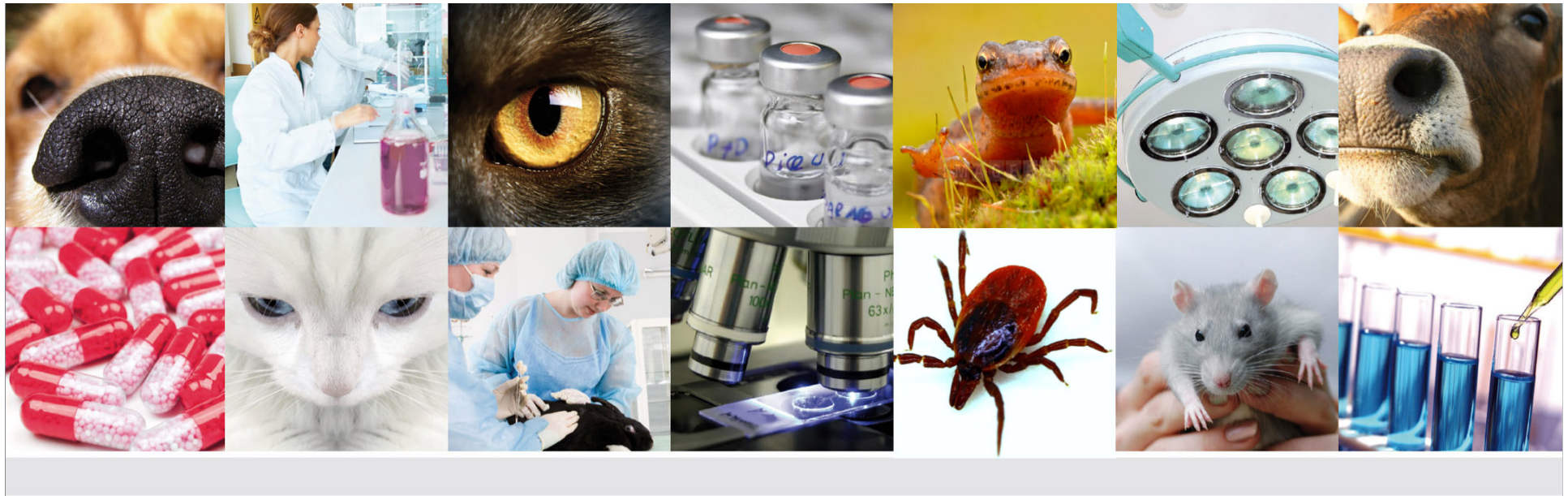




Geographische Verbreitung von vektorübertragenen Infektionskrankheiten

Katharina Brugger

Expertinnen- und Expertenforum: Tiergesundheit und Klimawandel

Graz, 21. Mai 2019

Veterinärmedizinische Universität Wien

vetmeduni
vienna 

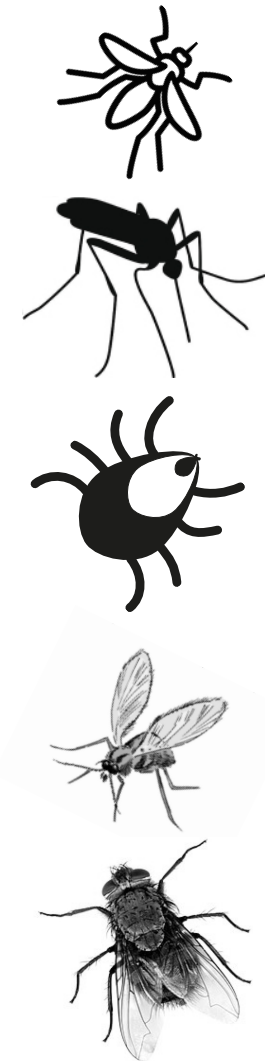
Arthropoden als Überträger von Krankheitserregern

Ein **Vektor** ist ein lebender Organismus, der Krankheitserreger von einem infizierten Wirt (Tier oder Mensch) auf einen anderen Menschen oder ein anderes Tier überträgt. Bei Vektoren handelt es sich häufig um Arthropoden wie Stechmücken, Zecken, Fliegen, Flöhe oder Läuse.

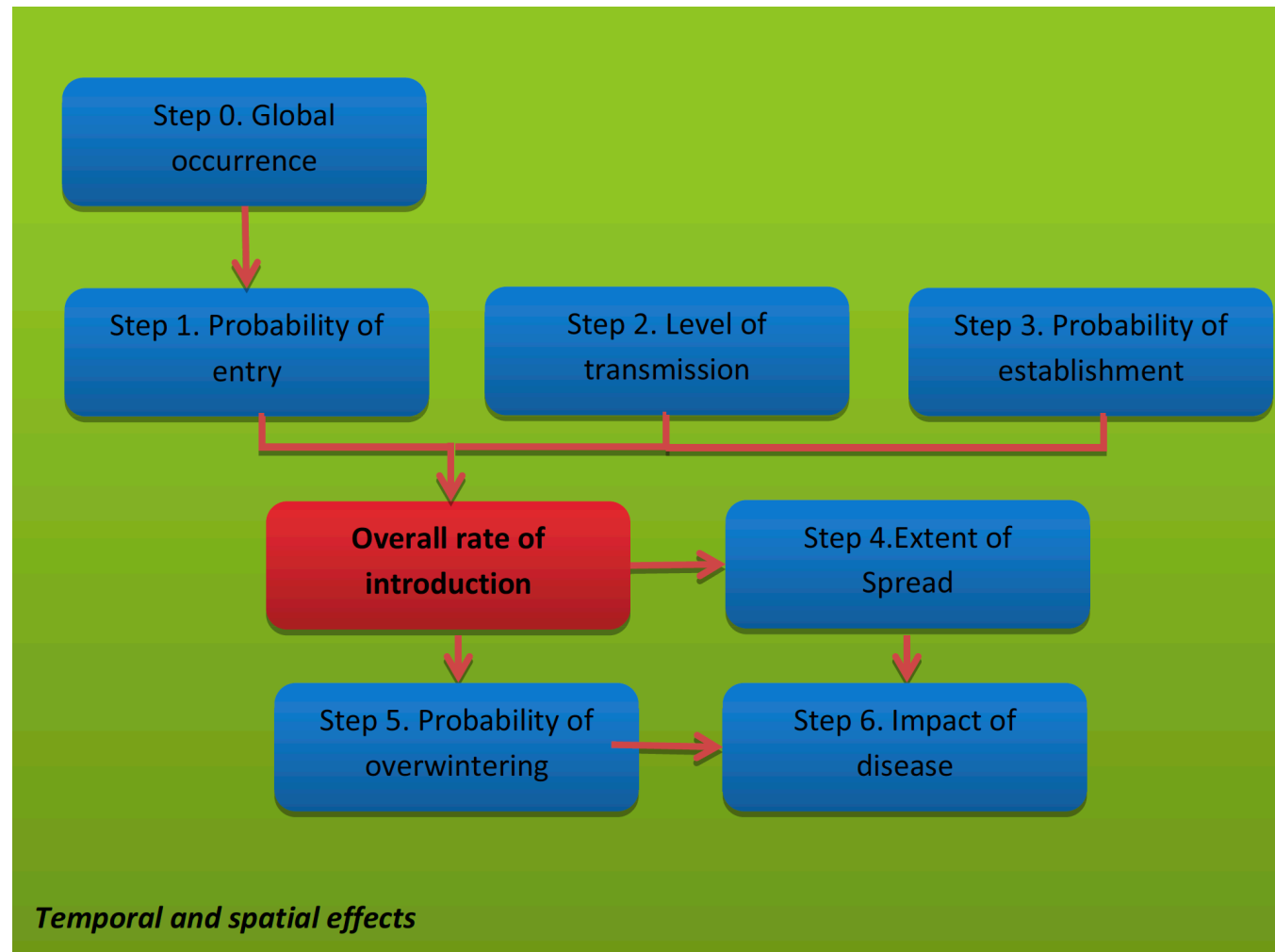
Vektoren können Krankheitserreger aktiv oder passiv übertragen:

Biologische Vektoren, wie Stechmücken und Zecken, können Träger von Krankheitserregern sein, die sich in ihren Körpern vermehren und auf neue Wirte, üblicherweise durch Stiche, übertragen werden können.

Mechanische Vektoren, wie Fliegen, können Infektionserreger auf sich tragen und diese über Körperkontakt weitergeben.



Konzept zur Risikobewertung vektorübertragener Krankheiten



Wichtigsten vektorübertragenen Krankheiten laut EFSA (2017)

- African swine fever virus *
- Crimean-Congo haemorrhagic fever virus *
- Nairobi sheep disease virus *
- Aino virus
- Akabane virus
- Bunyamwera virus
- Main drain virus
- Schmallenberg virus
- Shuni virus
- Rift Valley fever virus *
- Bhanja virus
- Japanese encephalitis virus *
- St. Louis encephalitis virus
- Wesselsbron virus
- West Nile virus *
- Alkhurma haemorrhagic fever virus
- Hepatozoon canis
- Thogoto virus
- African horse sickness virus *
- Bluetongue virus *
- Epizootic haemorrhagic disease virus *
- Equine encephalosis virus
- Palyam virus
- Peruvian horse sickness virus
- Yunnan orbivirus
- Bovine ephemeral fever virus
- Kotonkon virus
- Vesicular stomatitis virus
- Ehrlichia ruminantium *
- Eastern equine encephalitis virus *
- Getah virus
- Highlands J. virus
- Middelburg virus
- Venezuelan equine encephalitis virus *
- Western equine encephalitis virus *
- Leishmania infantum *



* OIE meldepflichtig
EFSA AHAW Panel et al. (2017)

EFSA Storymaps – Blauzungenvirus

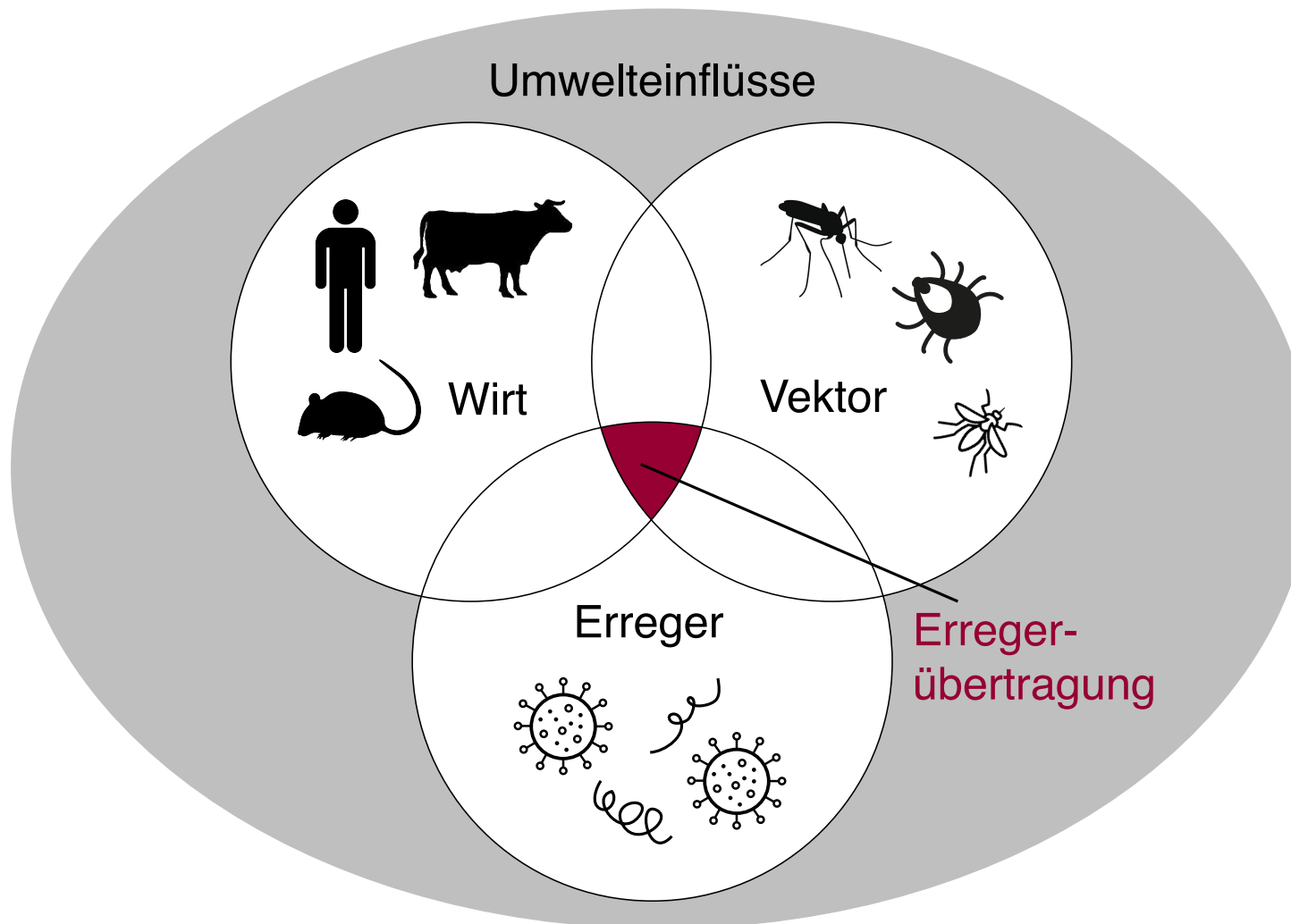
- Geographic distribution
- Outbreaks reported through the OIE early warning system
- Impact on animal health/public health
- Disease agent
- Transmission
- Vectors
- Vector control
- Diagnosis
- Vaccination
- Treatments
- Legislation
- Risk assessment
- References



<https://efsa.maps.arcgis.com/apps/PublicGallery/index.html?appid=dfbeac92aea944599ed1eb754aa5e6d1>



Zusammenwirken von Vektor – Wirt – Krankheitserreger

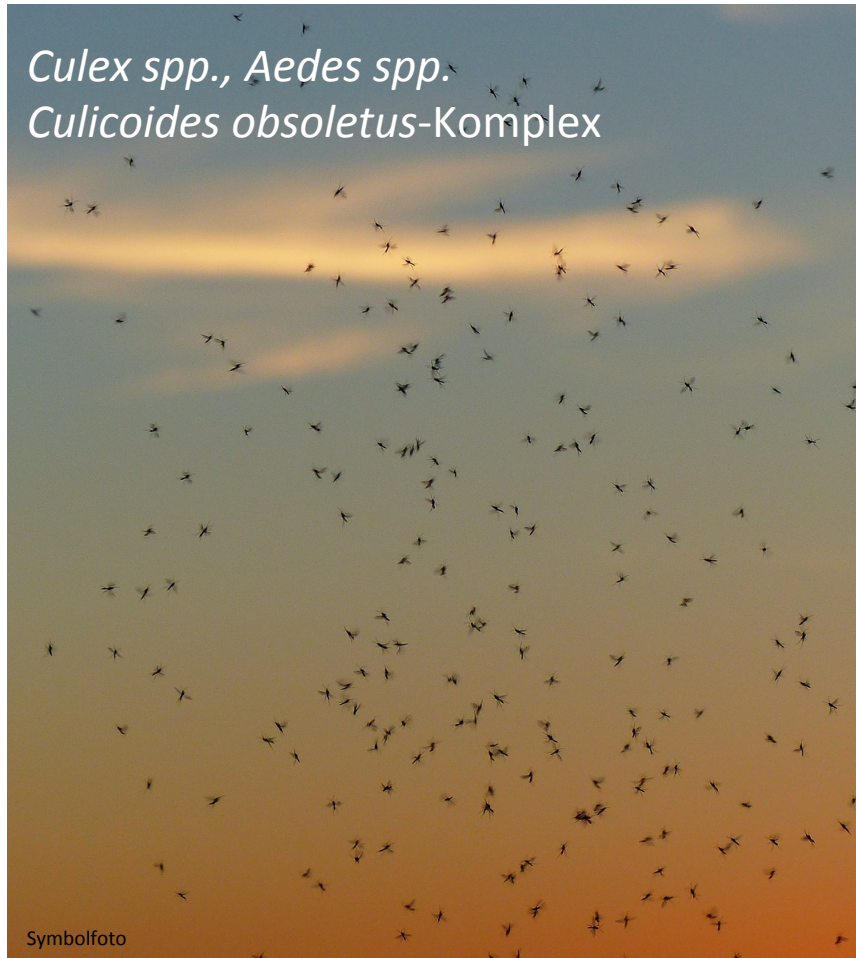




Stechmücken/Gnitzen vs. Zecken



Culex spp., Aedes spp.
Culicoides obsoletus-Komplex



Symbolfoto

Ixodes ricinus

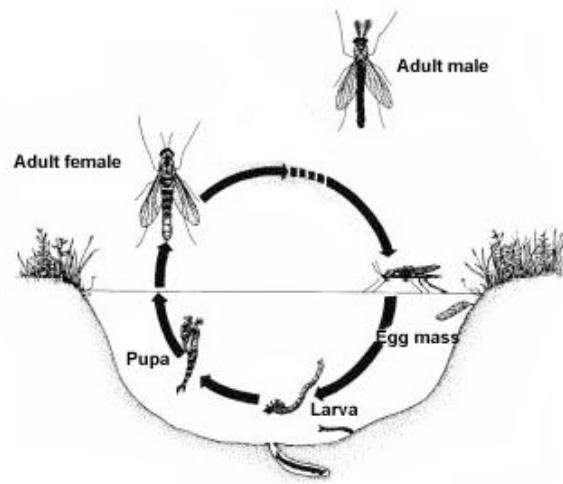


<https://www.youtube.com/watch?v=i3gdMmOb1Nw>

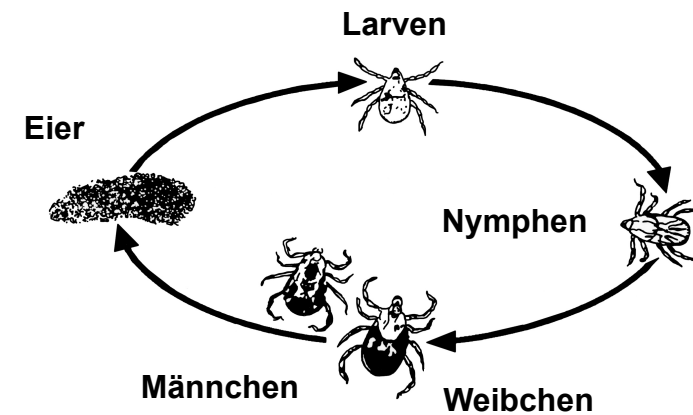




Populationsdynamik



Lebenszyklus



Dauer des Lebenszyklus

Wochen bis Monate

Monate bis Jahre

Abhängigkeit der Reproduktionsrate

gering
stark

von der Wirtsdichte
vom Habitat

stark
gering



nach Odgen & Lindsay (2016)



Verhaltensweisen



nur adulte Weibchen

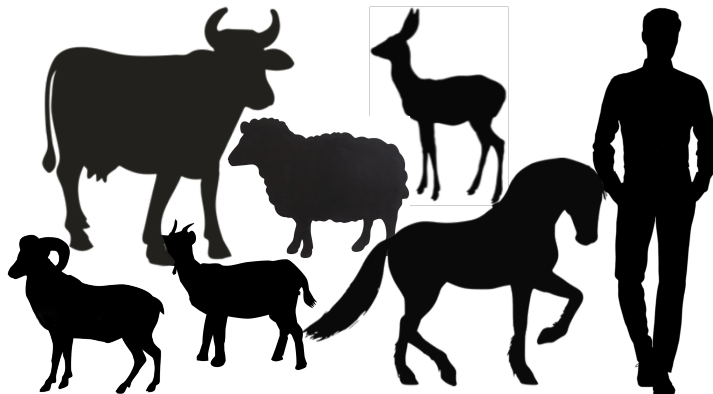
Parasitierende Stadien

Larven, Nymphen, Adulte

Sekunden bis Minuten

Dauer der Blutmahlzeit

Stunden bis Tage

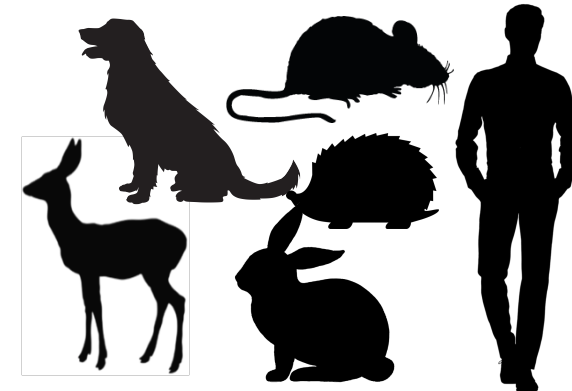


< 500 Meter

Aktionsradius

durch Flug und Wind

Verbreitung



< 10 Meter

ausschließlich durch Wirt



nach Odgen & Lindsay (2016)



Monitoring über längeren Zeitraum



Ansaugfalle mit UV-Licht



Methode

Flaggmethode



Stündlich bis täglich

Zeitliche Auflösung

Wöchentlich bis monatlich

Adulte

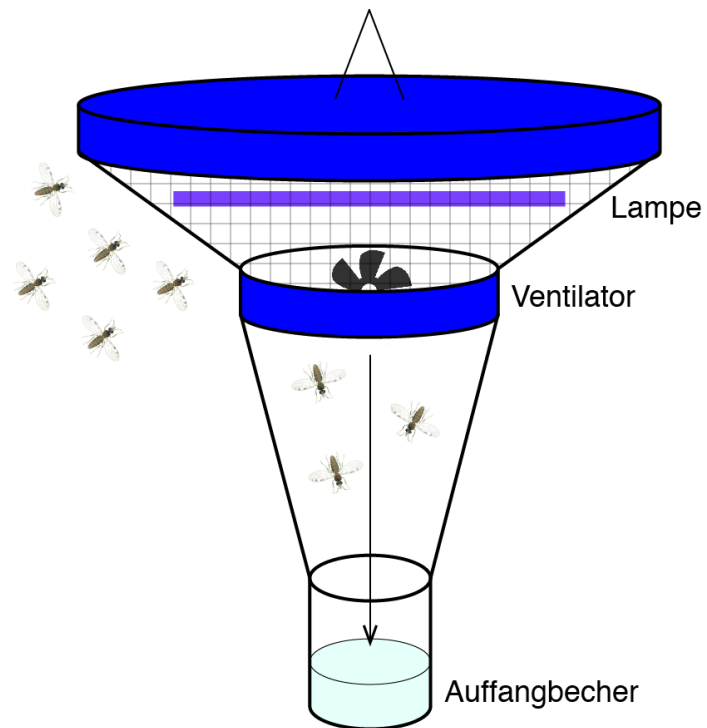
Stadien

Larven, Nymphen, Adulte





Monitoring über längeren Zeitraum



Ansaugfalle mit UV-Licht (Typ Onderstepoort)

Flaggmethode





Morphologische Bestimmung

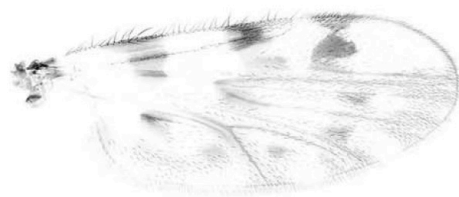


2 mm



Mehlhorn et al. (2007)

Culicoides obsoletus



Mehlhorn et al. (2007)

Culicoides pulicaris



Ixodes ricinus





Epidemiologisches Potential für Österreich

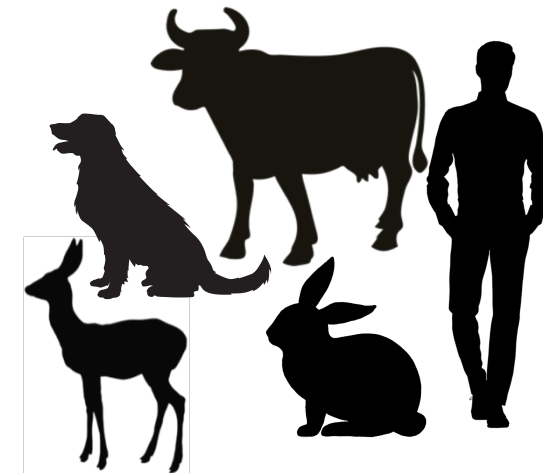
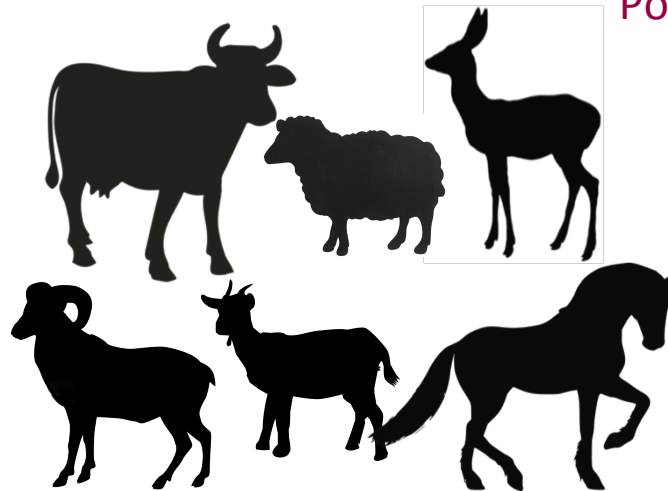


