland geht: **Ixodes ricinus**, der gemeine Holzbock:

- Aktiv ab 6-8°C
- Luftfeuchtigkeit >80%
- Aktivitätsrückgang >20°C

Mag keine Extremwetterereignisse / Überschwemmungen, Stürme oder Hitze-/Dürreperioden

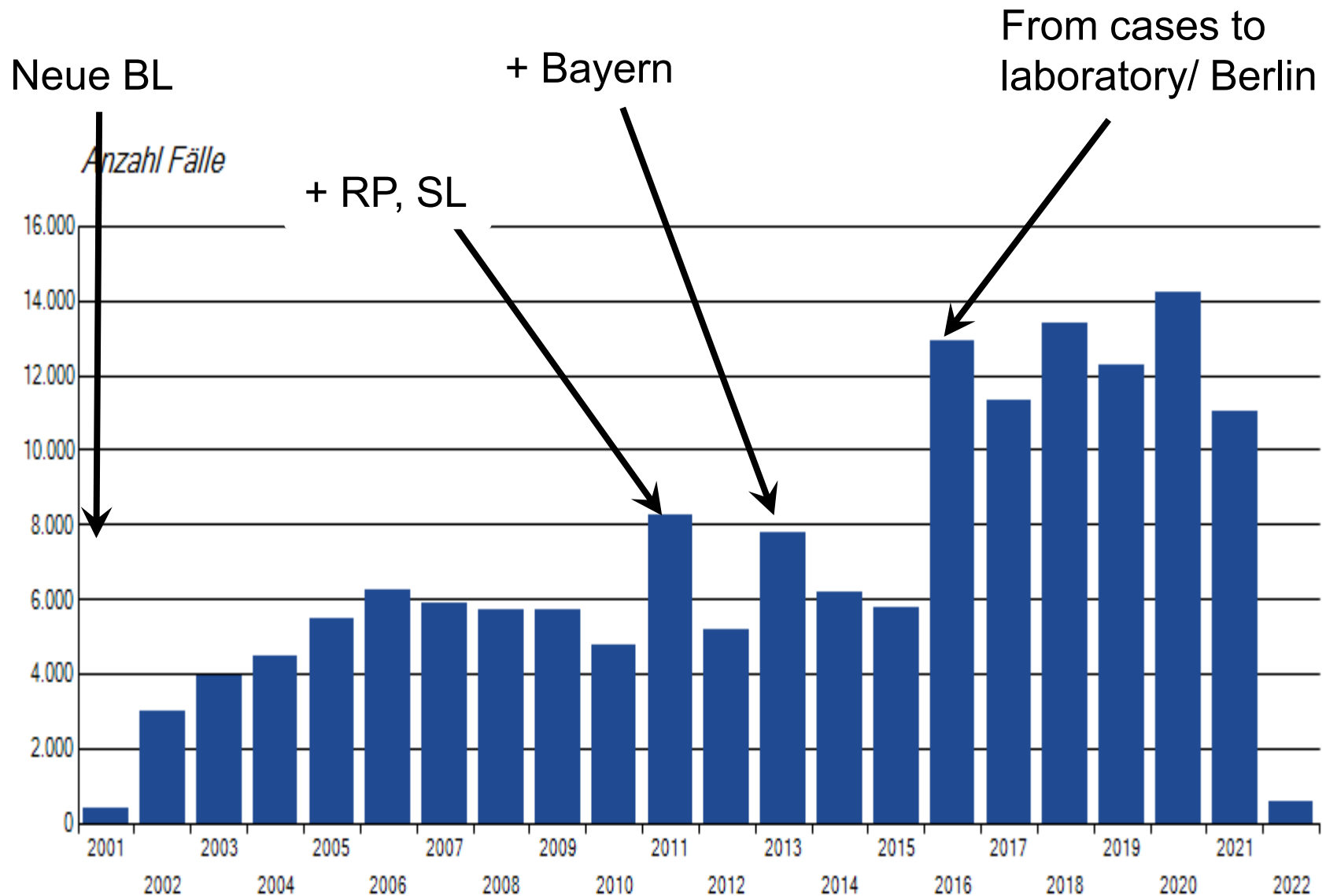


Hauser et al. Parasites & Vectors (2018) 11:289. Schweiz

Lyme Borreliose: Nimmt eigentlich alles zu?