Krankheiten & Erreger (Beispiele)

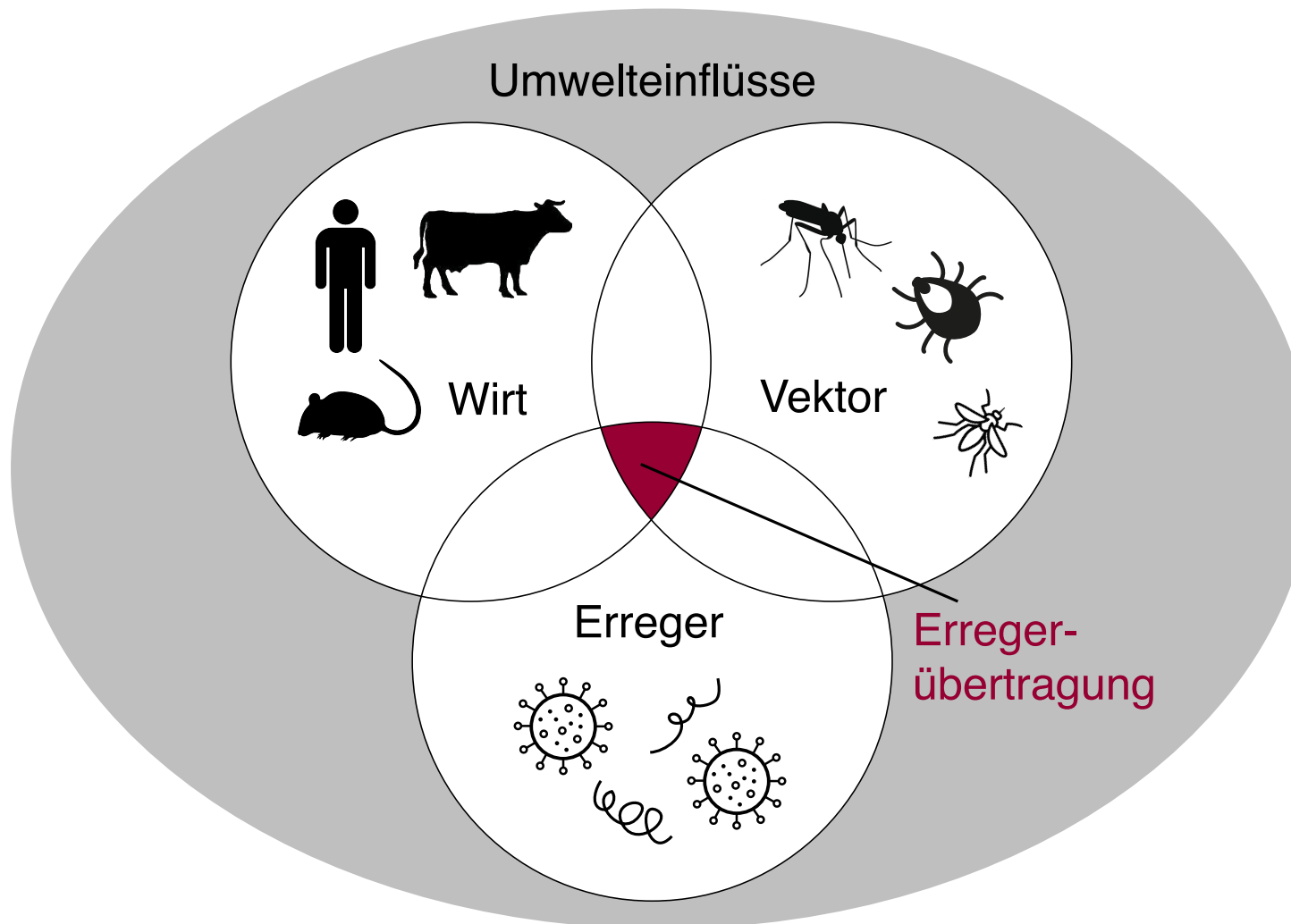
Blauzungenkrankheit
Schmallenberg Virus
Afrikanische Pferdepest
West Nil Virus / Usutu Virus

FSME
Rickettsiose
Tularämie
Borreliose
Babesiose
uvm.

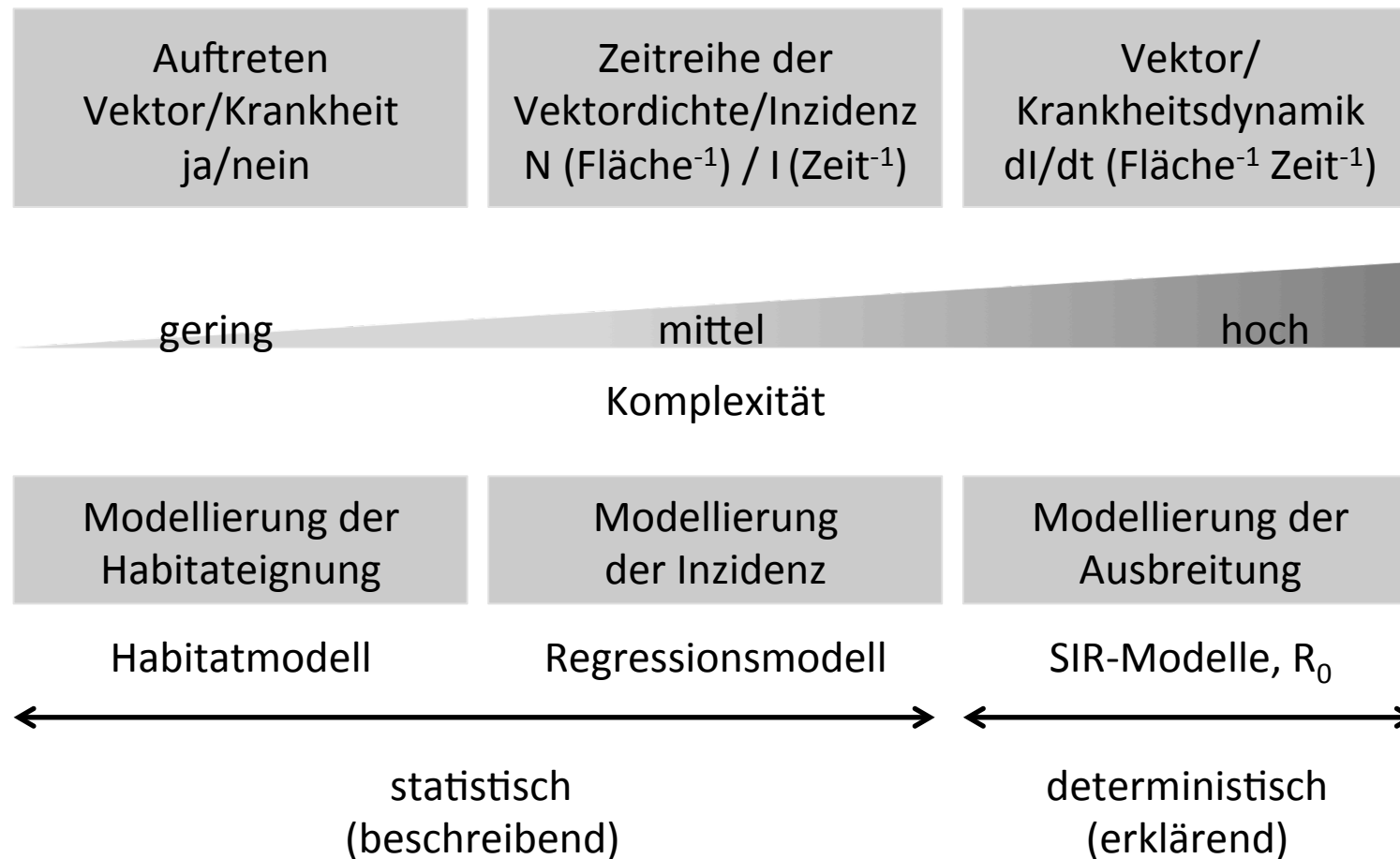
Populationen unter Risiko (Beispiele)



Zusammenwirken von Vektor – Wirt – Krankheitserreger

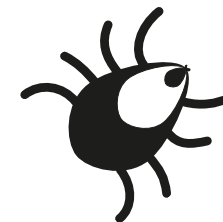


Modelle für vektorübertragene Infektionskrankheiten

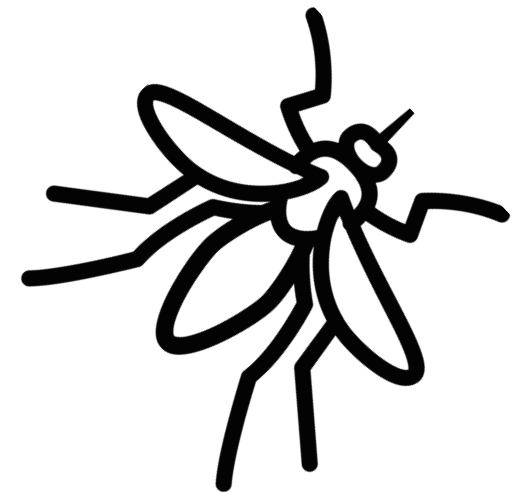


Arthropoden als Vektoren für Krankheitserreger

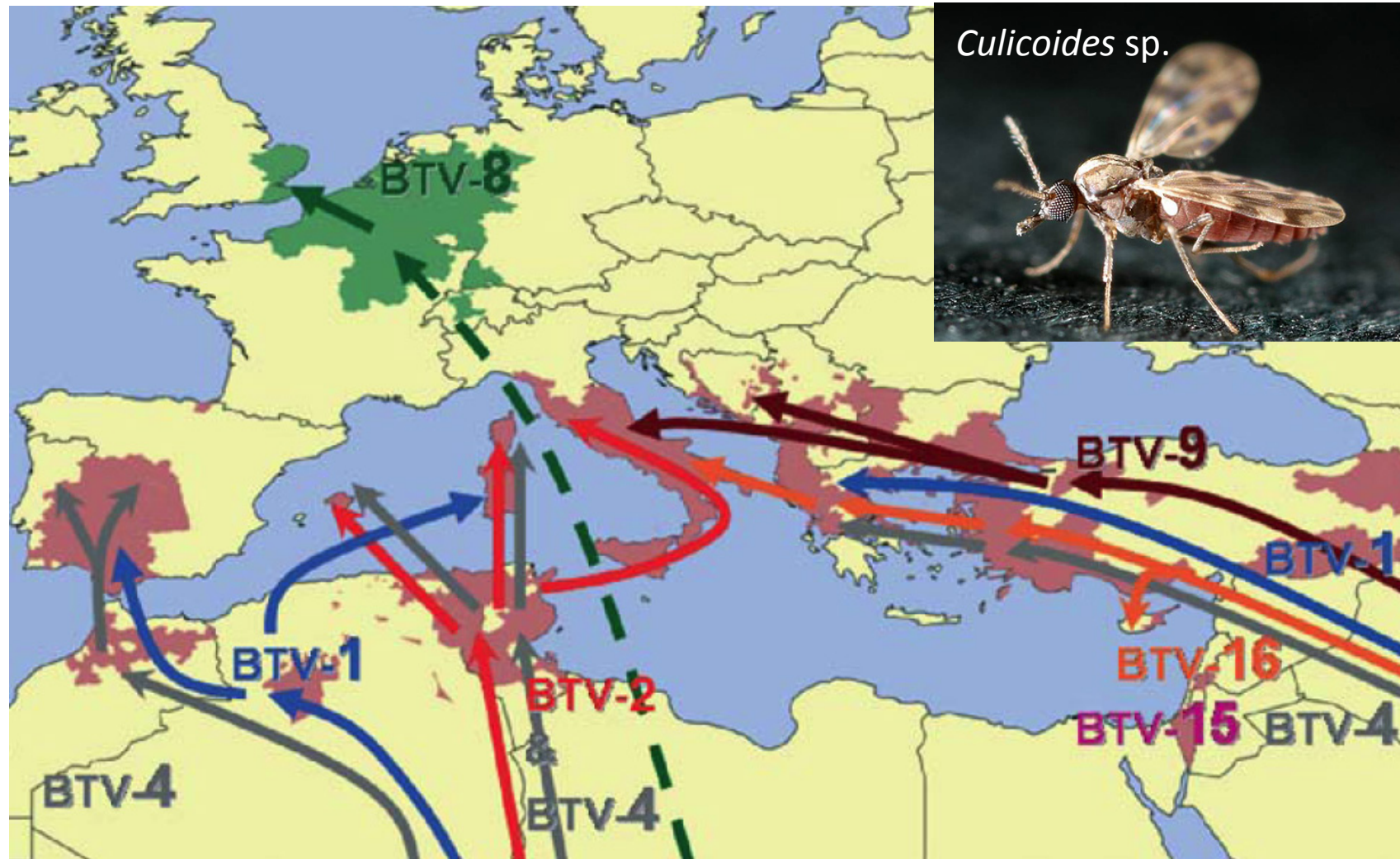
- Gnitzen als Vektoren für das Blauzungenvirus
- Stechmücken als Vektoren für das Usutu Virus
- Zecken als Vektoren für FSME oder Borrelien



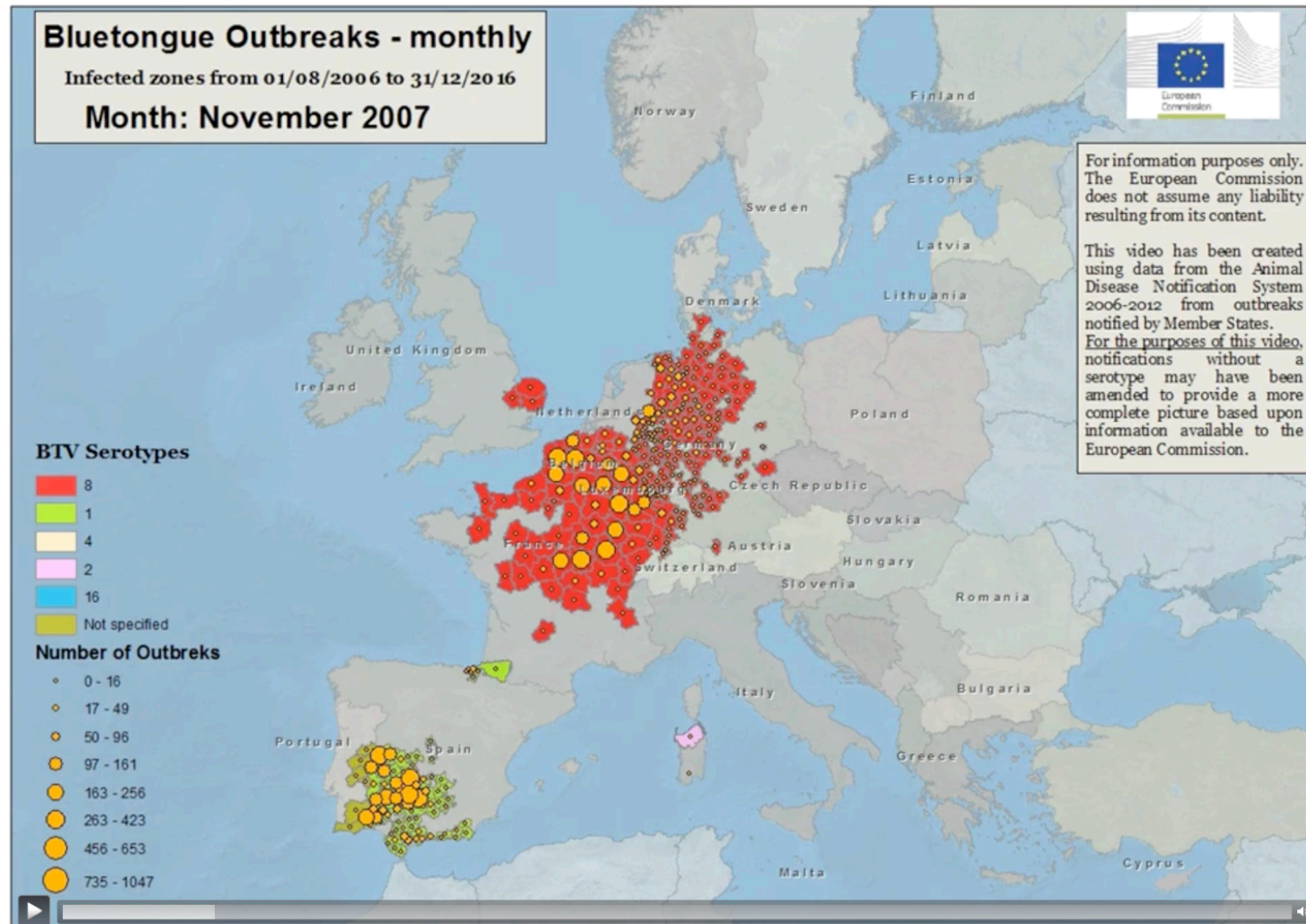
Gnitzen als Vektoren für das Blauzungenvirus



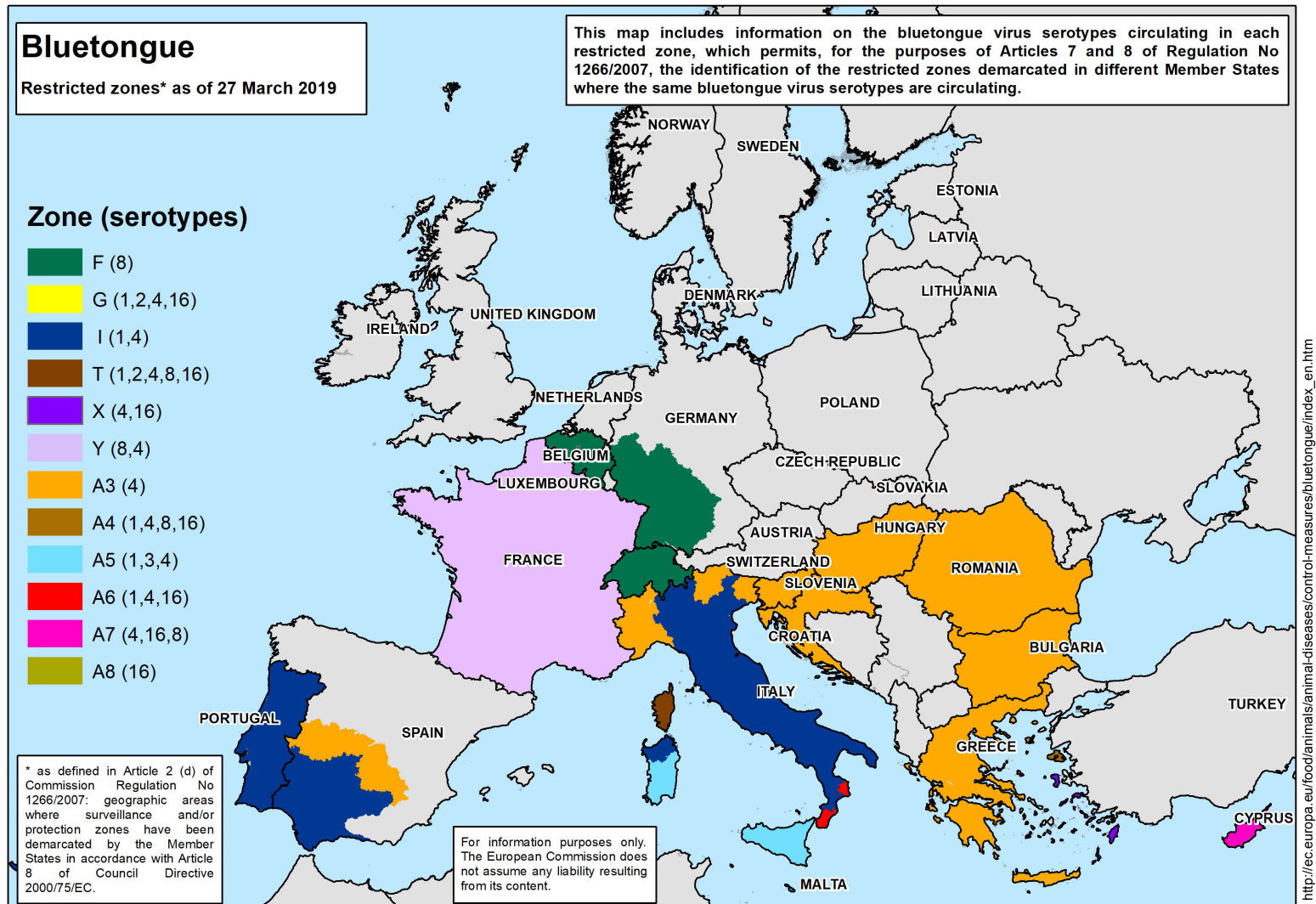
Verbreitung des Blauzungenvirus von Afrika nach Europa



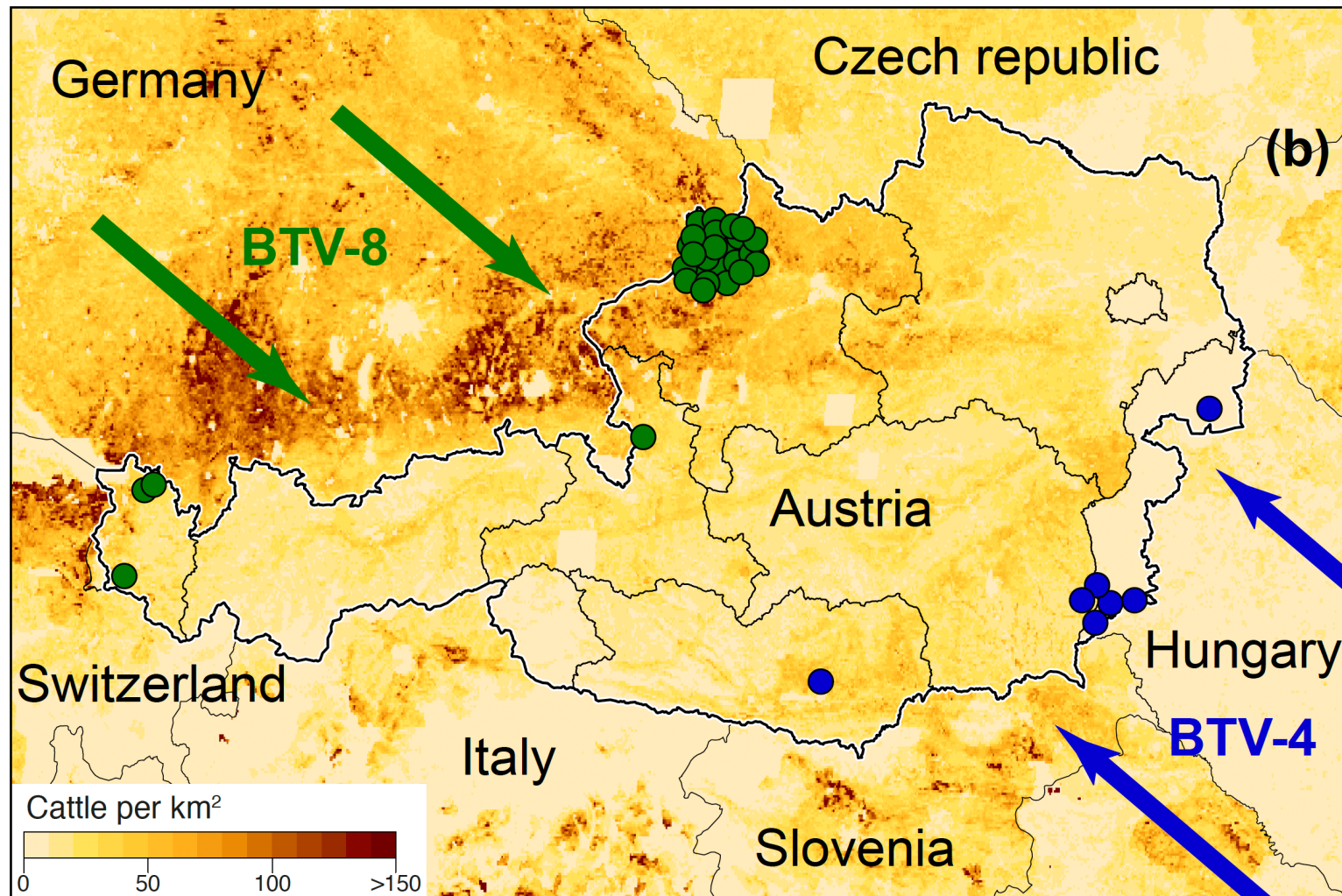
Ausbrüche der Blauzungenerkrankung 2006–2016



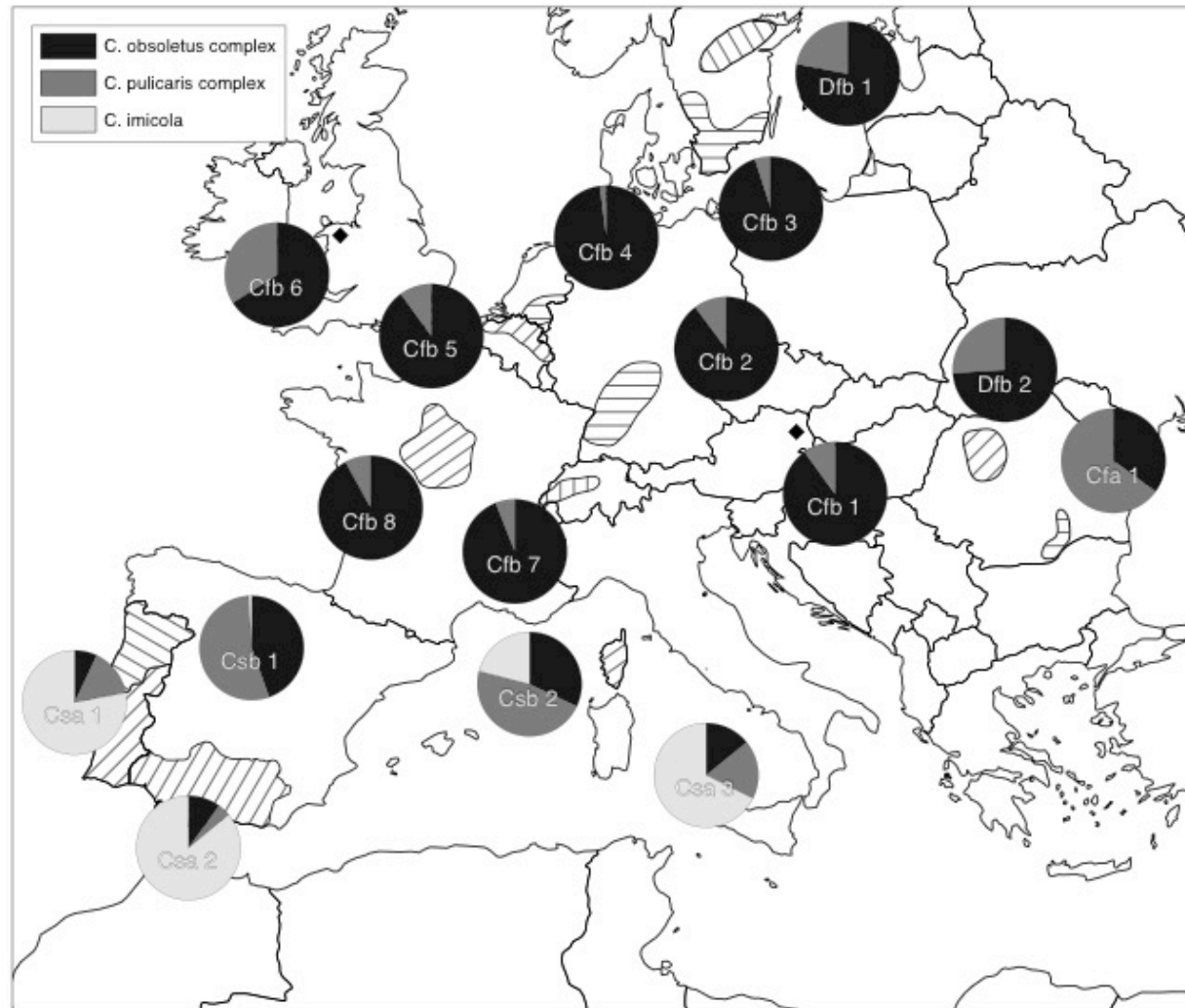
Aktuelle Situation der Blauzungenerkrankung in Europa



Nachweise des Blauzungenvirus in Österreich



Räumliche Verteilung der *Culicoides* Spezies in Europa



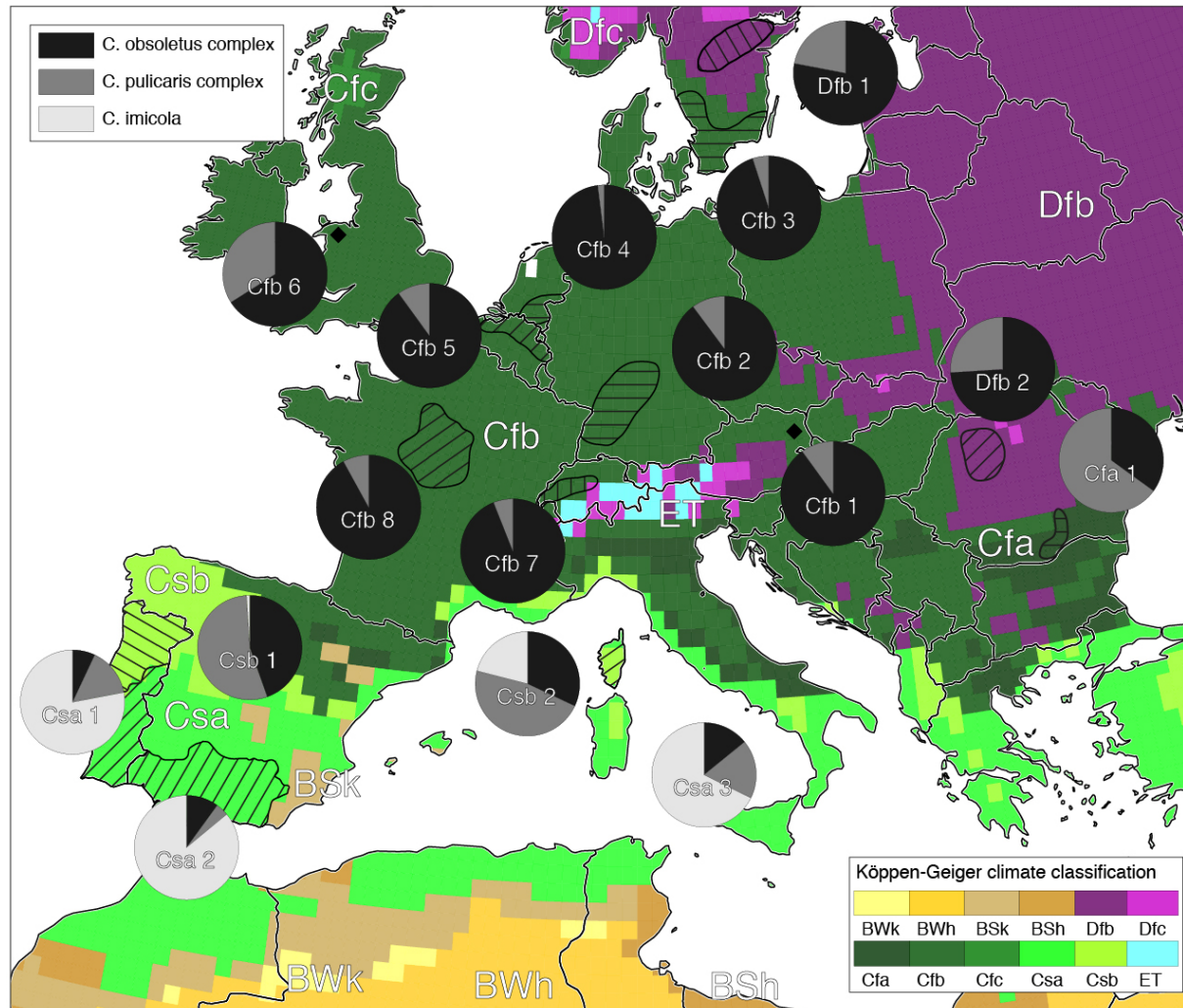
Räumliche Verteilung der *Culicoides* Spezies in Europa

Cfb

warm-
gemäßigtes,
immer
feuchtes
Klima mit
warmen
Sommer

Csa/Csb

warm-
gemäßigtes
Klima mit
warmen/
heißen
Sommer



Dfb

Kontinentales,
feuchtes Klima
mit warmen
Sommer

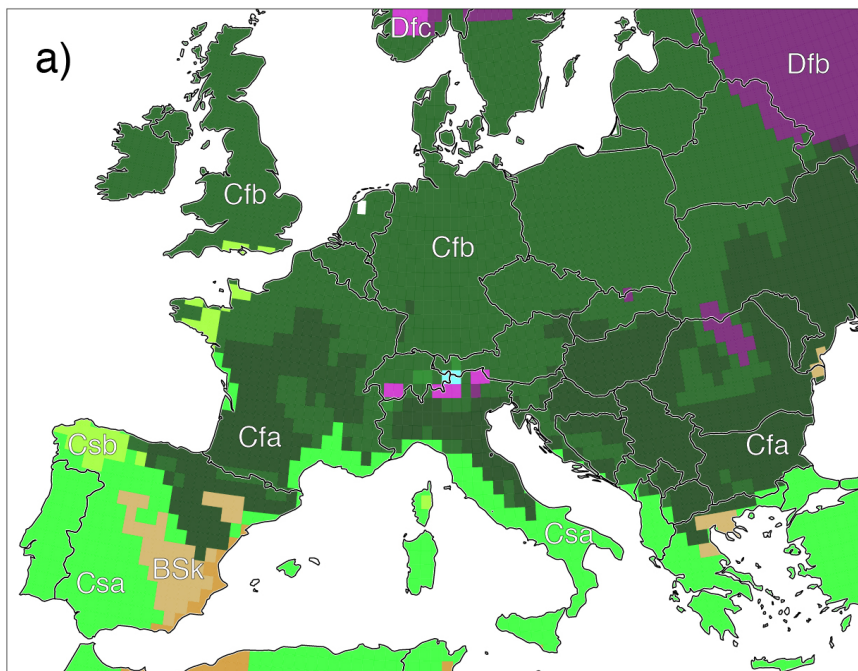
Cfa

warm-
gemäßigtes,
immer
feuchtes
Klima mit
heißen
Sommer

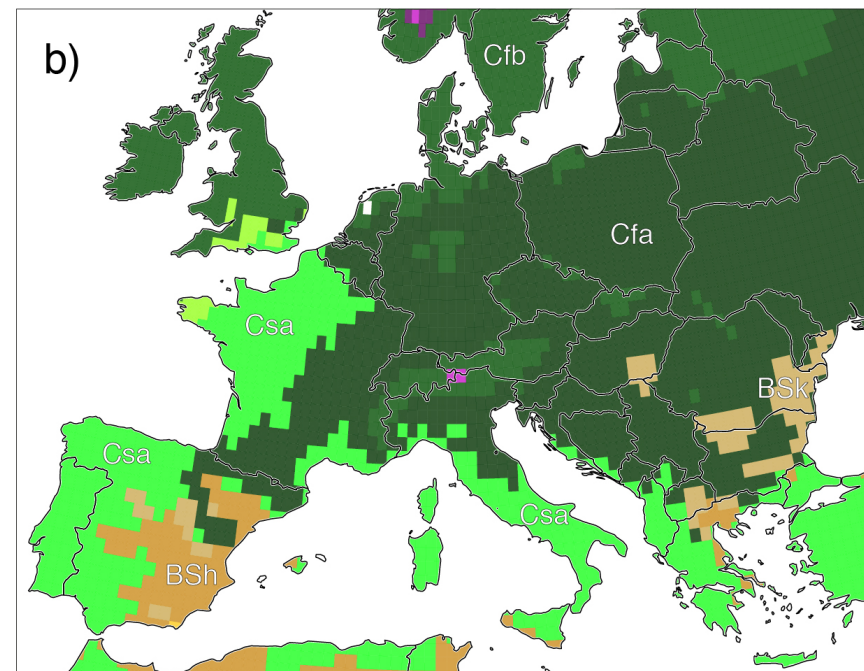


Risikoabschätzung prospektiv: 2076–2100

Optimistisches Szenario



Pessimistisches Szenario



■ *C. obsoletus* complex
■ *C. pulicaris* complex
■ *C. imicola*



Konzept, Definition und Überwachung der saisonalen vektorfreien Zeit



Konzept der saisonalen vektorfreien Zeit

- Gemäß EU-Verordnung 1266/2007, Anhang V

VERORDNUNG (EG) Nr. 1266/2007 DER KOMMISSION

vom 26. Oktober 2007

mit Durchführungsvorschriften zur Richtlinie 2000/75/EG des Rates hinsichtlich der Bekämpfung, Überwachung und Beobachtung der Blauzungenerkrankung sowie der Beschränkungen, die für Verbringungen bestimmter Tiere von für die Blauzungenerkrankung empfänglichen Arten gelten

- Anwesenheit von *Culicoides* spp. wird mit BTV-Übertragungsrisiko gleichgesetzt
- Gilt für ein epidemiologisch relevantes geographisches Gebiet
- Definition und Überwachung der saisonalen vektorfreien Zeit anhand von
 - Daten historischer und laufenden Monitorings
 - Grenzwerte für gefangene *Culicoides*-Arten
 - Temperaturschwellenwerte
- Entomologische Überwachung: Ansaugfalle mit UV-Licht, monatlich/wöchentlich



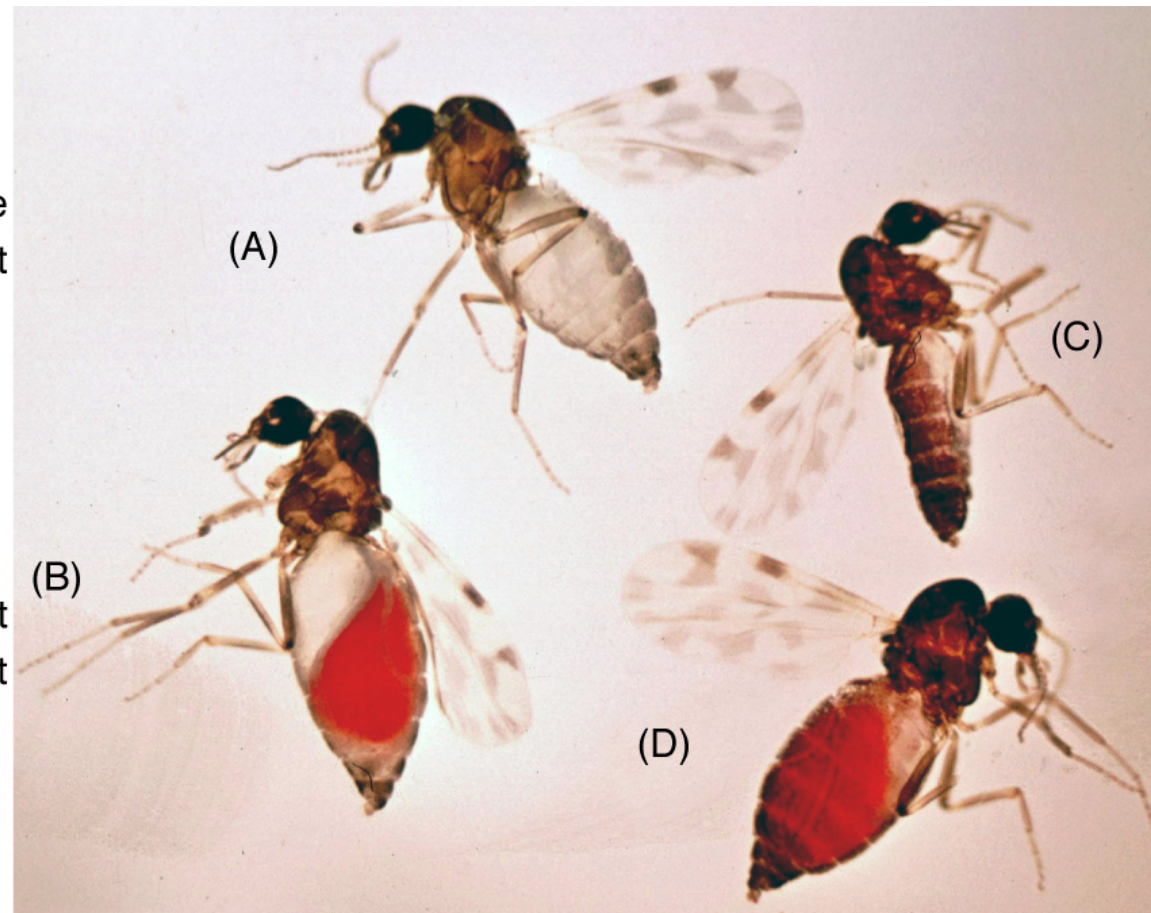
Definition der saisonalen vektorfreien Zeit in Österreich

- Komplexe *Culicoides obsoletus* und *C. pulicaris* kommen österreichweit vor, bisher keine *C. imicola* nachgewiesen (Anderle et al. 2008, Brugger et al. 2013a)
- **Entomologischer Grenzwert** für vektorfreie Zeit
keine *C. imicola* oder weniger als 5 (pare) *C. obsoletus*
- **Meteorologische Grenzwerte** als Zusatzinformation
Ende der Vektoraktivität mit 6 aufeinanderfolgende Frosttage ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)
Beginn der Vektoraktivität mit 7 aufeinanderfolgenden Tagen mit $T_{\text{mean}} > 10^{\circ}\text{C}$
- Saisonale vektorfreie Zeit: Anfang Dezember bis Ende April des drauffolgenden Jahres
- Entomologisches Monitoring Oktober bis April



ohne
Blutmahlzeit

mit
Blutmahlzeit

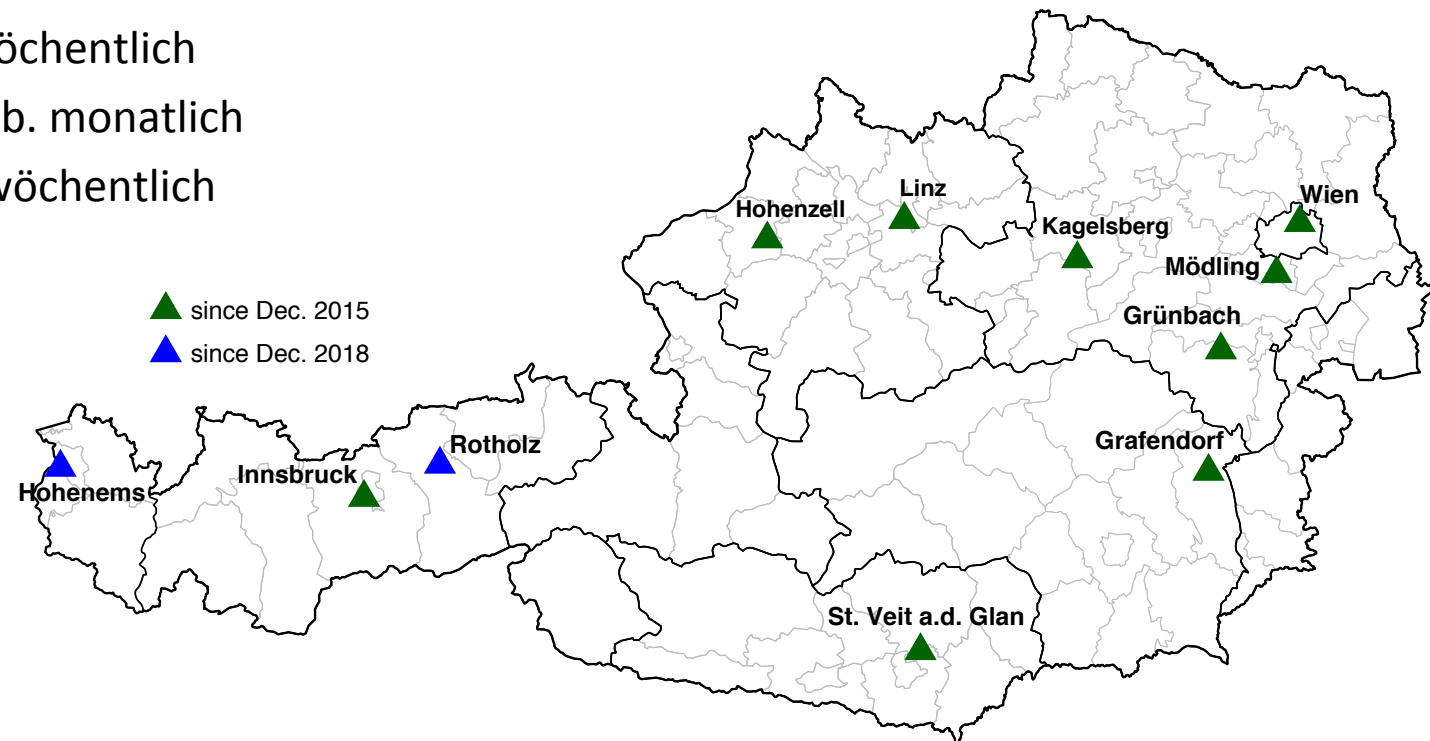


pare *C. imicola*

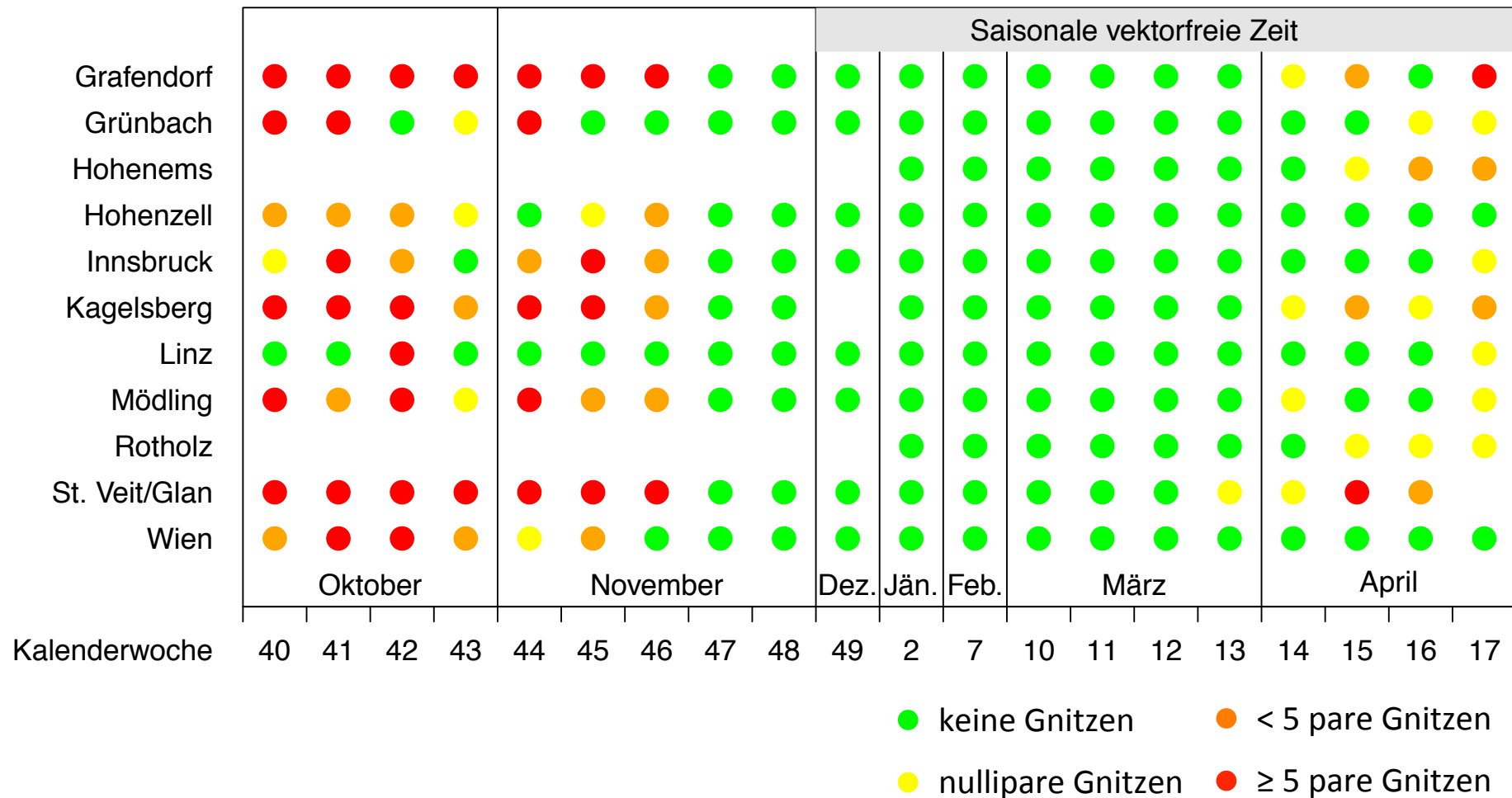
Überwachung und Kontrolle der vektorfreien Zeit in Österreich

Entomologisches Monitoring an

- 9 Standorten seit Dez. 2015
- 11 Standorten seit Dez. 2018
- Okt./Nov. wöchentlich
- Dez./Jän./Feb. monatlich
- März/April wöchentlich

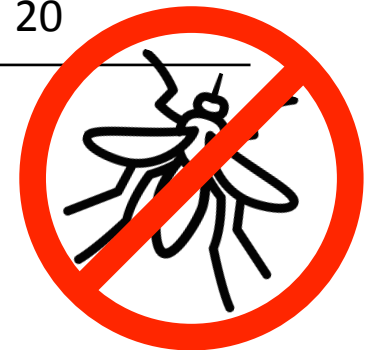


Entomologischen Monitoring 2018/2019

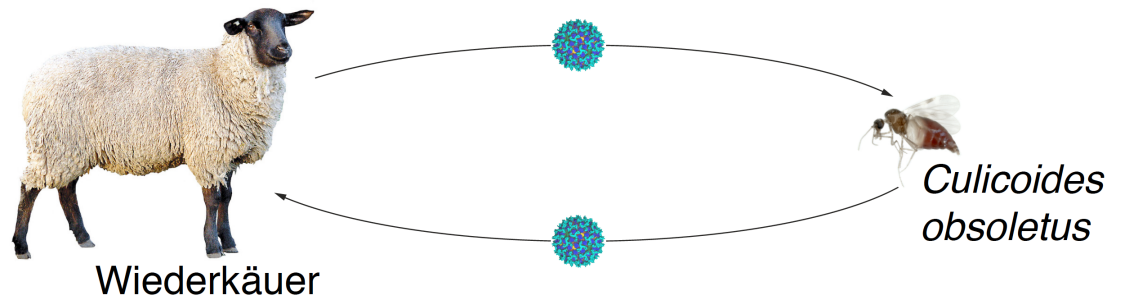


Vektorfreie Zeit der letzten Saisons

Saison	Vektorfreie Zeit	Tage	Wochen
2015/16	15.12.2015–21.04.2017	129	18.5
2016/17	02.12.2016–14.04.2017	134	19
2017/18	01.12.2017–30.04.2018	151	22
2018/19	01.12.2018–30.04.2019	151	22
Mittelwert		141	20



Konzept der übertragungsfreie Zeit basierend auf der Basisreproduktionszahl R_0

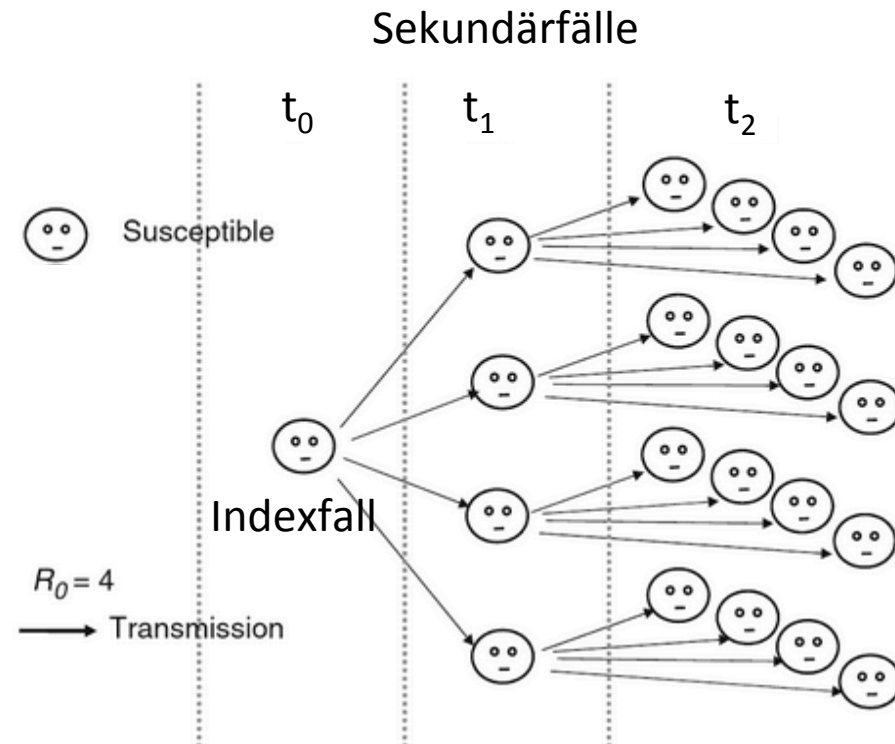


Basisreproduktionszahl R_0

Die **Basisreproduktionszahl R_0** gibt die Anzahl der sekundär Fälle, die von einem primären Fall in einer empfänglichen Population verursacht werden.