- BRD: Gemeldete LB Fälle 2013-17 keine Zunahme;
Seroprävalenz 1997-99 vs 2008-2011 gleich
Hannover: Borrelienprävalenz in Zecken von 2005-2015 konstant
Aber: Siebengebirge 1986-2008: Zunahme der Zeckendichte (bis 25fach) und
Borrelienprävalenz
- Funen: Neuroborreliose 1995-2014 keine Zunahme
- Finnland: Seroprävalenz 60/70er Jahre 20%, in 2011 nur 3,9%
- Tschechien: 1978-89 Seroprävalenz 33,9%, in 2001 nur 14,8%
- Litauen: Borrelienprävalenz in Zecken von 33% in 1999 auf 7% in 2010 (8 Untersuchungsjahre)

Meldedaten Lyme-Borreliose in Deutschland



Einflussfaktoren Durchschnitts-Temperatur, Niederschlag und Mastjahr in BRD

...Temporal patterns strongly fluctuate between years, and are relatively synchronized between both diseases, suggesting common driving factors.

...no evidence that weather conditions affect the prevalence of both diseases.

For a further investigation of the underlying driving factors and their interrelations, longer time series as well as standardised reporting and surveillance system would be required.

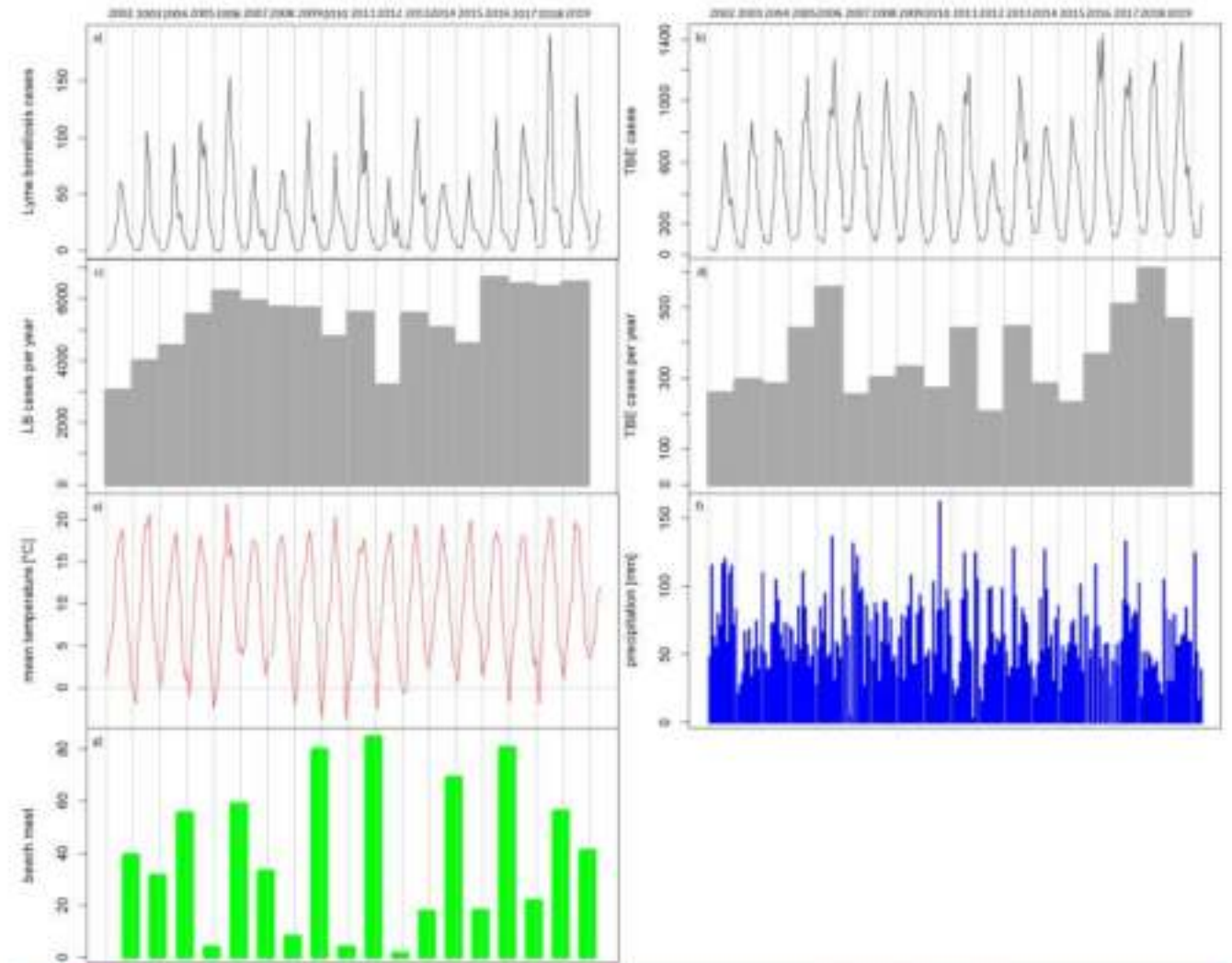
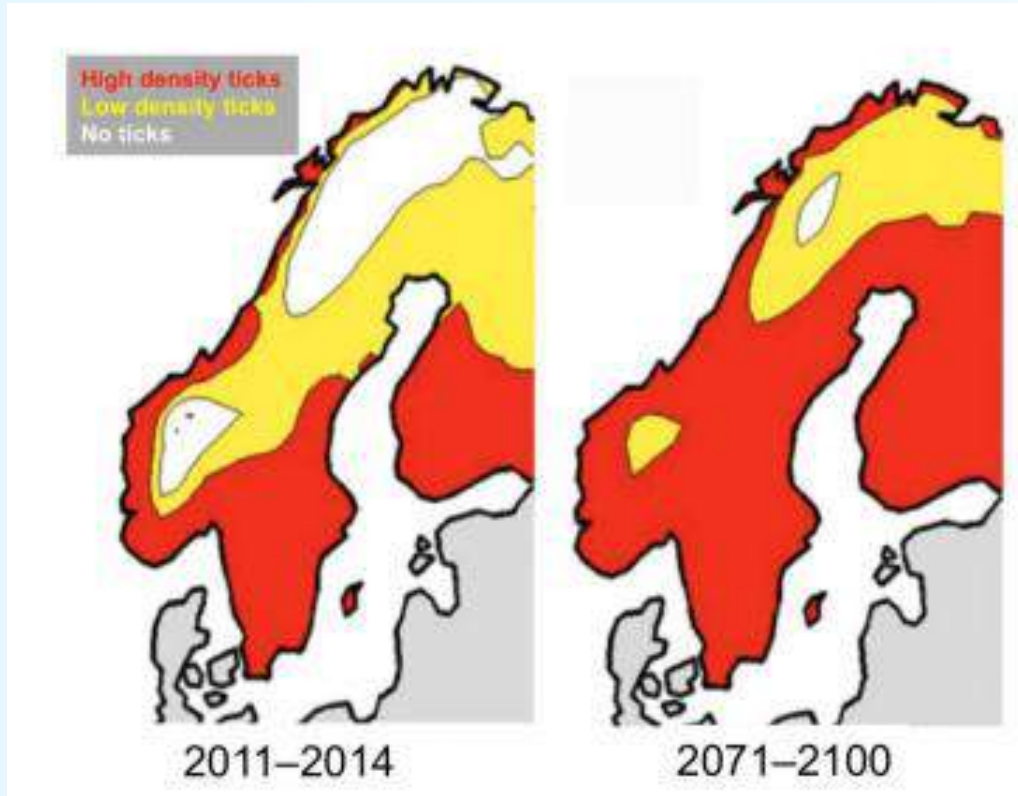
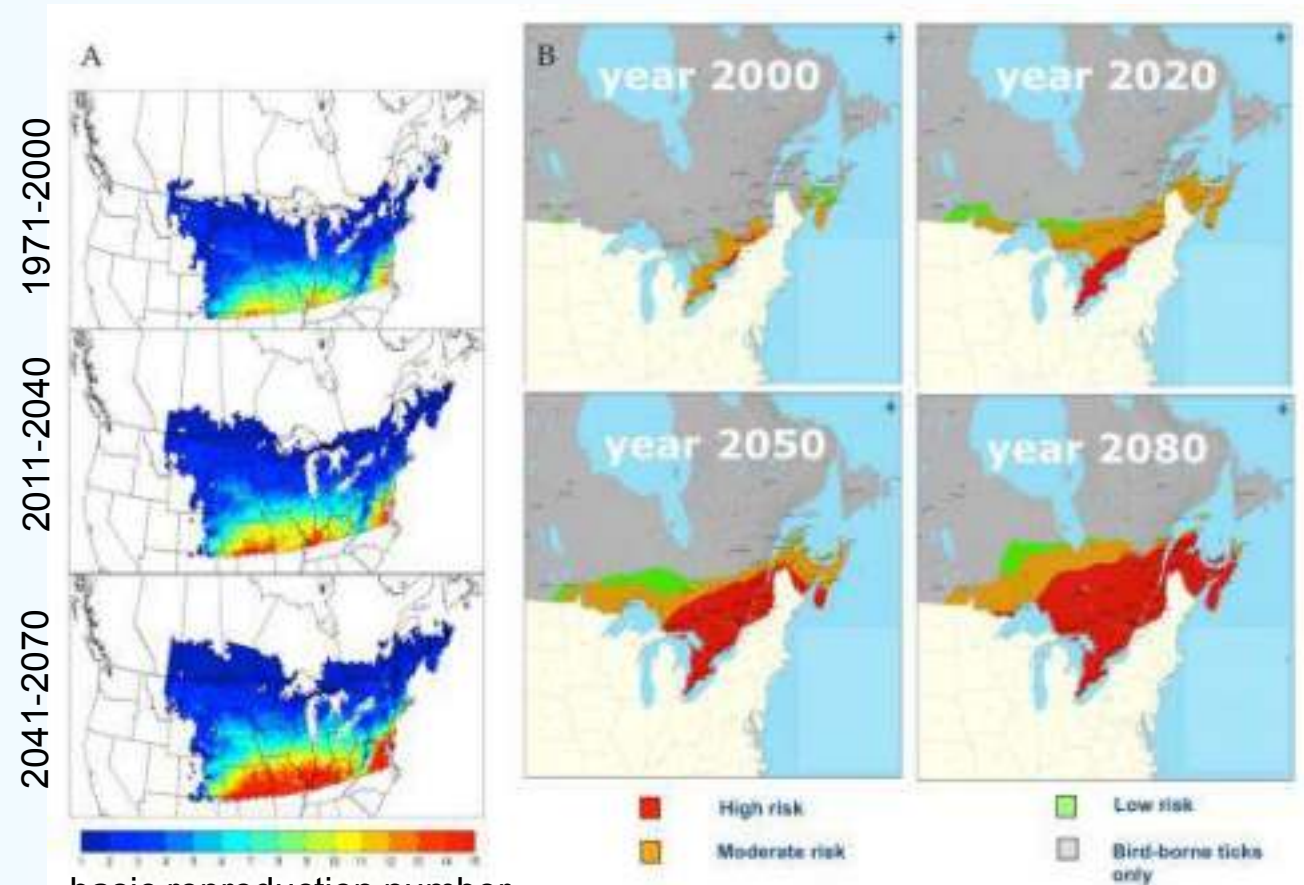