Kennzahl, die das maximale Reproduktionspotenzial einer Infektionskrankheit angibt

- $R_0 < 1$ keine Epidemie
Abnahme der Inzidenz
- $R_0 > 1$ Ausbruch möglich
Zunahme der Inzidenz



Bestimmung der übertragungsfreien Zeit mittels Basisreproduktionszahl R_0

$$R_0 = \sqrt{\frac{k(T)^2 p_M p_C \gamma_M(T) N_M(T, P, N_C, N_S)}{(N_C + N_S)^2 m_M(T) [\gamma_M(T) + m_M(T)]} \left(\frac{N_C}{\alpha_C} + \frac{N_S}{\alpha_S} \right)}$$

p_M ... Übertragungswahrs. $M \mapsto C, S$

p_C ... Übertragungswahrs. $C, S \mapsto M$

α_C, α_S ... Genesungsrate

N_C, N_S ... Wirtspopulation (Rinder, Schafe)

$k(T)$... Stechrate der Gnitzen

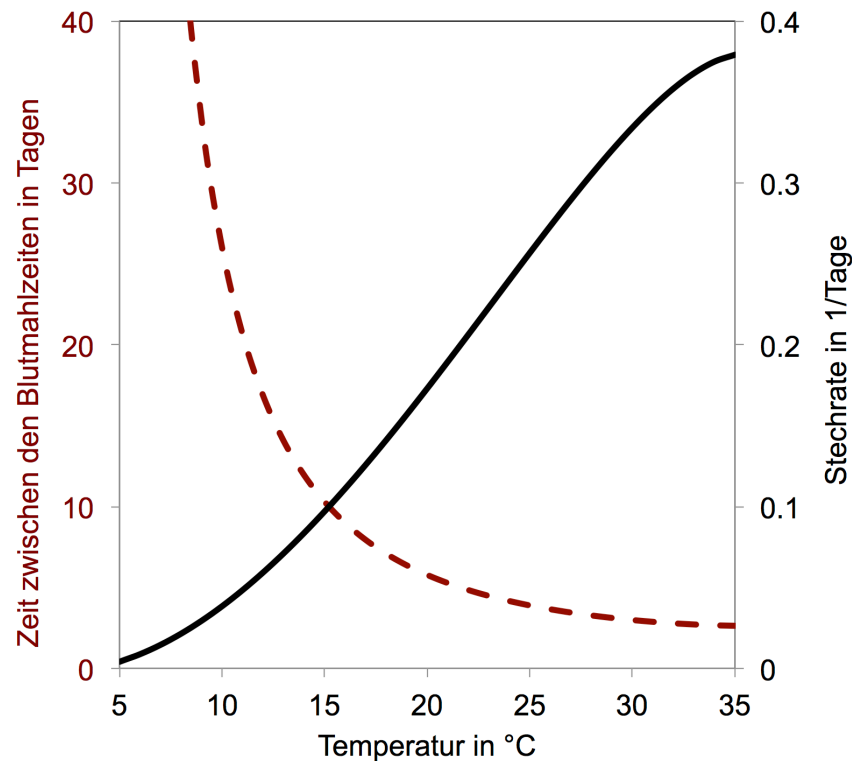
$m_M(T)$... Mortalitätsrate der Gnitzen

$\gamma_M(T)$... Virusreproduktionsrate

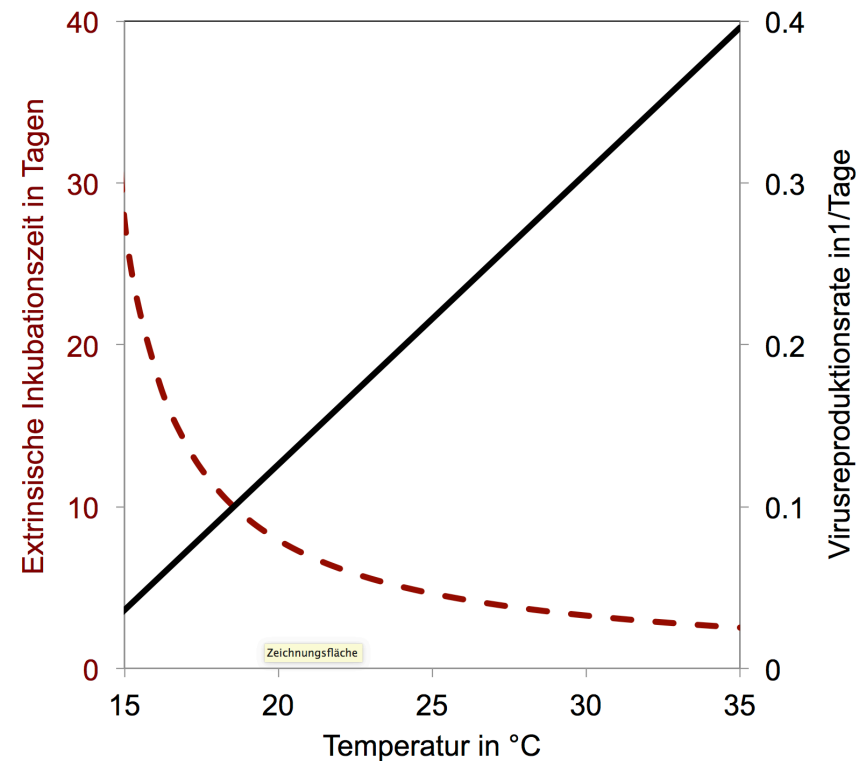
$N_M(T, P, N_C, N_S)$... Vektorpopulation



Temperaturabh. Stechrate und extrinsische Inkubationszeit



Die Zeit zwischen zwei Blutmahlzeiten nimmt mit steigender Temperatur ab.
15 °C – 10 Tage, 30 °C – 3 Tage



Die extrinsische Inkubationszeit nimmt mit steigender Temperatur ab.
15 °C – 28 Tage, 30 °C – 32 Tage



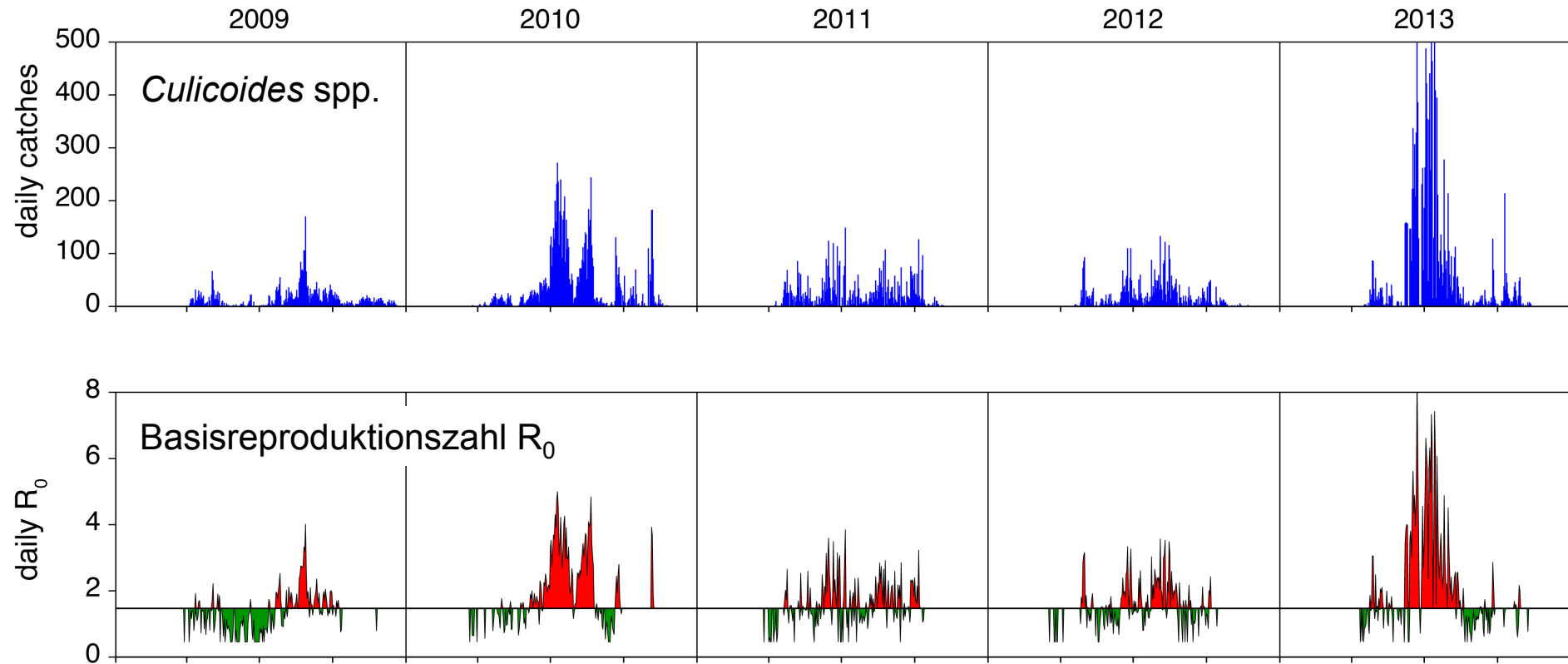
Culicoides-Monitoring an der Vetmeduni Vienna



- Ansaugfalle mit UV-Licht des *Onderstepoort Veterinary Institute* (Südafrika)
- Monitoring
 - Weide 2009–2013 (5 Jahre, tägl.)
 - Stall 2009–2011 (3 Jahre, 2-std./tägl.)rund 75.000 *Culicoides* spp.
80% *C. obsoletus*-Komplex
- Monitoring im Winterhalbjahr
seit 2016, wöchentlich/monatlich



Übertragungsfreie Zeit in Wien basierend auf R_0



$R_0 > 1$ meist in den Monaten Juni bis August.



The figure consists of two vertically stacked time-series plots sharing a common x-axis representing months from January (J) to December (D) for the years 2011, 2012, and 2013.

Top Plot: *Culicoides* spp. outdoor vector-free period on 150 days per year

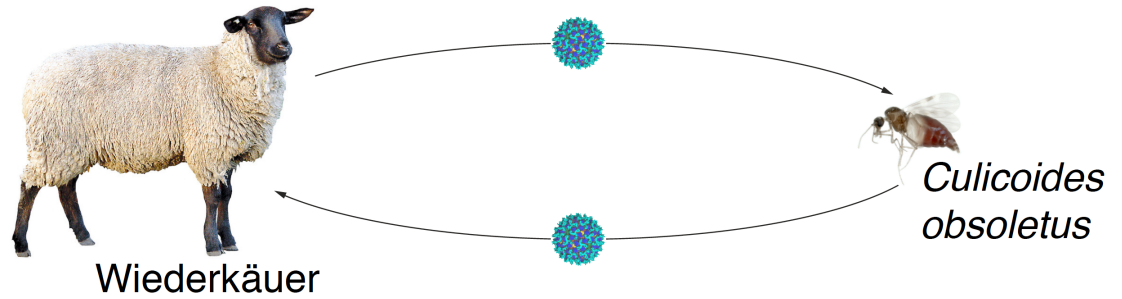
- Y-axis:** daily catches (0 to 600).
- Legend:**
 - Black line: *Culicoides* spp.
 - Red bar: vector-free period (< 5 specimen)
- Observations:** The black line shows daily catches, with a major peak in mid-2013 reaching nearly 600. The red bars indicate periods where catches were below 5 specimens, occurring in several intervals throughout the year.

Bottom Plot: Bluetongue risk transmission-free period on 200 days per year

- Y-axis:** daily R_0 (0 to 8).
- Legend:**
 - Blue line: R_0 for Bluetongue
 - Orange bar: no risk ($R_0 < 1$)
- Observations:** The blue line shows the daily R_0 for Bluetongue, with a major peak in mid-2013 reaching approximately 8. The orange bars indicate periods where $R_0 < 1$, occurring in several intervals throughout the year.



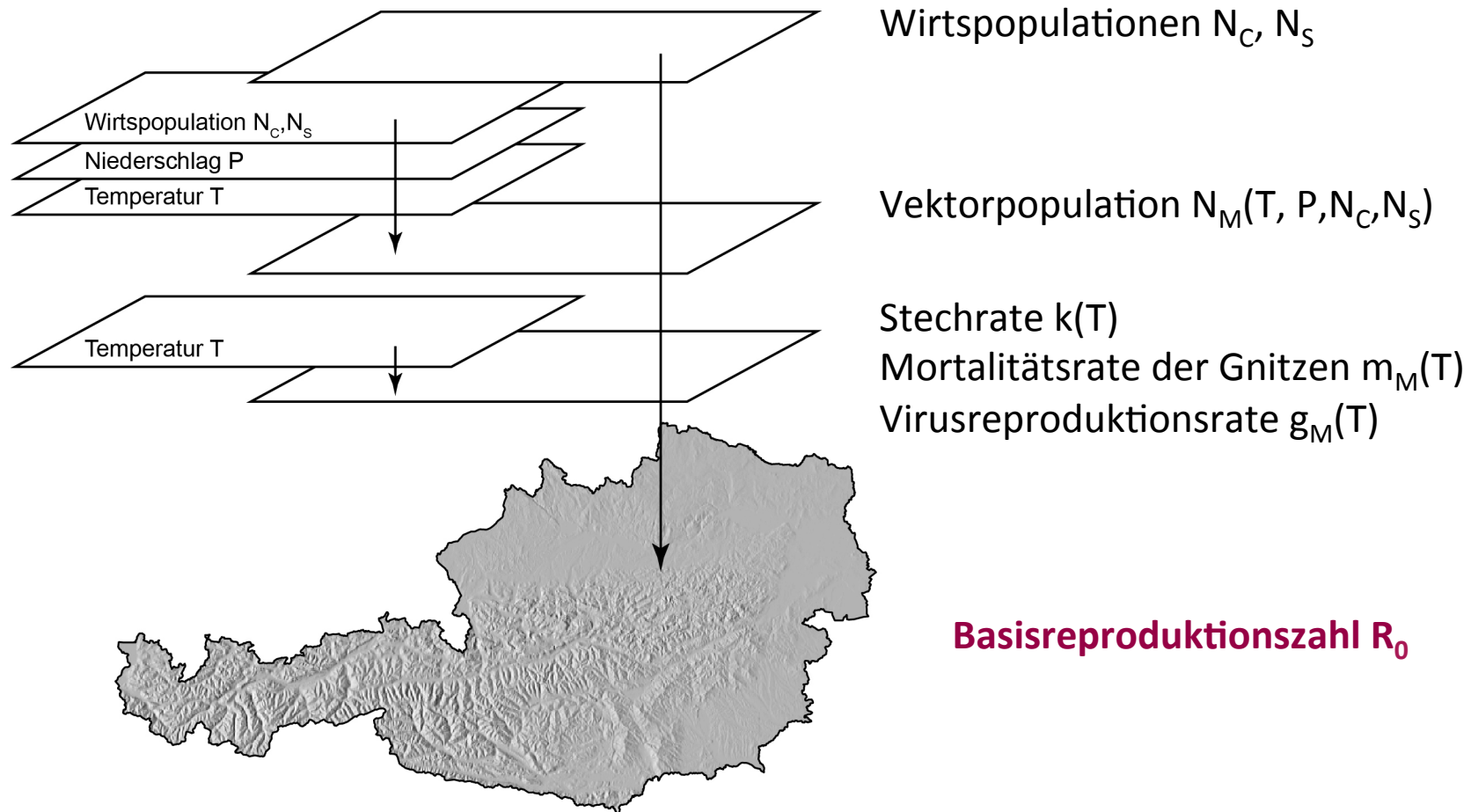
Risikoabschätzung anhand der Basisreproduktionszahl R_0



Räumliche-zeitliche Risikoabschätzung

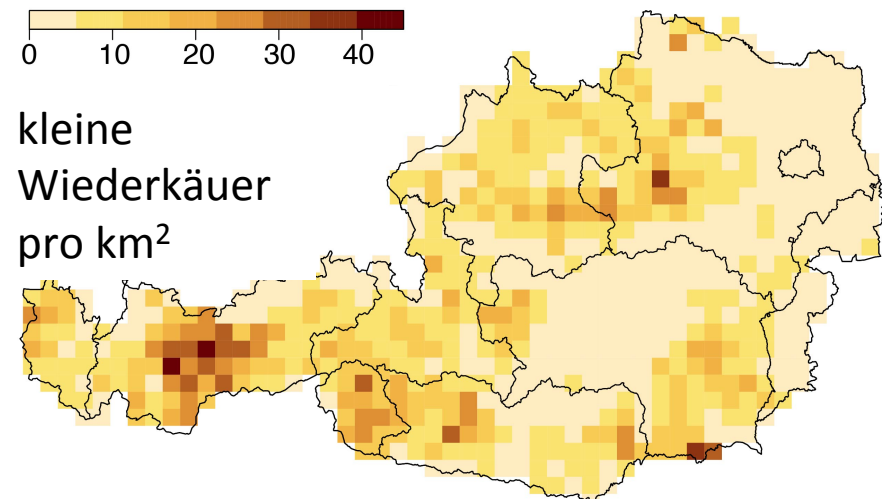
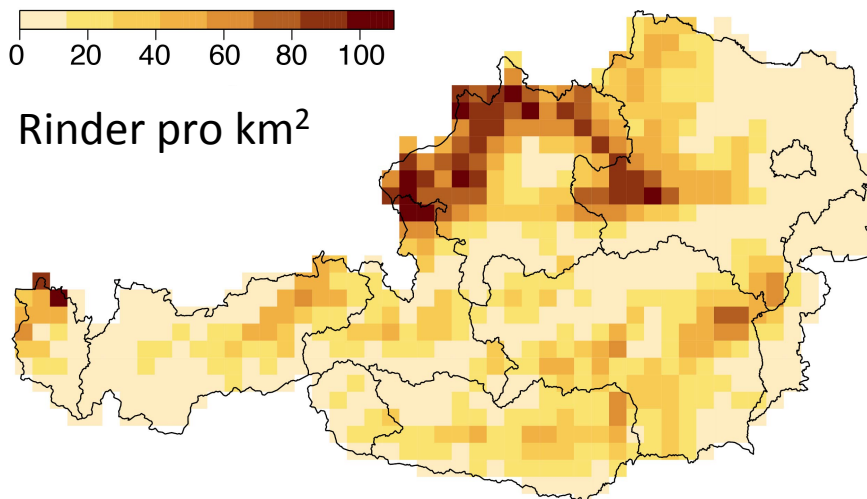


Schema der Risikoabschätzung mittels der Basisreproduktionszahl R_0



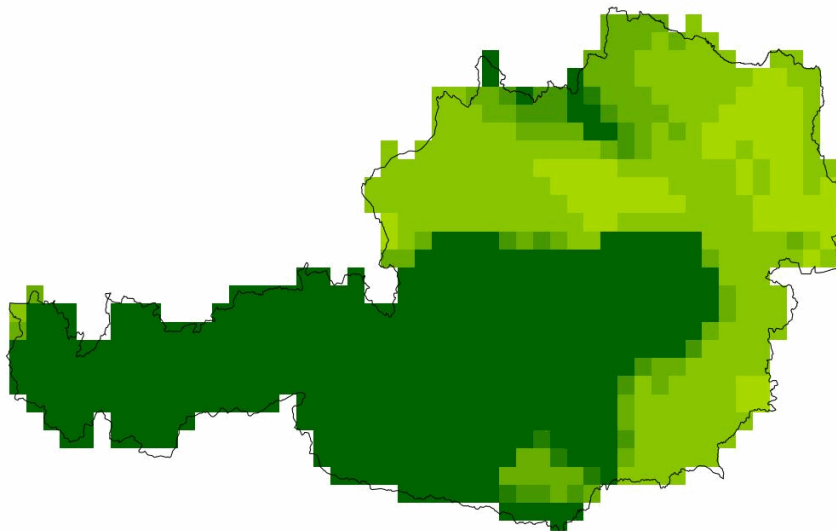
Gnitzen
in 10^3 pro km^2

Die Dichten der Rinder und kleinen Wiederkäuern stammen aus dem VIS und wurden von der AGES zur Verfügung gestellt.

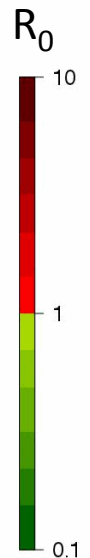
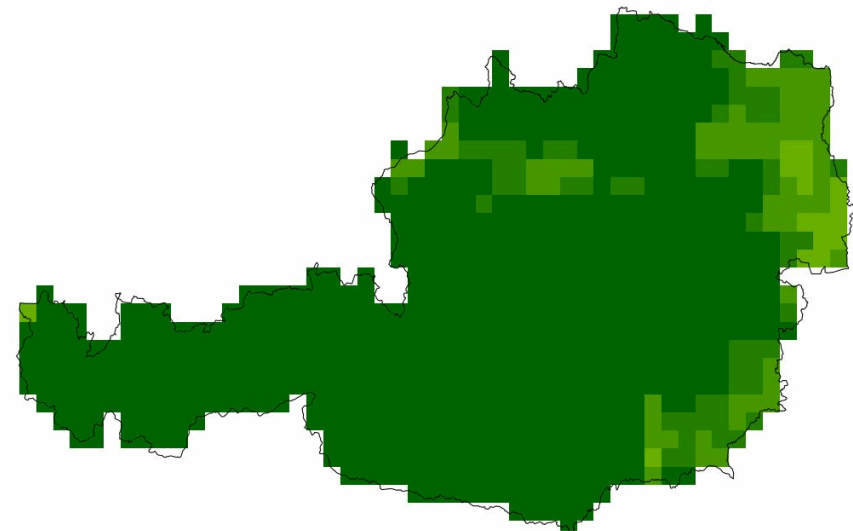


Tägliche R_0 -Karten für einen potentiellen BT-Ausbruch

2010-05-01



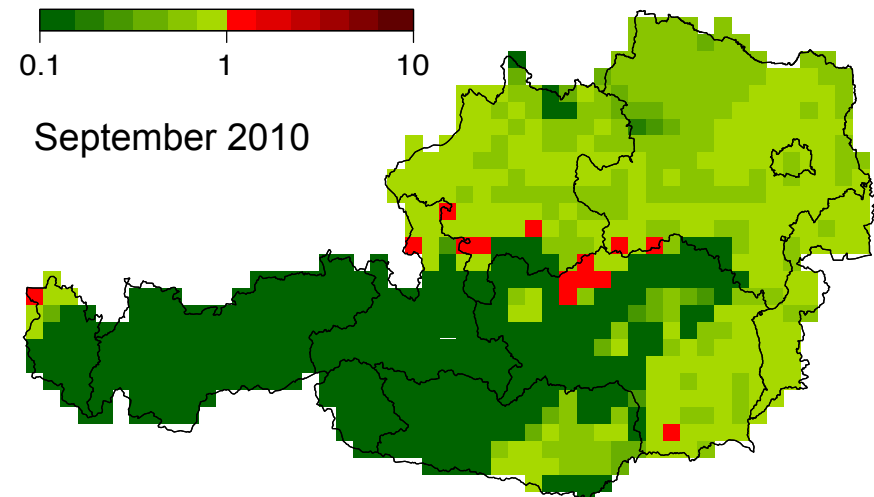
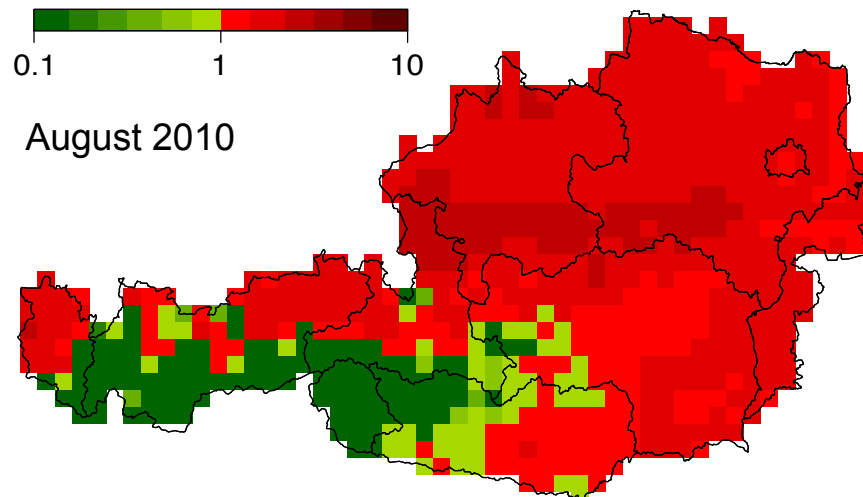
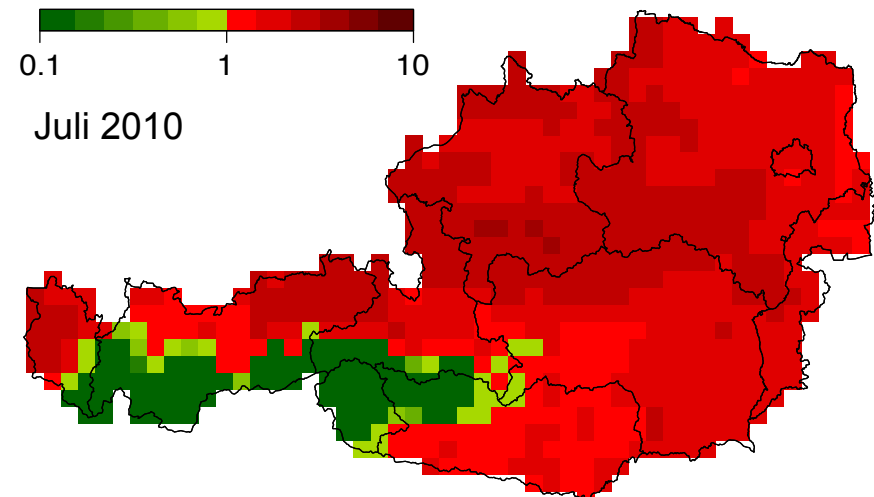
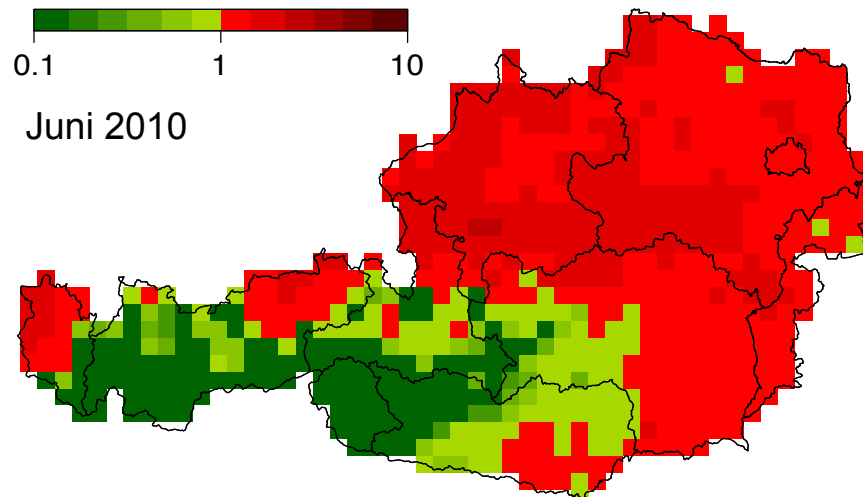
2011-05-01



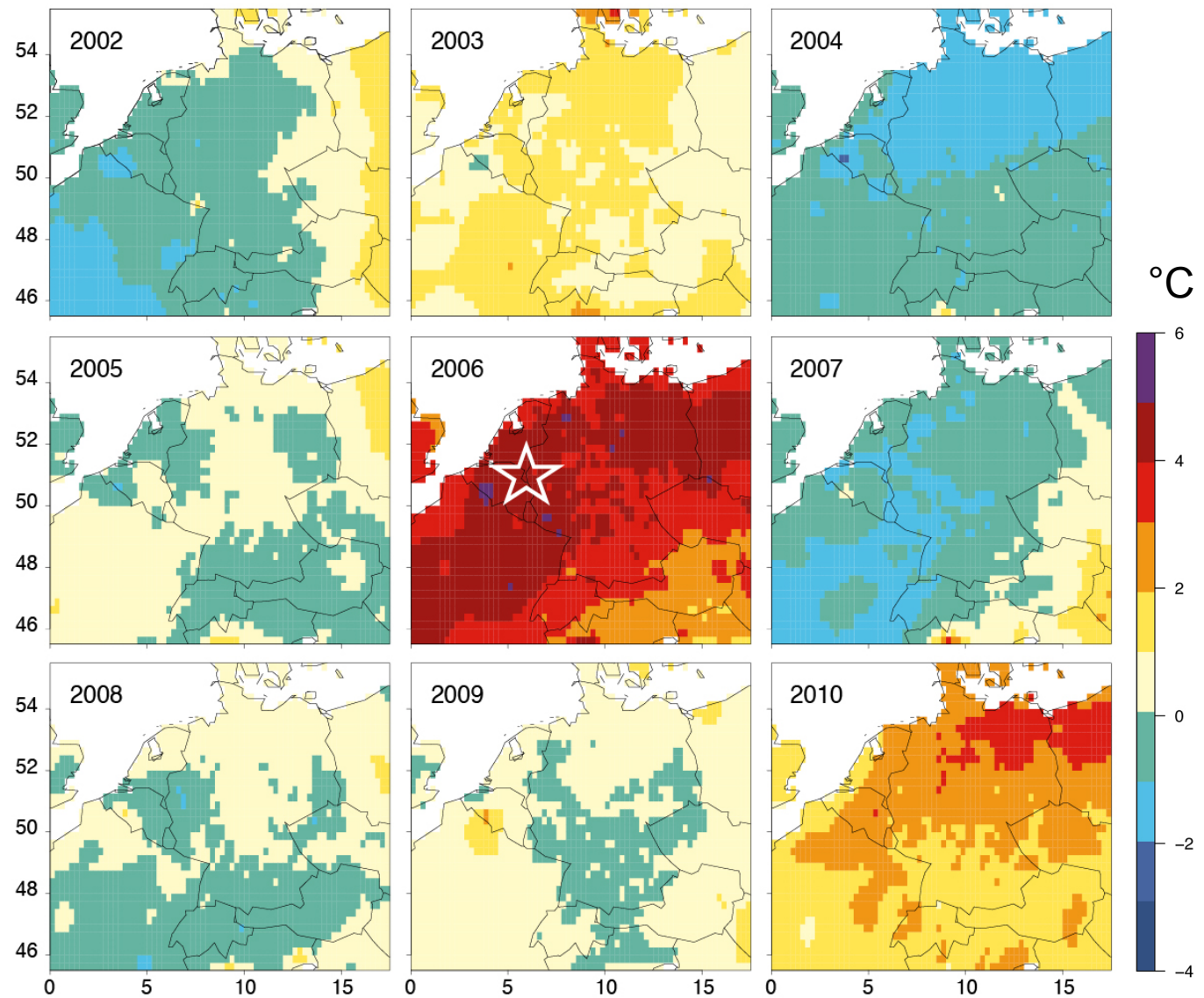
In roten Gebieten ($R_0 > 1$) besteht ein potentielles Risiko eines Ausbruchs, jedoch grüne Gebiete ($R_0 < 1$) sind mit keinem Risiko assoziiert.



Monatliche R_0 -Karten für einen potentiellen BT-Ausbruch



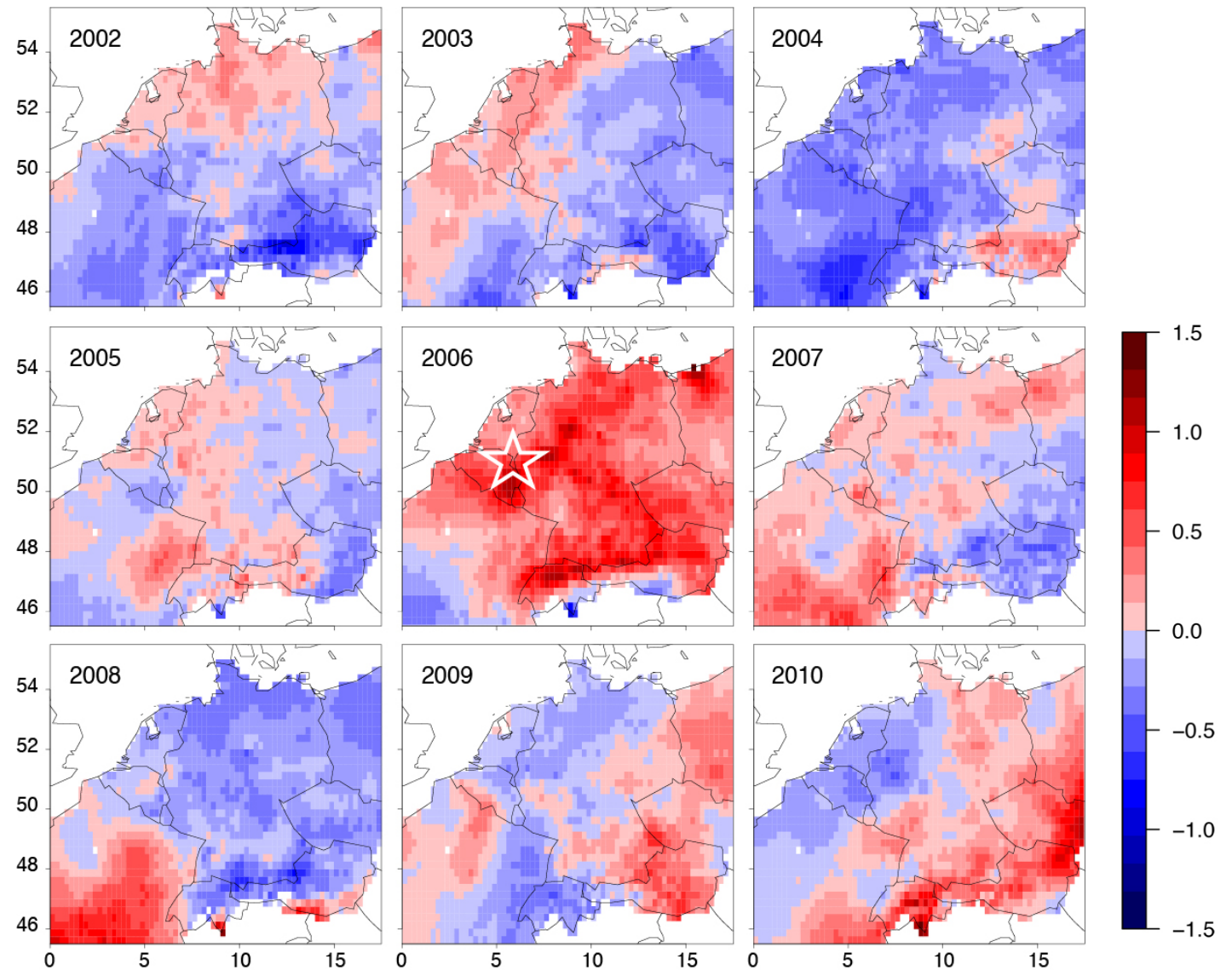
Anomalie der Juli-Temperatur



Klimanormalperiode:
1981–2010

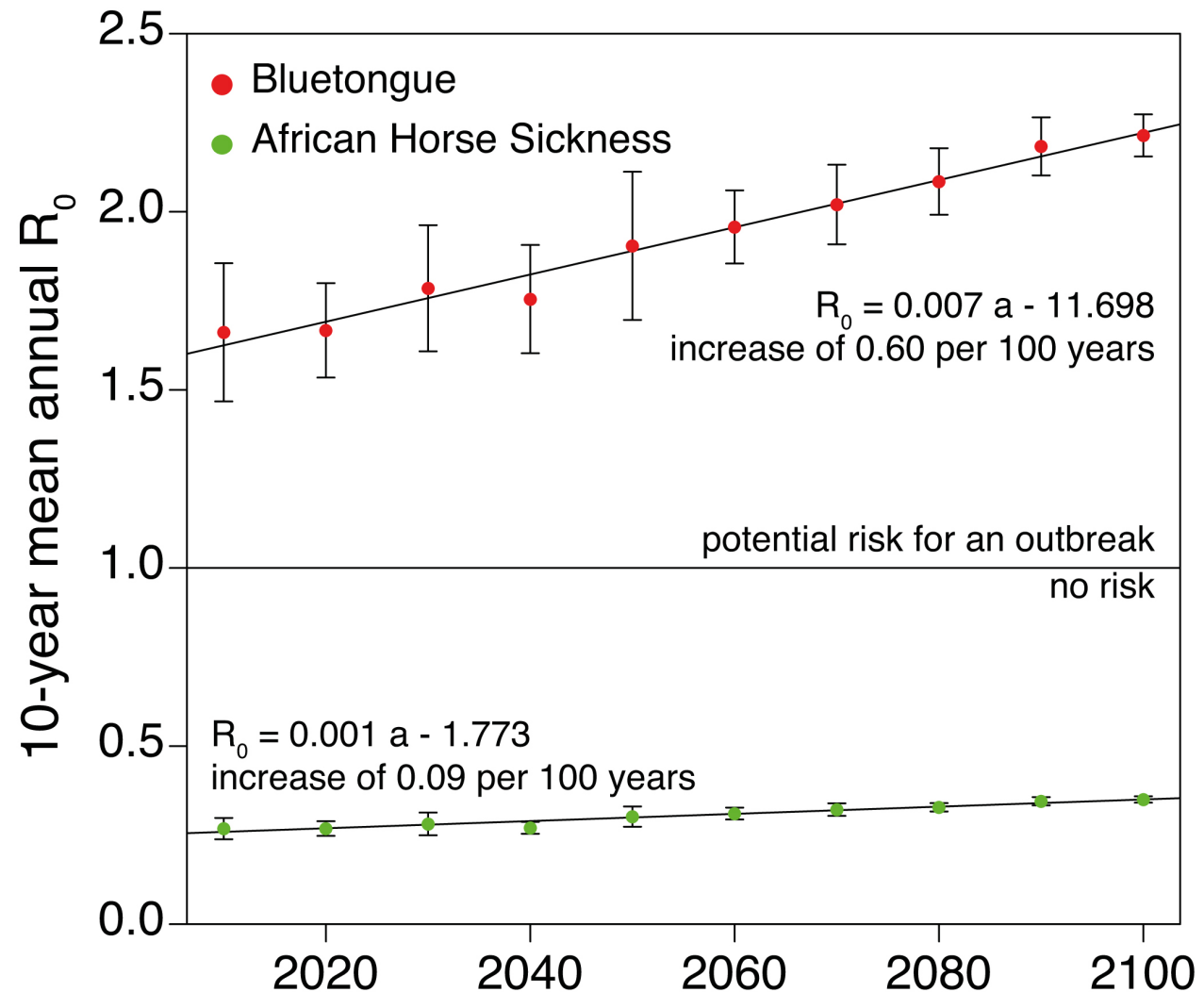


R_0 -Anomalie im Juli



Normalperiode: 2002–2010

Projektion der Basisreproduktionszahl R_0 bis 2100



Maximalwerte der Sommermonate (Juni, Juli, August) jedes Jahres wurden über 10 Jahre gemittelt.



Stechmücken als Vektoren für das Usutu Virus



Usutu Virus als Ursache des Amselsterbens

Virus Tropisches Flavivirus
in Österreich erstmals 2001 entdeckt

Wirte Singvögel
besonders *Turdus merula* (Amseln)

Vektoren Stechmücken
besonders *Culex* spp.



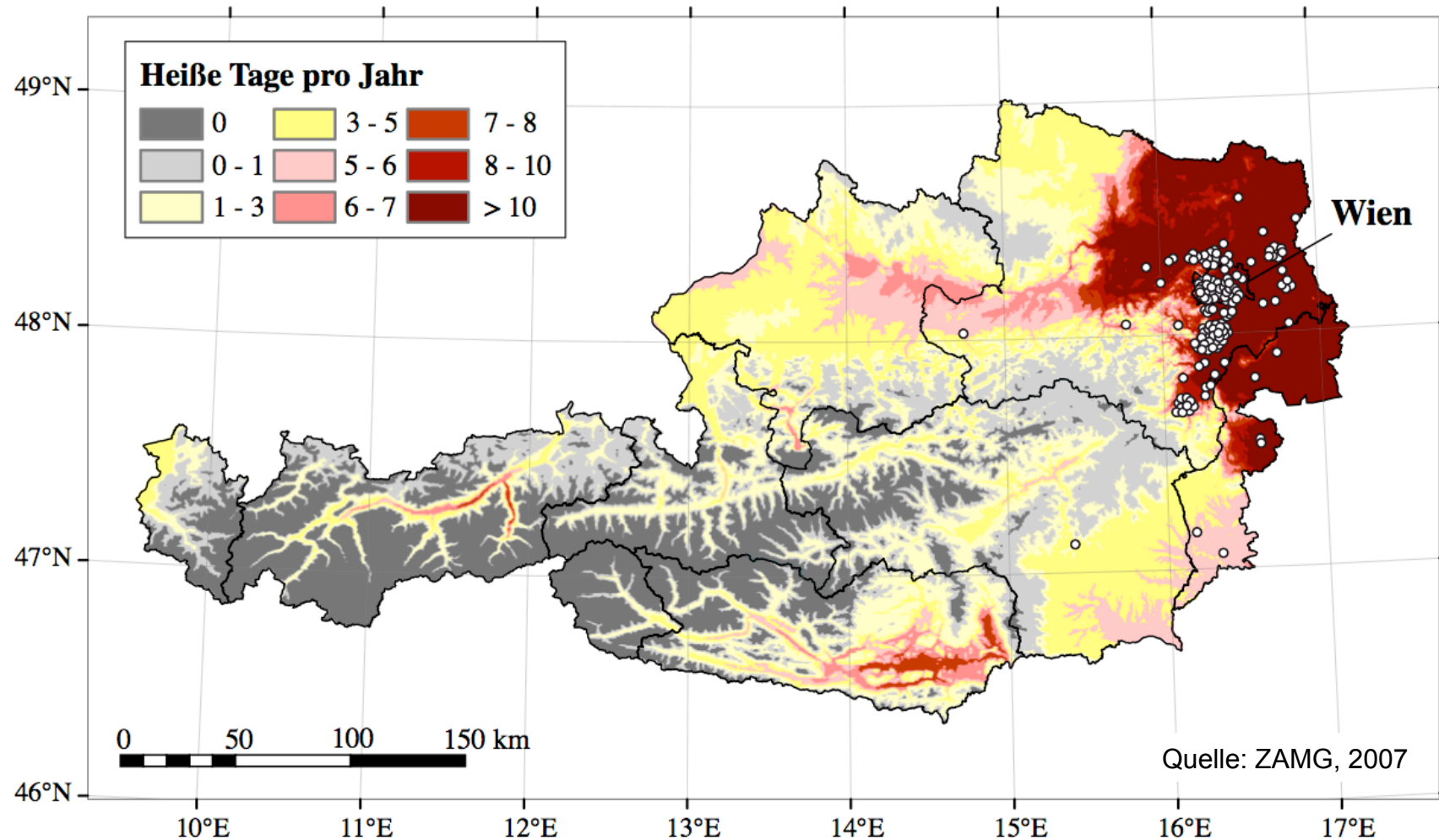
Ausbrüche

Österreich	2001–2006
Ungarn	2005–2006
Italien	2006–2011
Schweiz	2006–2009

Deutschland	seit 2011
Tschechien	2011–2012
Belgien	2012
Frankreich	2015–2016
Holland	2016



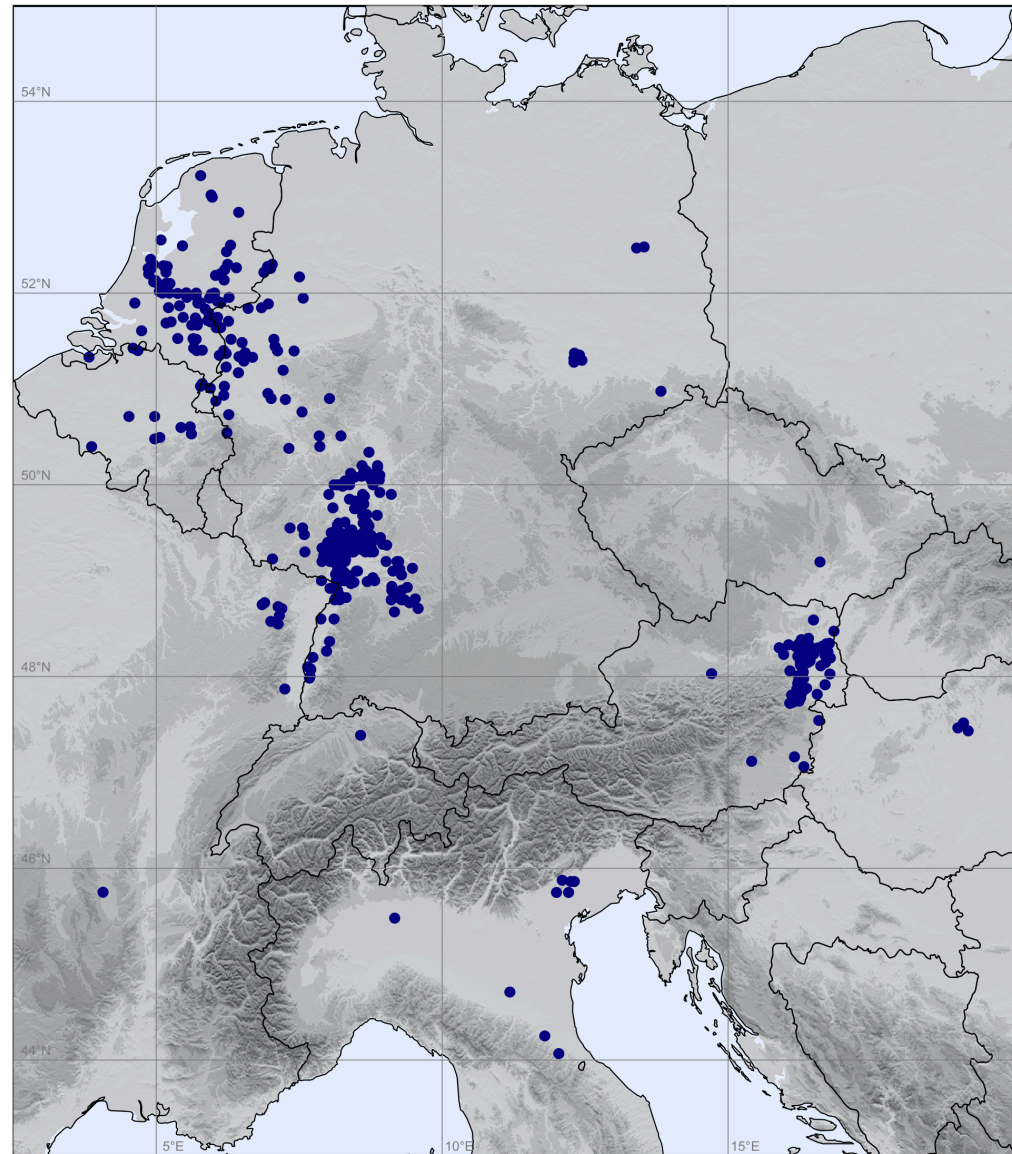
Usutu Virus-Epidemie in Ostösterreich 2001–2005