Figure 5 Temporal patterns of the recorded human tick-borne diseases cases between 2002 and 2019 in relation to the main components in the transmission cycle and associated environmental factors. (A) Sum of recorded human TBE cases in Germany per month (RKI data); (B) Sum of recorded human LB cases in the six federal states with a continuous reporting obligation since 2002 (Brandenburg, Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Saxony, Saxony-Anhalt and Thuringia) per month (RKI data); (C) Recorded human TBE cases in Germany per year (RKI data); (D) Recorded human LB cases in the above mentioned six federal states per year (RKI data) (E) monthly mean temperature [°C] (DWD data); (F) monthly precipitation sums [mm] (DWD data); (G) beech mast: percentage of trees with strong fructification mean over data of five federal states (WZL, 2018a, 2018b, 2019a, 2019b, 2019c). Full-size [DOI: 10.7717/peerj.12422/fig-5](https://doi.org/10.7717/peerj.12422/fig-5)

Ixodes ricinus und I. scapularis breiten sich nach Norden aus



Climate change prediction of *Ixodes ricinus* distribution in Scandinavia based on length of vegetation growth period, IPCC 2000 high emission scenario. M



basic reproduction number (R_0) of *Ixodes scapularis* in North America

Risk map für *I. scapularis* Temperatur-assoziierte Ausbreitung in Kanada

Gray & Ogden. Pathogens 2021

Zusammenfassung

- Einfluss des Klimawandels auf ein breites Spektrum von Infektionserkrankungen - Vektor-übertragene, Wasser- & Nahrungs-übertragene Infektionen und Zoonosen (Tierreservoir)
- Veränderungen der Epidemiologie: Ausdehnung der Endemiegebiete, Verlängerung der Übertragungssaison, rasante (globale) Ausbreitung, Begünstigung epidemischer Ausbrüche
- Einfluss des Klimawandels auf Infektionskrankheiten extrem komplex: Grobe Vorhersagen möglich, tatsächliche Entwicklung lokal zu erheben
- ➔ **Notwendig: Verstärkte Surveillance** – standardisiert, systematisch, national und international vernetzt, incl. epidemiologischer und entomologischer Studien, **One-Health Ansatz** (Trends, Risikofaktoren von klimasensitiven Erregern, Modellierung Klimaeinfluss, (importierte) Vektoren (Zecken, Mücken) und vektor-übertragene Erreger,...)
- Die Industrieländern sind zwar die Hauptverursacher des menschlichen Anteils am Klimawandel, die Hauptträger der gesundheitlichen Folgen sind derzeit Entwicklungsländer