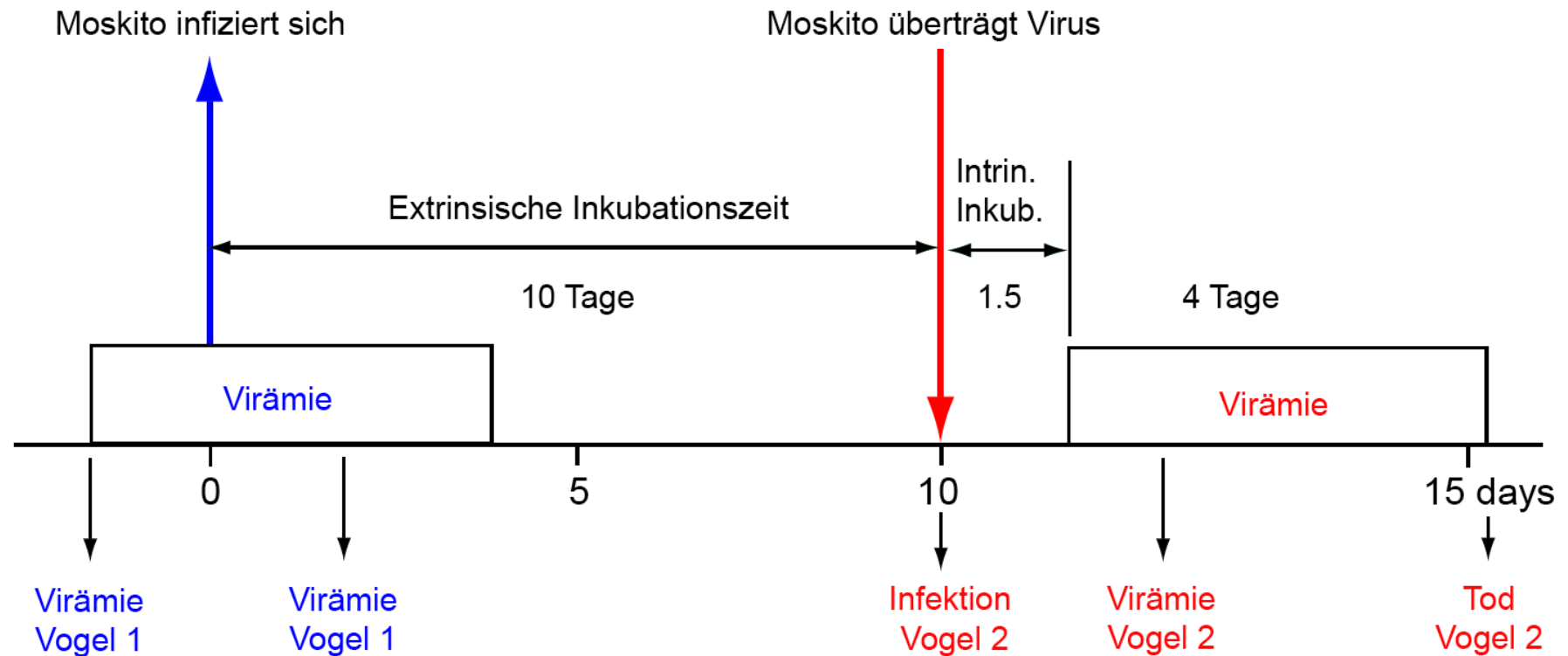
Usutu Virus Ausbrüche



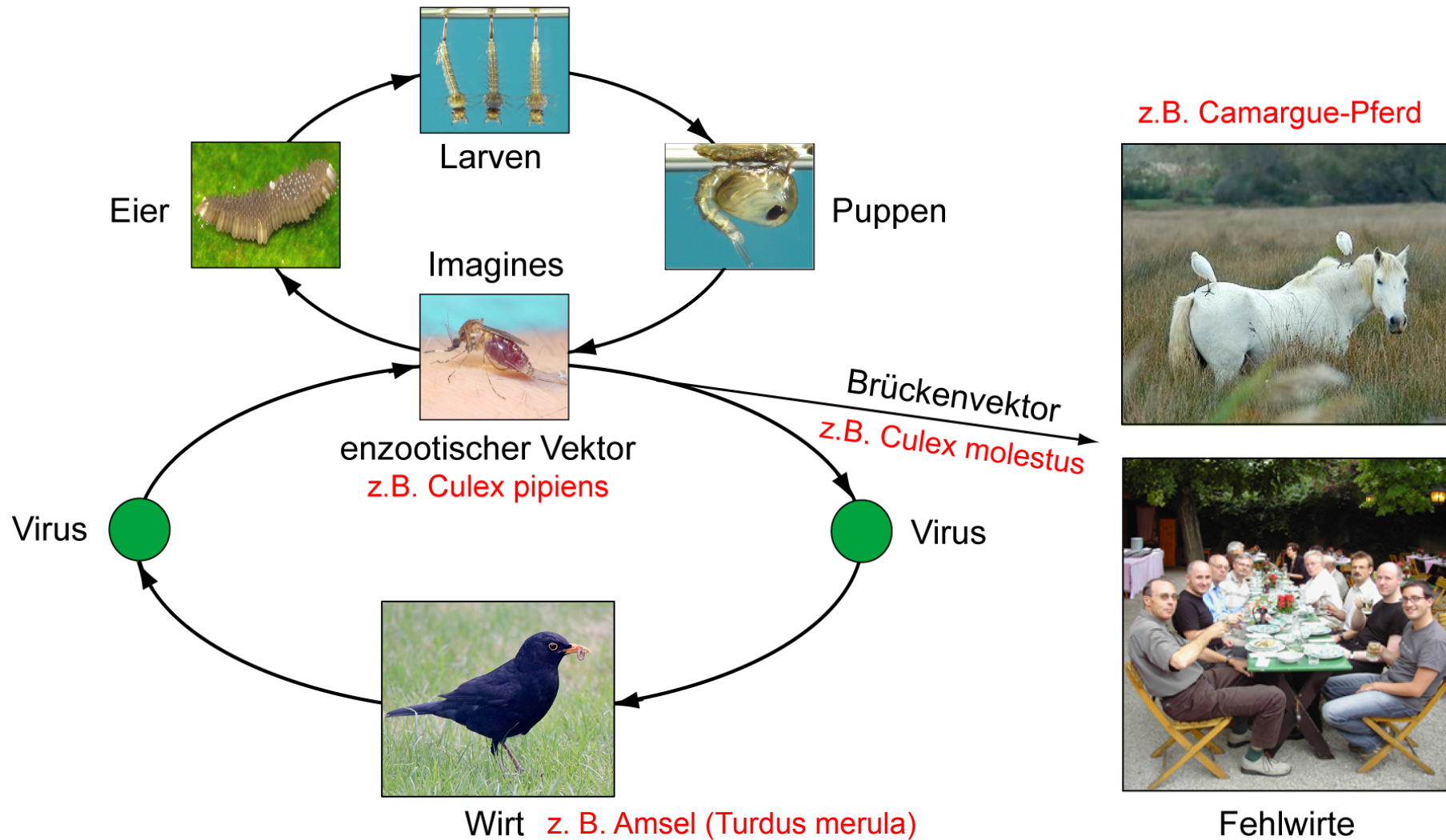
- Periode: 2001–2016
- 442 georeferenzierte Nachweise
- Mitteleuropa Europa
ca. 2.150.000 km²



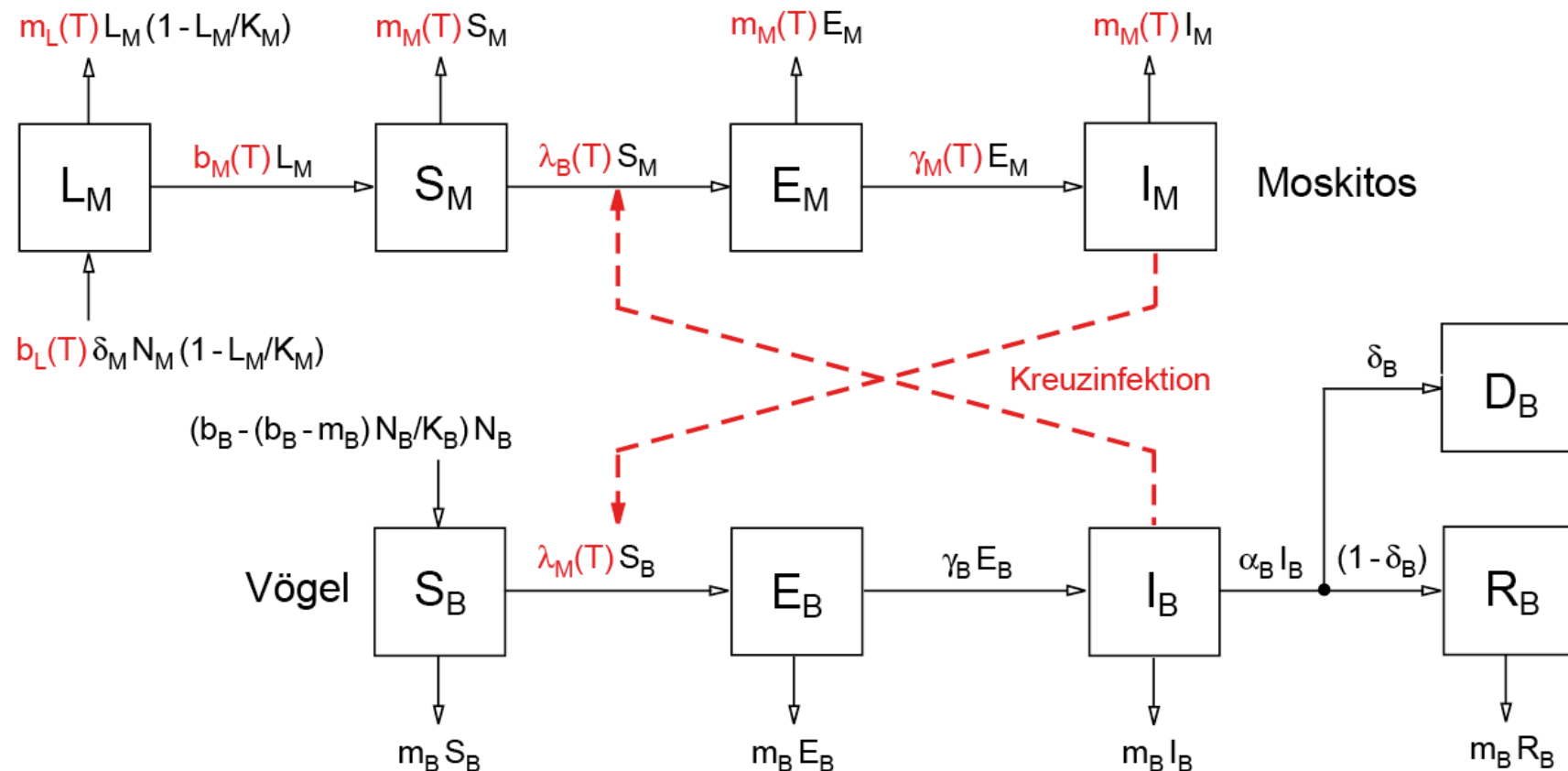
Schema der Usutu Virus-Übertragung bei 25 °C



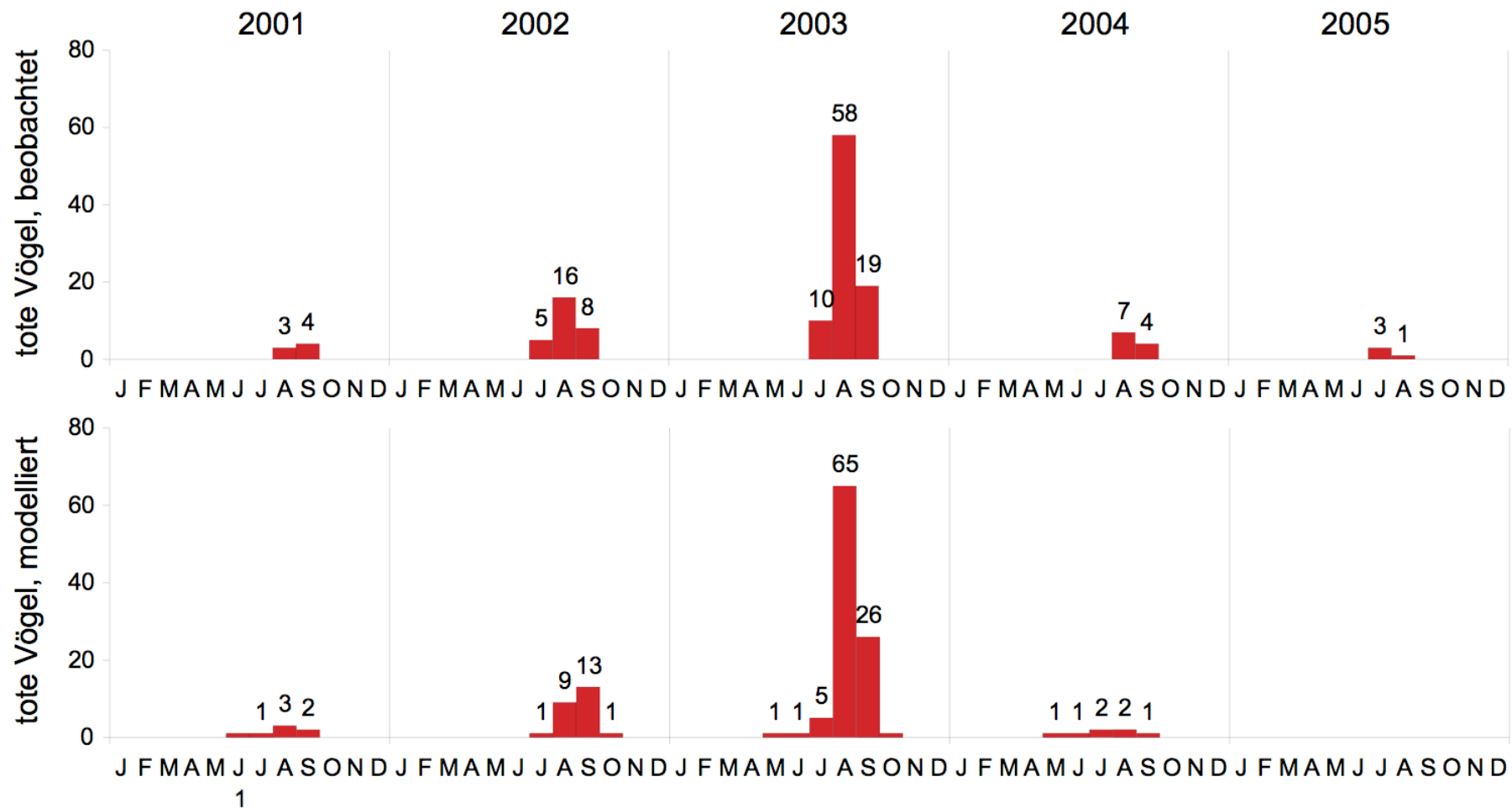
Usutu Virus – natürlicher Übertragungszyklus



Schematische Darstellung des Epidemiemodells



Verifikation des Epidemiemodells mit Beobachtungsdaten



Ensemble von Klimaprognosen für 2001–2100

Tyndall Centre for Climate Change, TYN SC 2.0

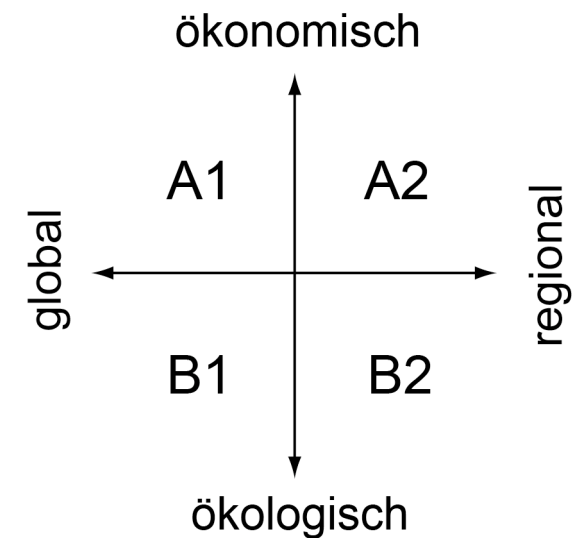
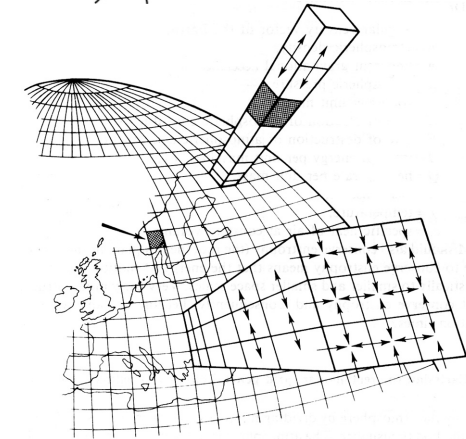
Globale Klimamodelle:

- ECHam4 - European Centre Model Hamburg, DE
- HadCM3 - Hadley Centre Coupled Model, UK
- CSIRO2 - Australian's Common Wealth Scientific & Industrial Res. Organization, AUS
- CGCM2 - Coupled Global Climate Centre Model, CAN
- PCM - Parallel Climate Model, USA

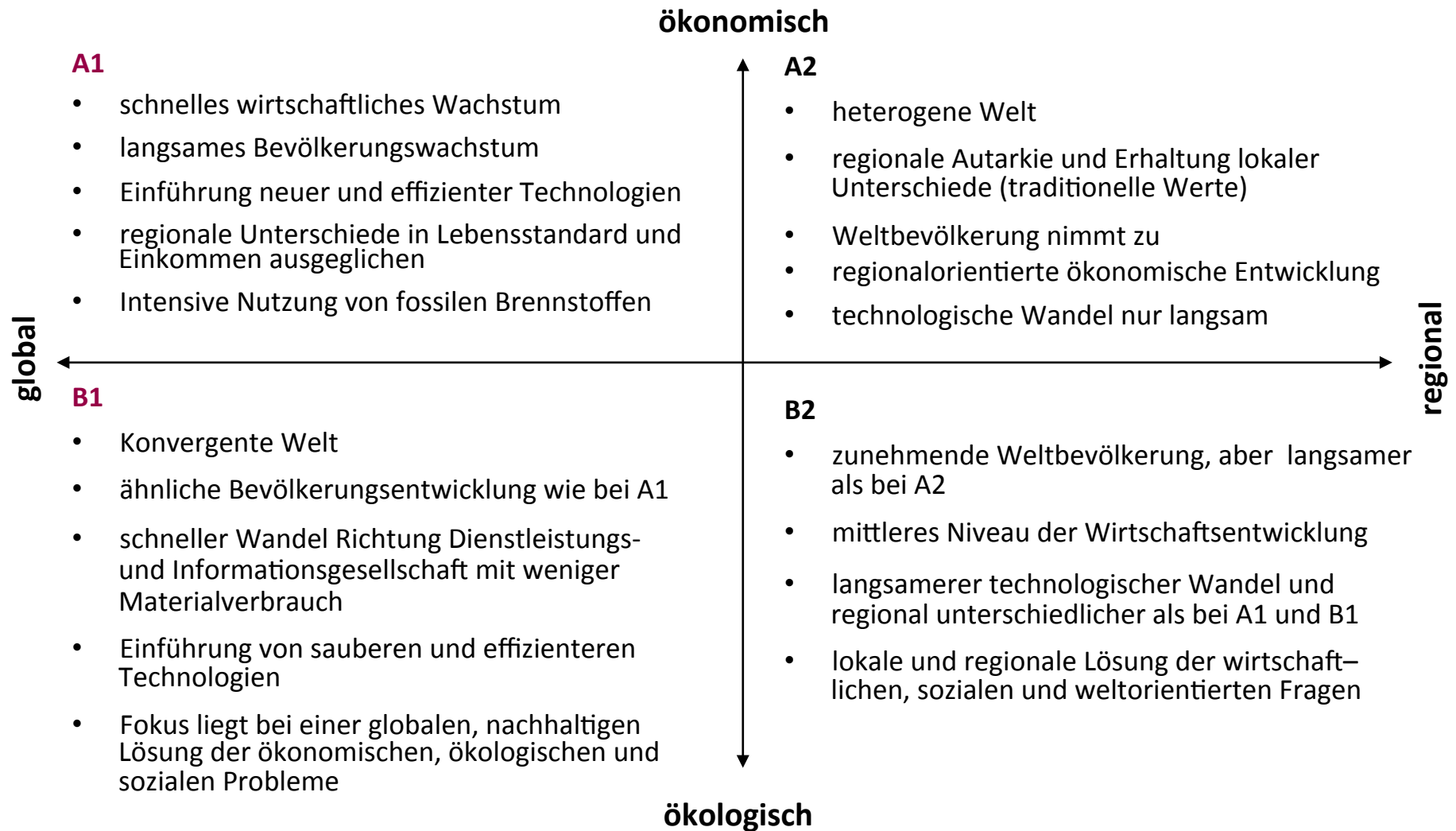
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Emissionsszenarien

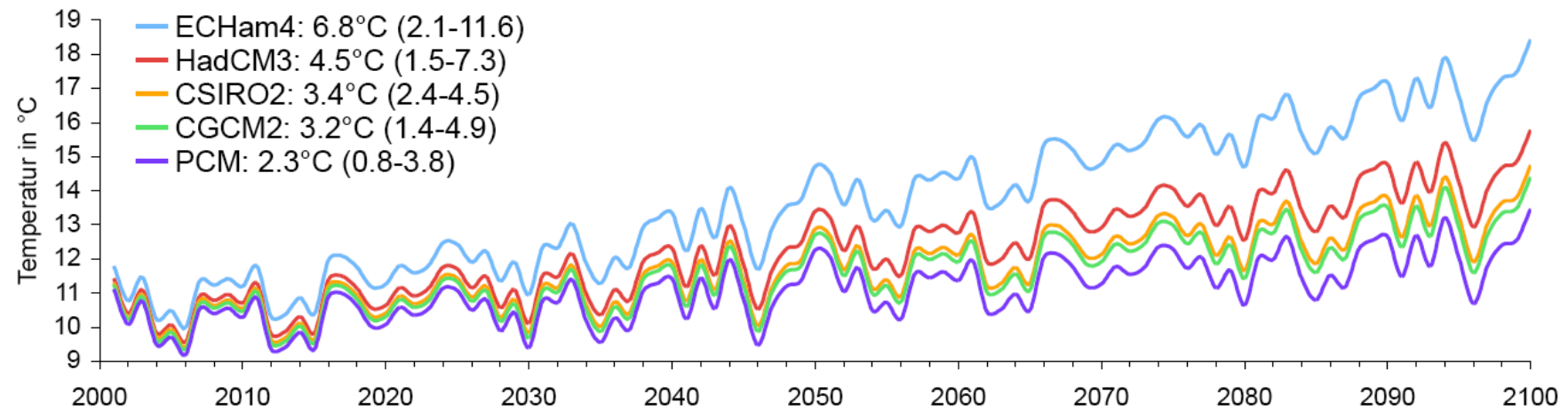
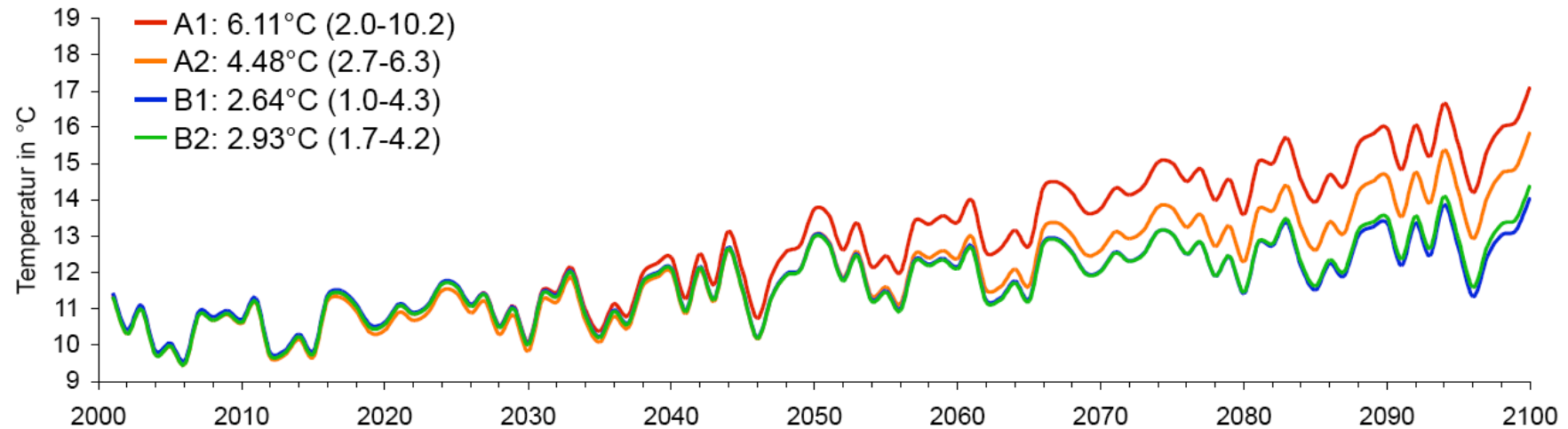
- A1, A2, B2, B1



Klimaprognosen basierend auf SRES-Szenarien



Ensemble der Temperaturprognose für Wien



Basisreproduktionszahl R_0 für das Usutu Virus

$$R_0 = \sqrt{\left[\frac{\delta_M \gamma_M(T) \beta_M(T)}{(\gamma_M(T) + m_M(T)) m_M(T)} \frac{N_B}{K_B} \right] \left[\frac{\delta_M \gamma_B \beta_B(T)}{(\gamma_B + m_B)(\alpha_B + m_B)} \frac{N_M}{K_B} \right]}$$

Wirte (Singvögel)

$\beta_B(T)$... Übertragungswahrs. $B \mapsto M$

m_B ... Mortalitätsrate

γ_B ... Rate infiziert-infektiös

α_B ... Gensesungsrate Wirte

N_B ... Populationsgröße

K_B ... Umwelttragekapazität

Vektoren (Stechmücken)

$\beta_M(T)$... Übertragungswahrs. $M \mapsto B$

$m_M(T)$... Mortalitätsrate

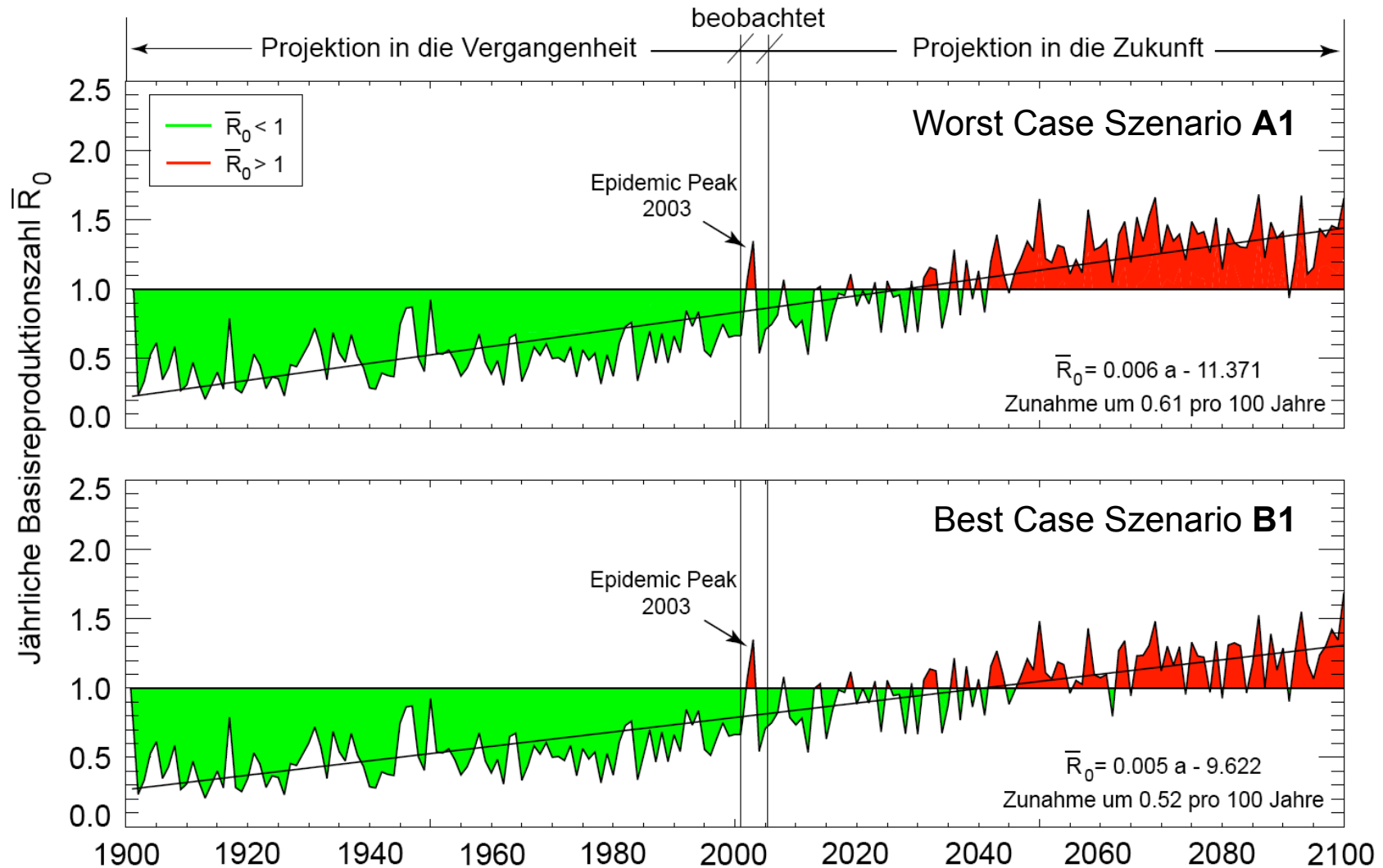
$\gamma_M(T)$... Virusreproduktionsrate

δ_M ... Anteil Vektoren nicht in Diapause

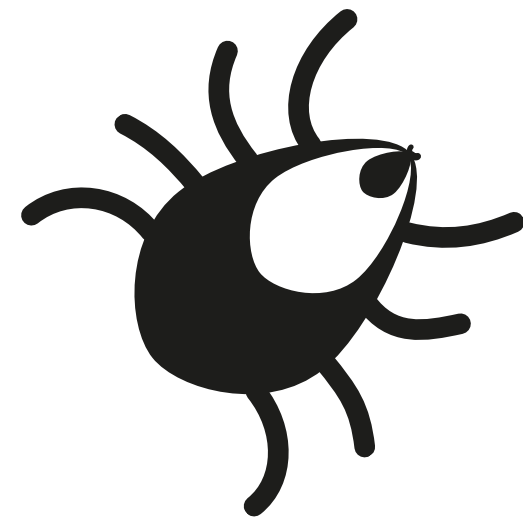
$N_M(T)$... Populationsgröße



Basisreproduktionszahl R_0 des Usutu Virus im Großraum Wien



Zecken als Vektoren für das FSME-Virus und Borrelien



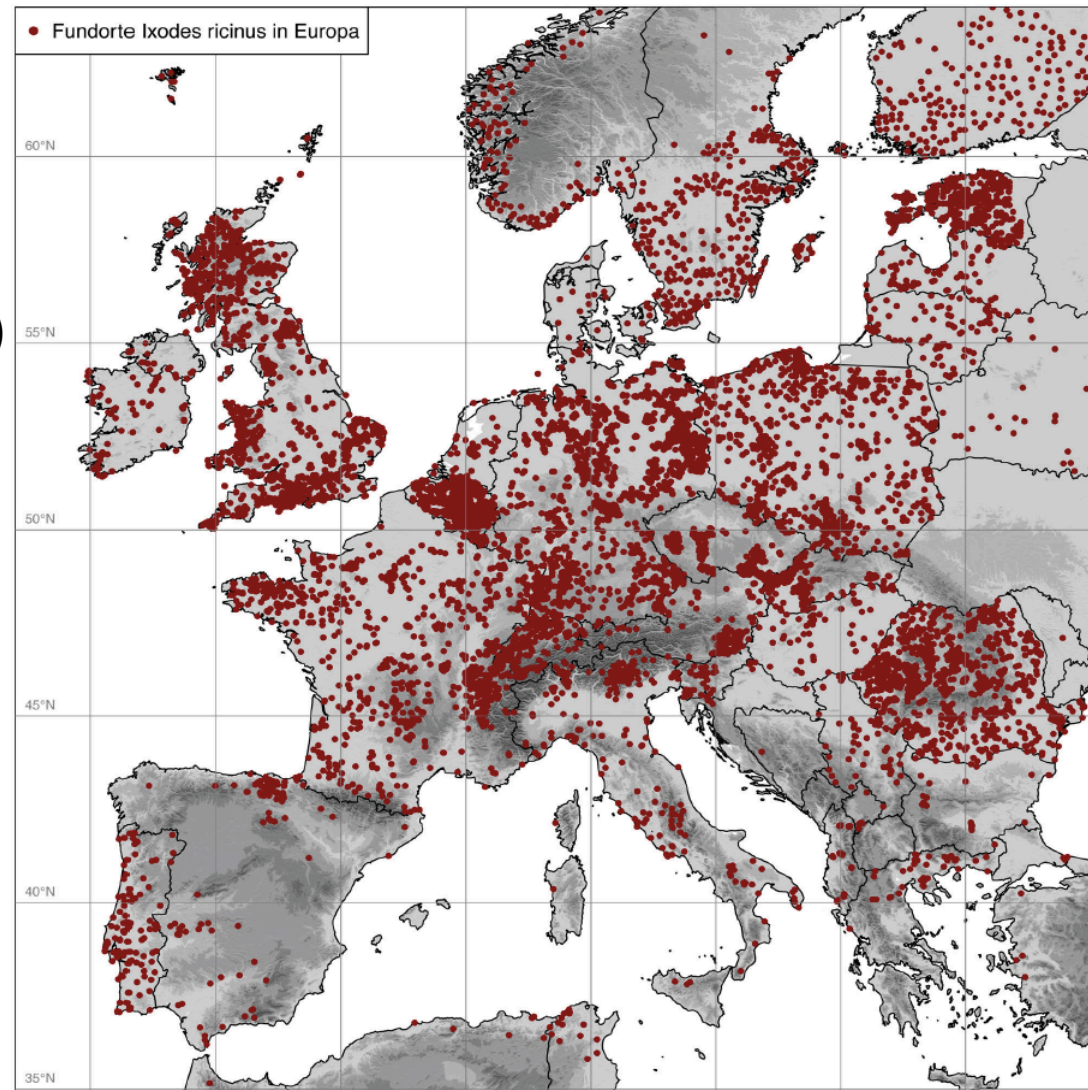
Der Vektor *Ixodes ricinus*

Hauptvektor für

- FSME-Virus
- Třebeč-Virus
- *Borrelia burgdorferi* s.l. (Borreliose)
- *Babesia divergens* s.s. (Babesiose)

Nachweis (ohne Vektorfunktion)

- *Rickettsia helvetica*, *R. solvaca*, ...
- *Anaplasma phagocytophilum*
- *Babesia venatorum*, *B. microti*
- *Coxiella burnetti* (Q-Fieber)
- *Francisella tularensis* spp.
- *Cand. Neoehrlichia mikurensis*
- Eyach-Virus

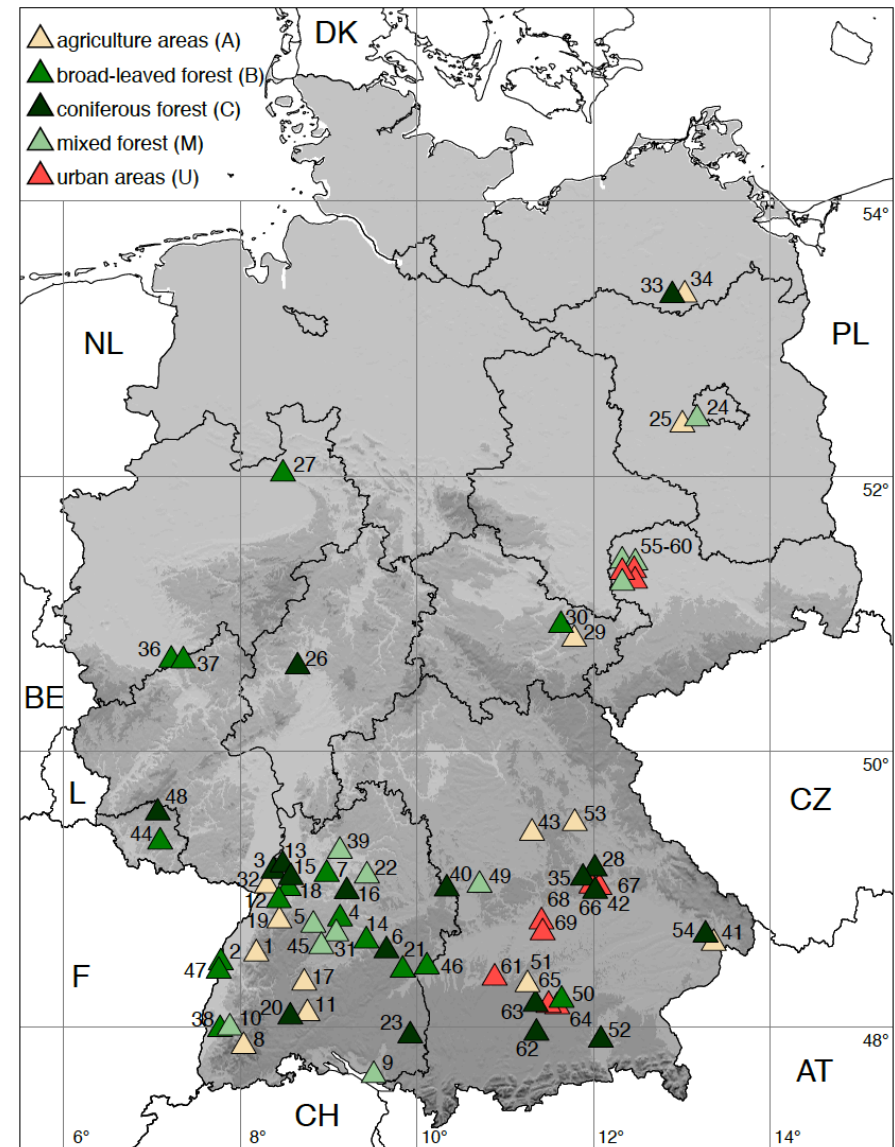
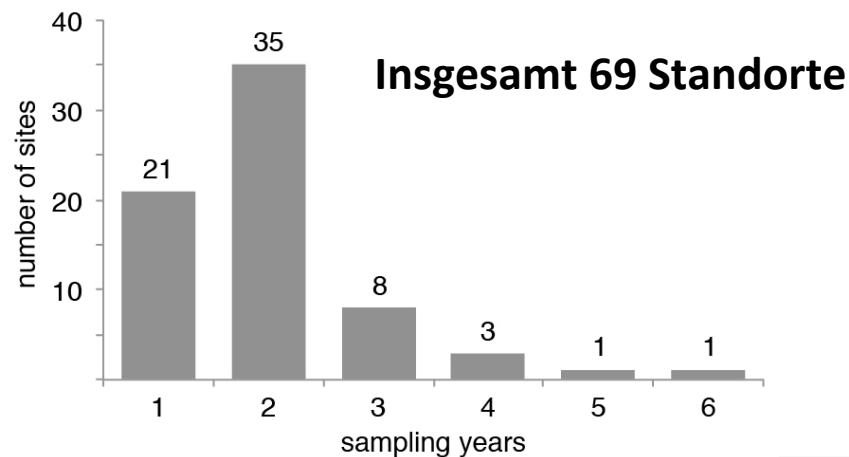


Zeckenmonitoring in Deutschland

Sammeln von wirtssuchenden Nymphen

- durch Flaggen einer Fläche von min. 100 m²
- monatlich von März bis Oktober
- Zeitraum: 2006–2014

Daten von von T. Petney, C. Silaghi, O. Kahl, G. Dobler, K. Pfister, M. Pfeffer und G. Schaub



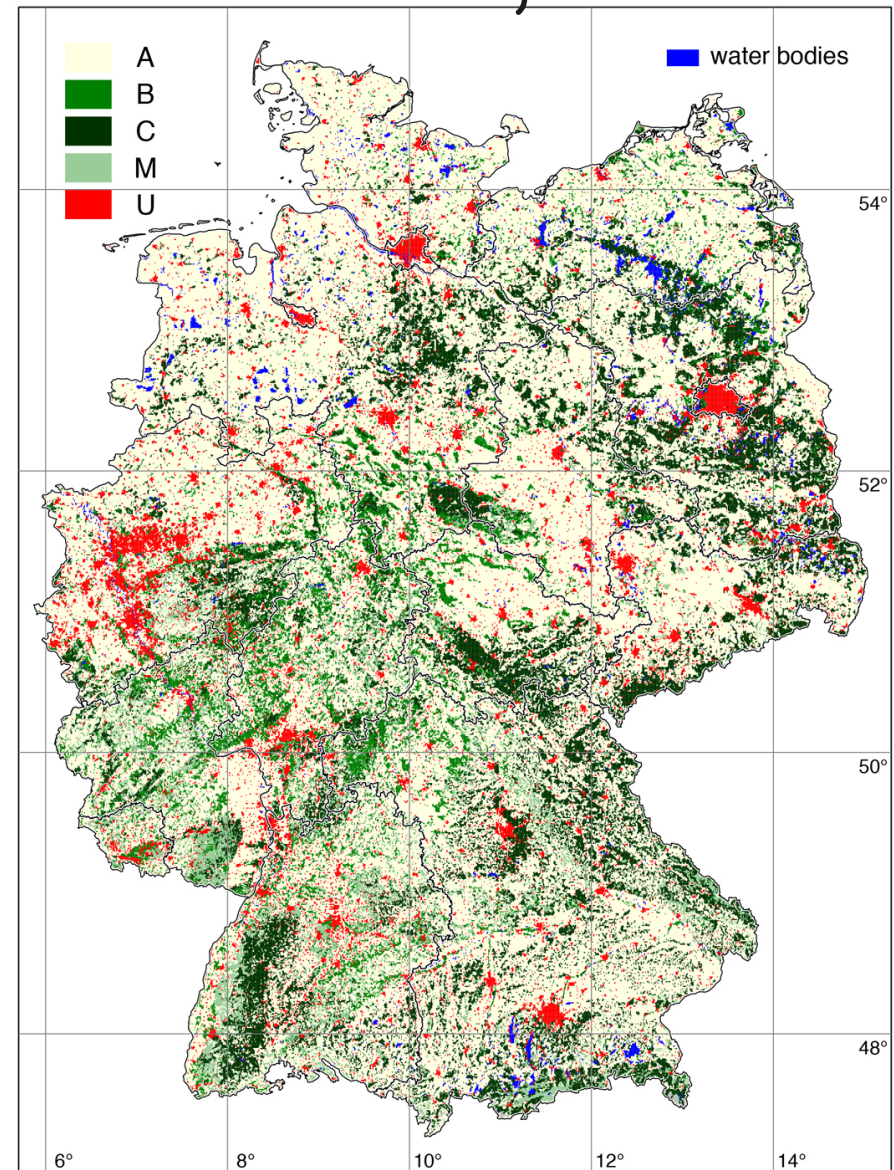
CORINE Landklassifikation

(Coordination of Information on the Environment)

- Europäische Umweltagentur (2013)
- Räumliche Auflösung 3 arc sec (< 1 km)
- 5 Hauptklassen (Level I)
- insg. 44 Untergruppen (Level III)

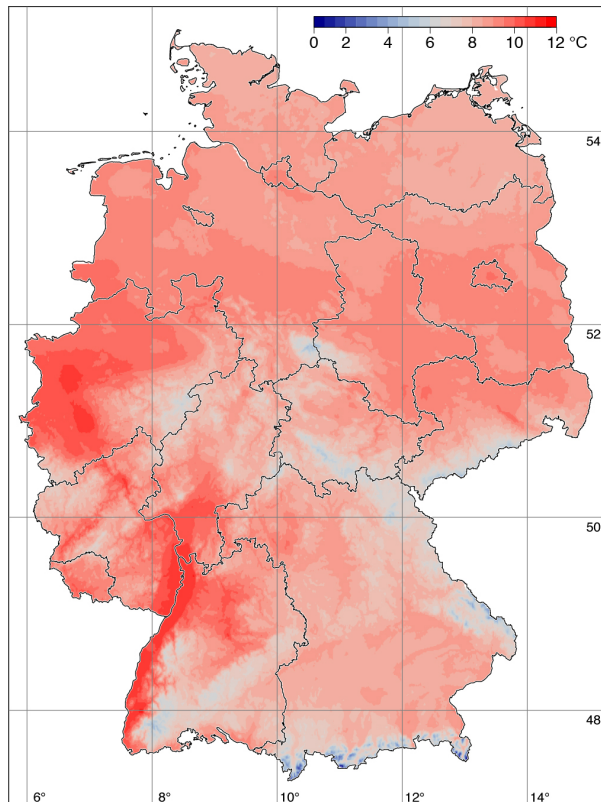
Folgende Klassen wurden verwendet:

- A** Agrarfläche (18 Standorte)
- B** Laubwald (17 Standorte)
- C** Nadelwald (13 Standorte)
- M** Mischwald (11 Standorte)
- U** Urbane Fläche (10 Standorte)

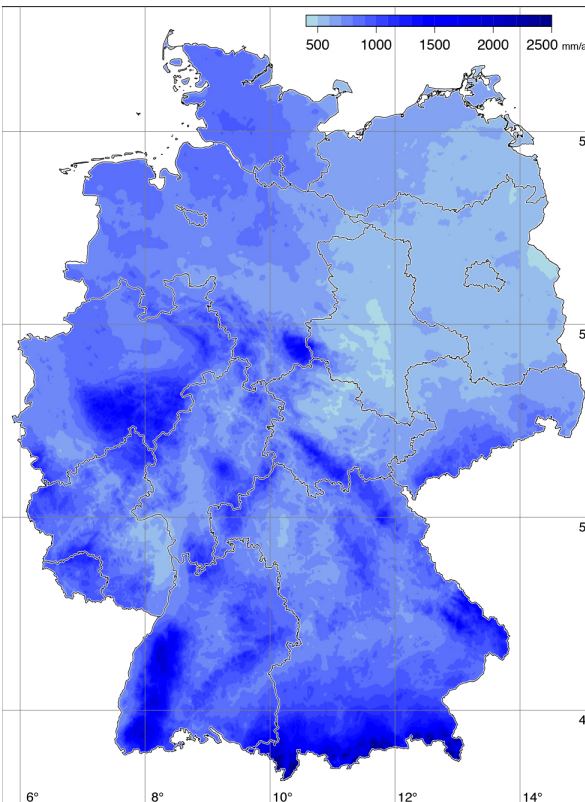


20 bioklimatische Variablen als erklärende Variablen (nach Busby 1986)

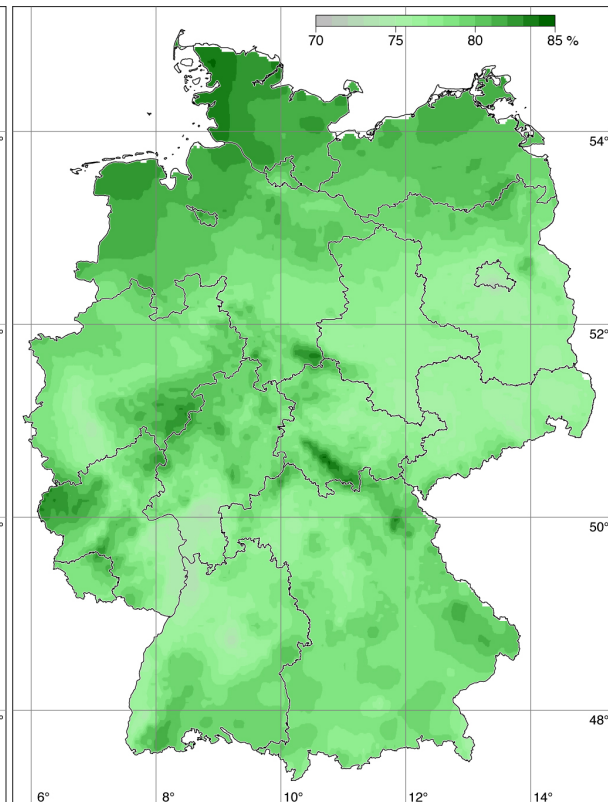
mittlere Jahrestemperatur
(BIO01)



totaler Jahresniederschlag
(BIO12)



mittlere jährliche rel. Feuchte
(BIO20)



HYRAS Datensatz des DWDs (Frick et al. 2014, Rauthe et al. 2013)

Räumliche Auflösung 3 arc sec (< 1 km)

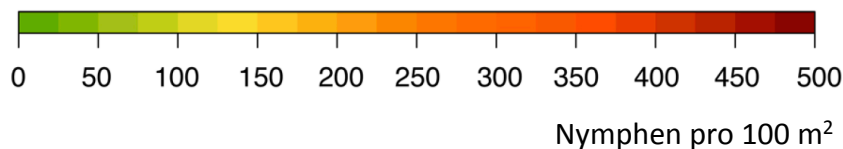


Klimanormalperiode 1976–2005

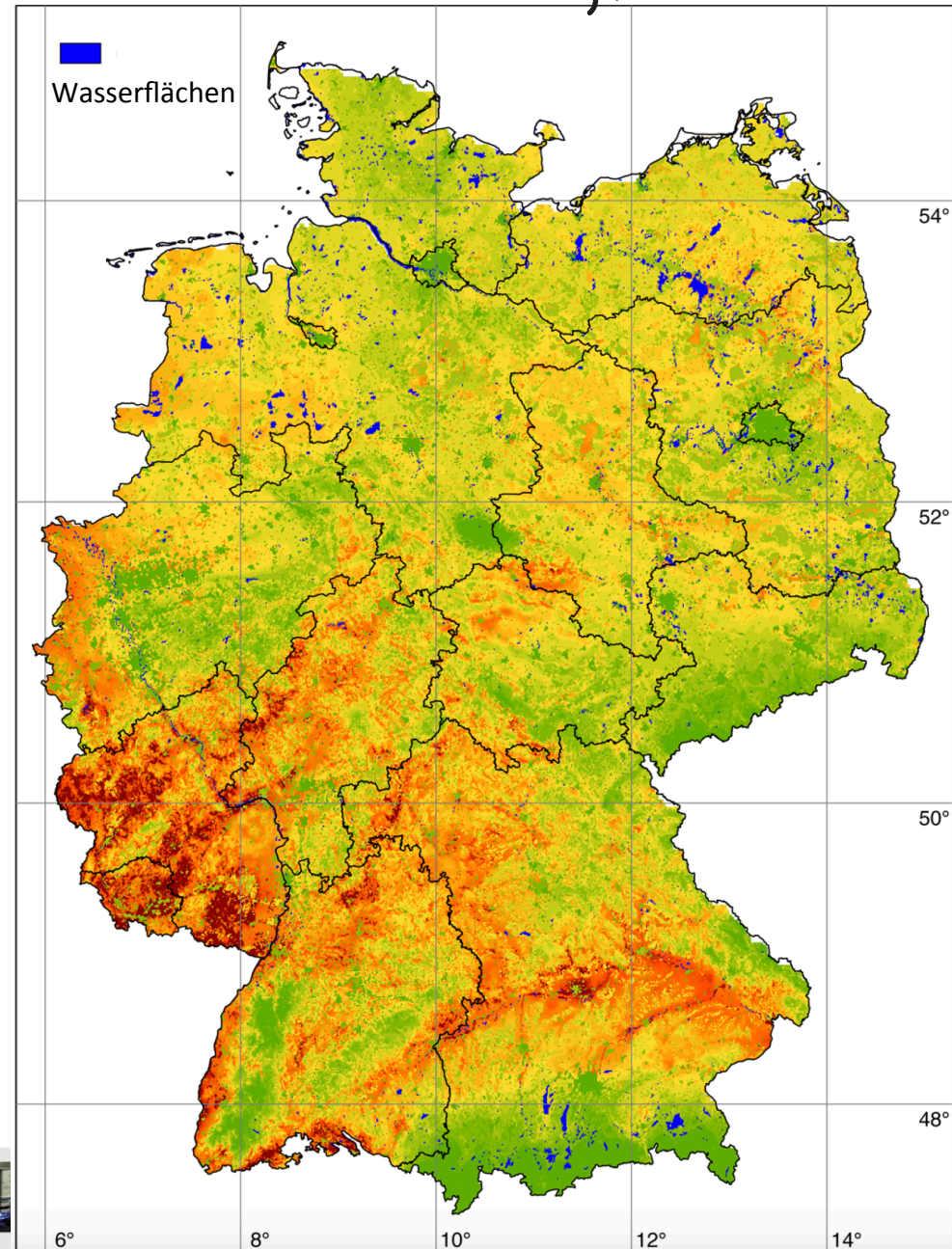
Ixodes ricinus-Dichte

Abgeschätzt mit den Umweltvariablen:

- mittlere jährliche Temperatur
- mittlere Temperatur des trockensten Quartals
- Jahresniederschlagssumme
- mittlere jährliche relative Feuchte
- Landklassifikation (A, B, C, M, U)
- Geographische Breite



Die Dichte ist als die jährliche Anzahl der *I. ricinus*-Nymphen, die monatlich auf einer Fläche von 100 m² geflaggt werden, zu interpretieren.

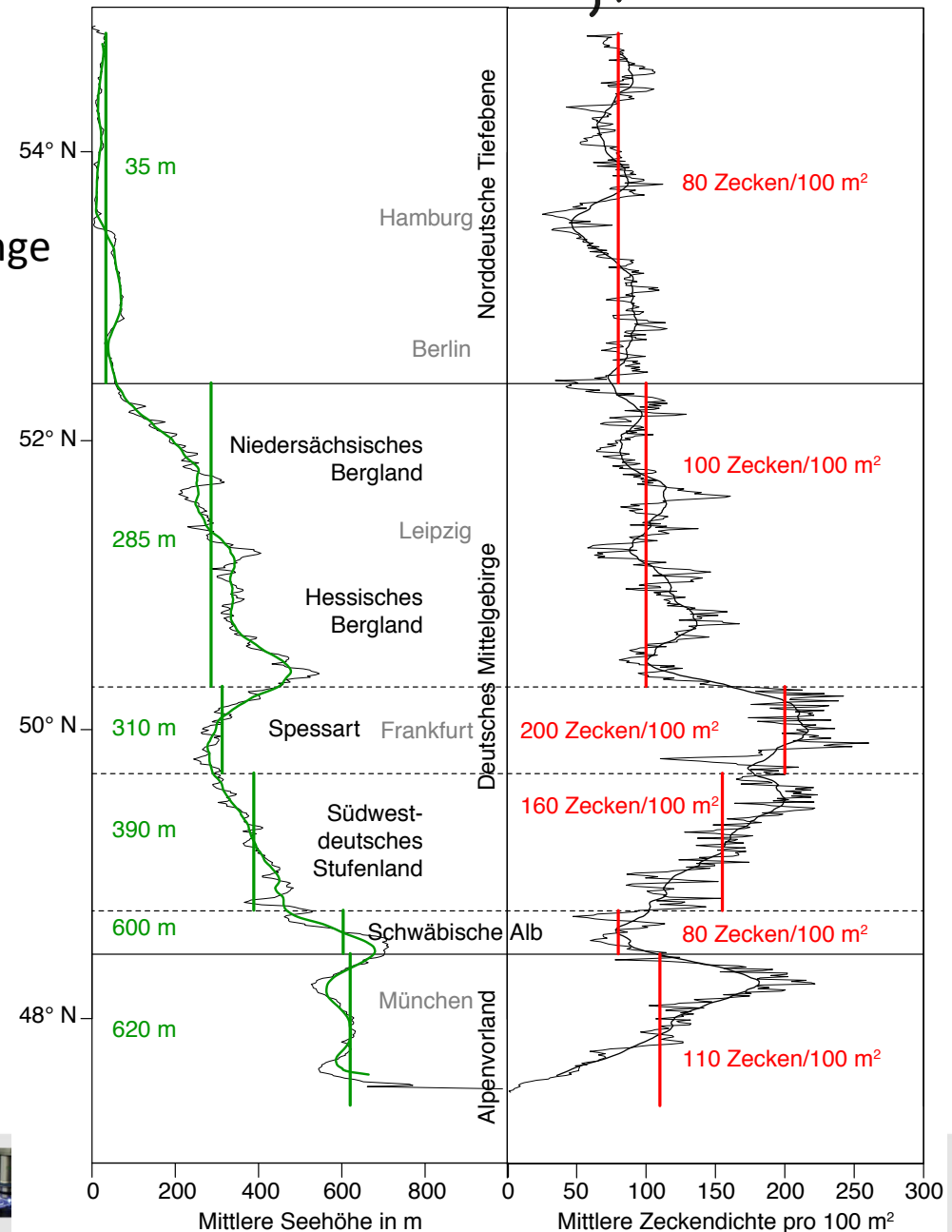


Nord-Süd Querschnitt

Mittlere Dichte von *I. ricinus*-Nymphen
zwischen 9.5–10.0° O geographischer Länge

3 Hauptnaturregionen:

- Norddeutsche Tiefebene
70 Zecken pro 100 m²
- Deutsches Mittelgebirge
60–180 Zecken pro 100 m²
- Alpenvorland
90 Zecken pro 100 m²



Das alljährliche Rauschen im Blätterwald ...

Graubünden droht kein besonders schlimmes Zeckenjahr

2019 wird ein Zeckensommer: Fast ganz Bayern ist Risikogebiet

FSME: Gefahr durch Zecken 2016 besonders hoch

Gesundheit «Es wird ein ganz normales Zeckenjahr»

Wegen des relativ milden Winter und der hohen Temperaturen im März hatten die Zecken viel Zeit, sich zu vermehren.

2009 ist ein "Zeckenjahr", davon sind 90 Prozent der heimischen Bevölkerung überzeugt.

"Ich erwarte für 2009 ein ganz normales Zeckenjahr"

Die Zeckensaison beginnt

Wird auch 2017 zu einem Zeckenjahr?

Michael Tieck / Fotolia.com

So wird die Insektensaison 2016

Der letzte Winter war im Schnitt sehr mild, darum erwarten Experten diesen Sommer umso mehr Insekten. Bienen, Wespen, Gelsen, Zecken - vor allem letztere sollen heuer wirklich lästig werden.

Österreich steht extremes Zeckenjahr bevor

Wie wird das Zeckenjahr 2018?

Zecken 2019: Gibt es ein Zecken-Rekordjahr?

Zecken-Alarm in Hessen

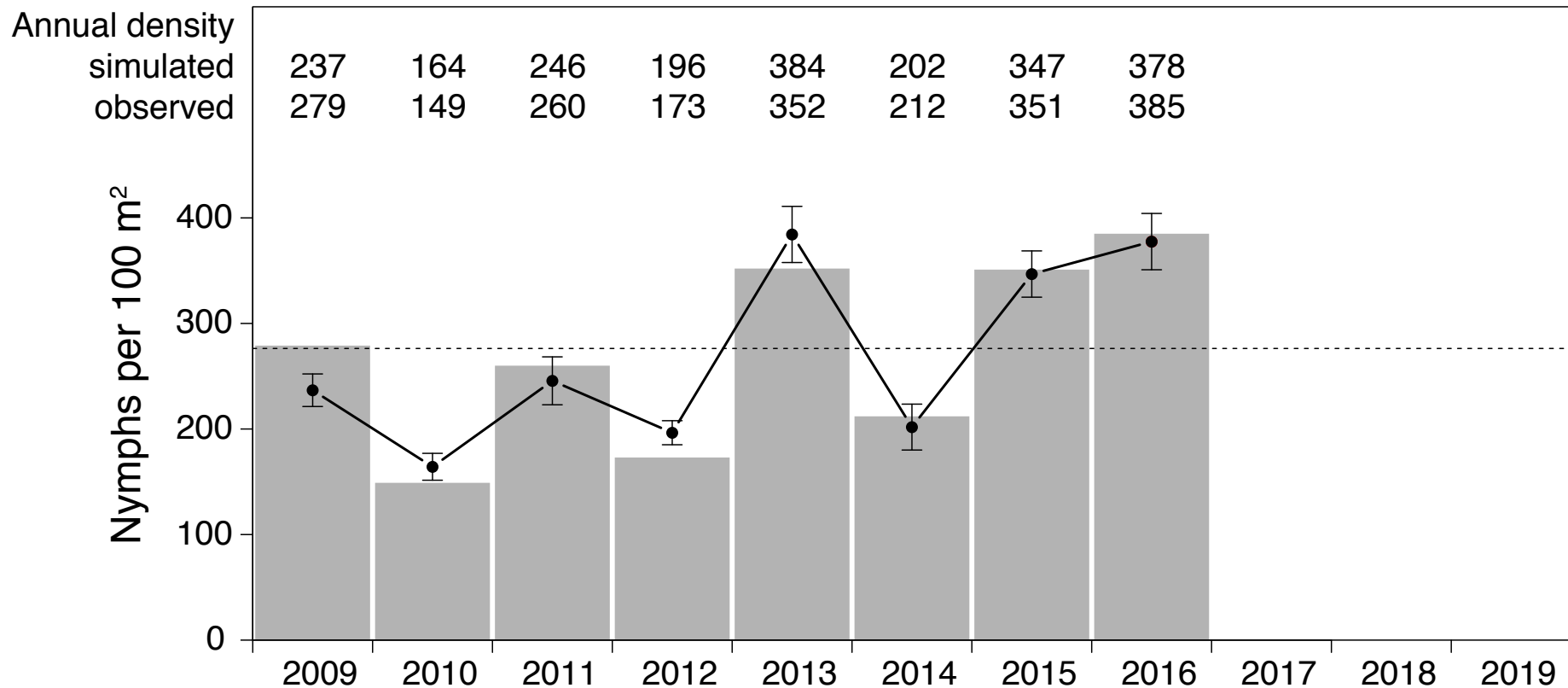


Monatliches Monitoring in Haselmühl seit 2009



Das Monitoring wird von L. Chitimia-Dobler und G. Dobler durchgeführt.

Jährliche Zeckendichte: 2009–2016

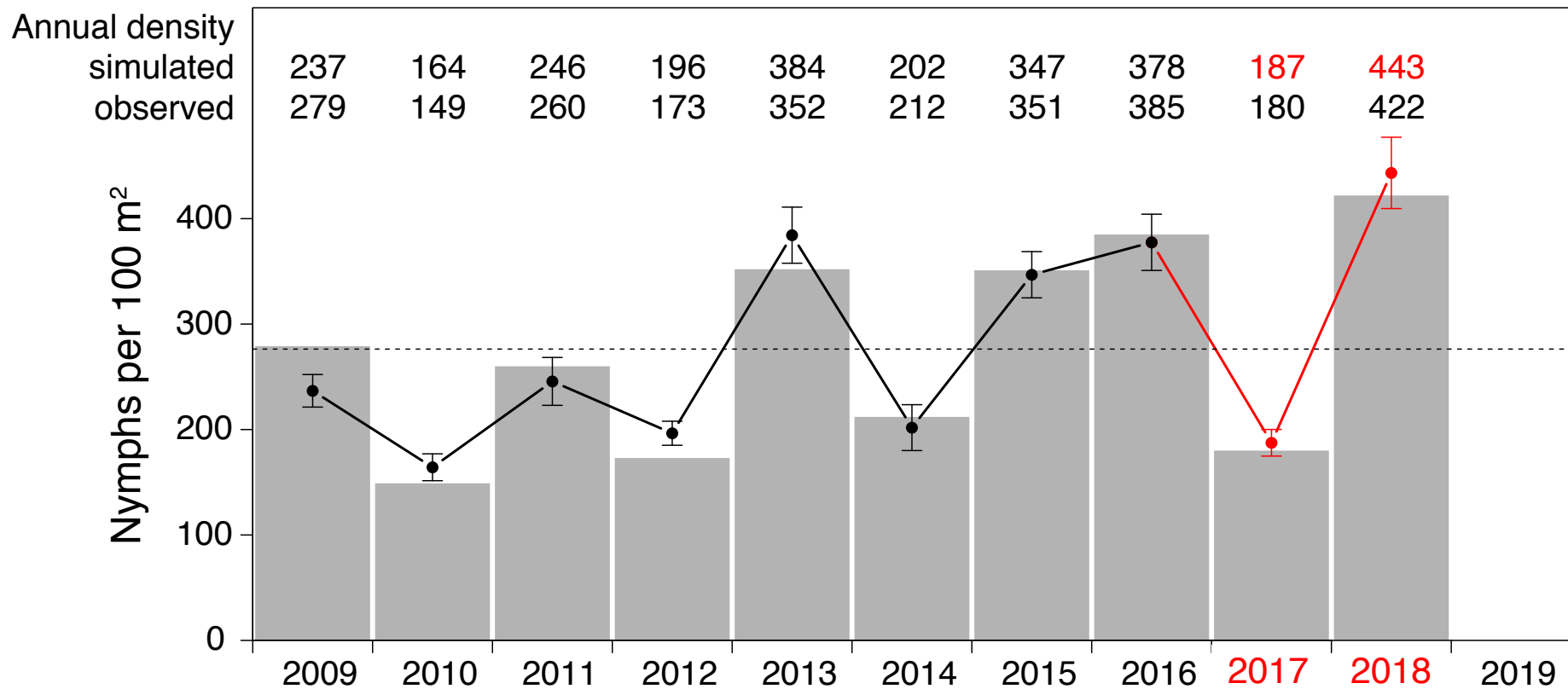


- mittlerer Wintertemperatur (Dez.–Feb.)
- Jahresmitteltemperatur des Vorjahres
- Buchenfruktifikation vor zwei Jahren

Quasi-Poisson GLM
Anpassungsgüte: $R^2 = 93.4\%$
RMSE = 21 Zecken/Jahr



Jährliche Zeckendichte: 2017 und 2018



- mittlerer Wintertemperatur (Dez.–Feb.)
- Jahresmitteltemperatur des Vorjahres
- Buchenfruktifikation vor zwei Jahren

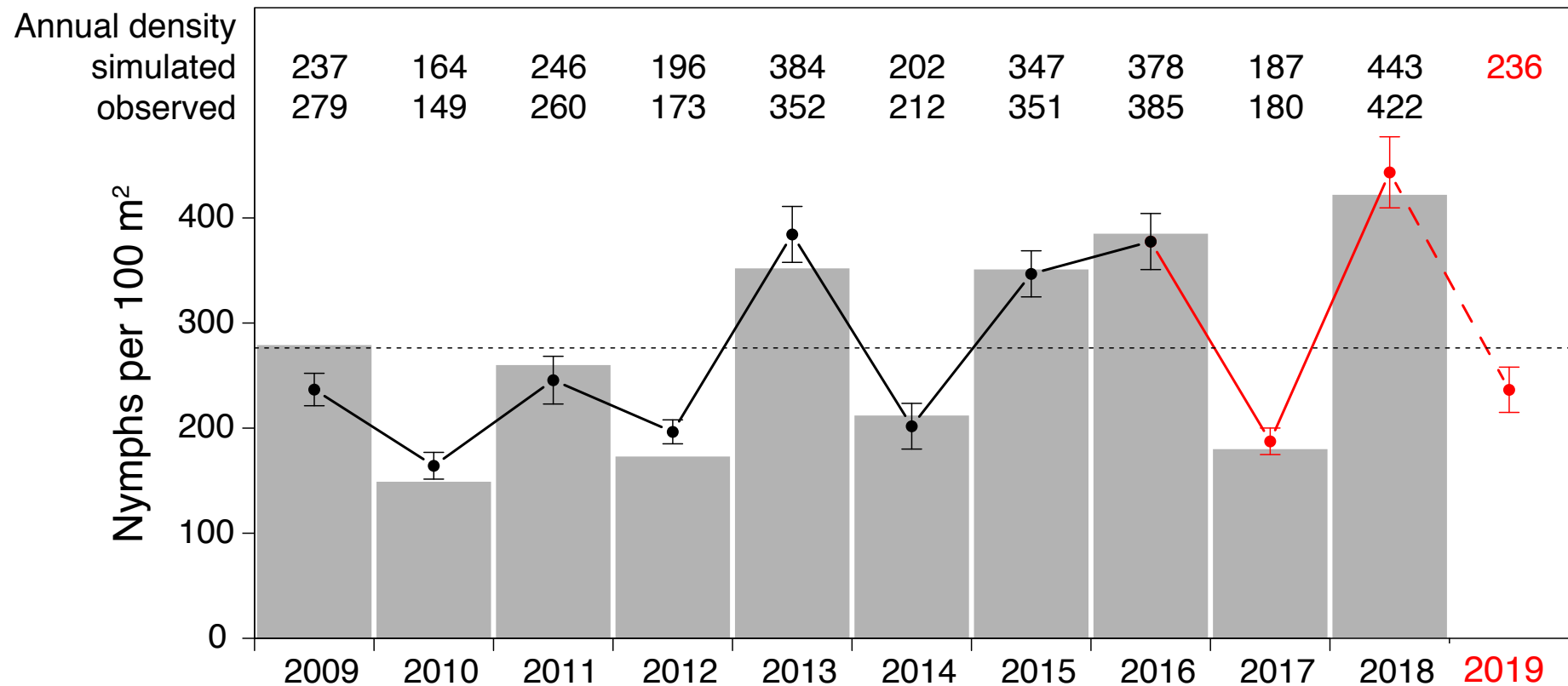
Vorhersage und Verifikation



- food source
-→ tick development
- pathogen transmission



Jährliche Zeckendichte: Vorhersage für 2019



- mittlerer Wintertemperatur (Dez.-Feb.)
- Jahresmitteltemperatur des Vorjahres
- Buchenfruktifikation vor zwei Jahren

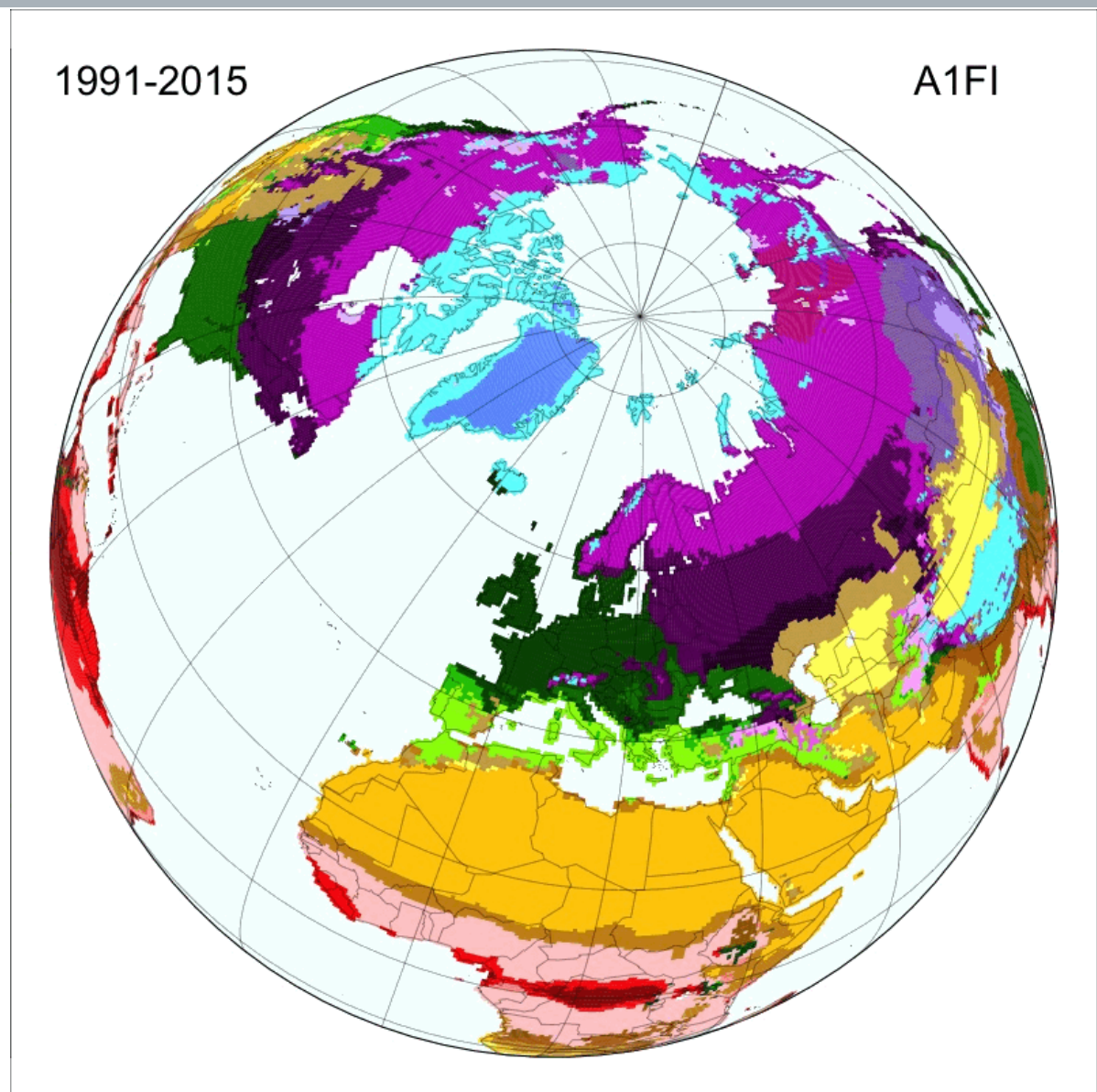
Vorhersage



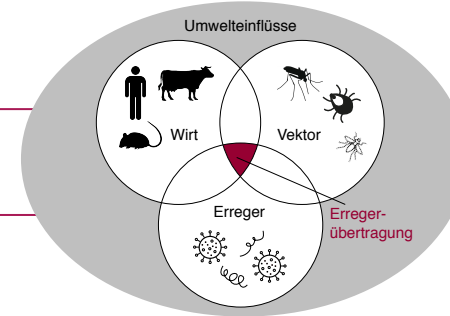
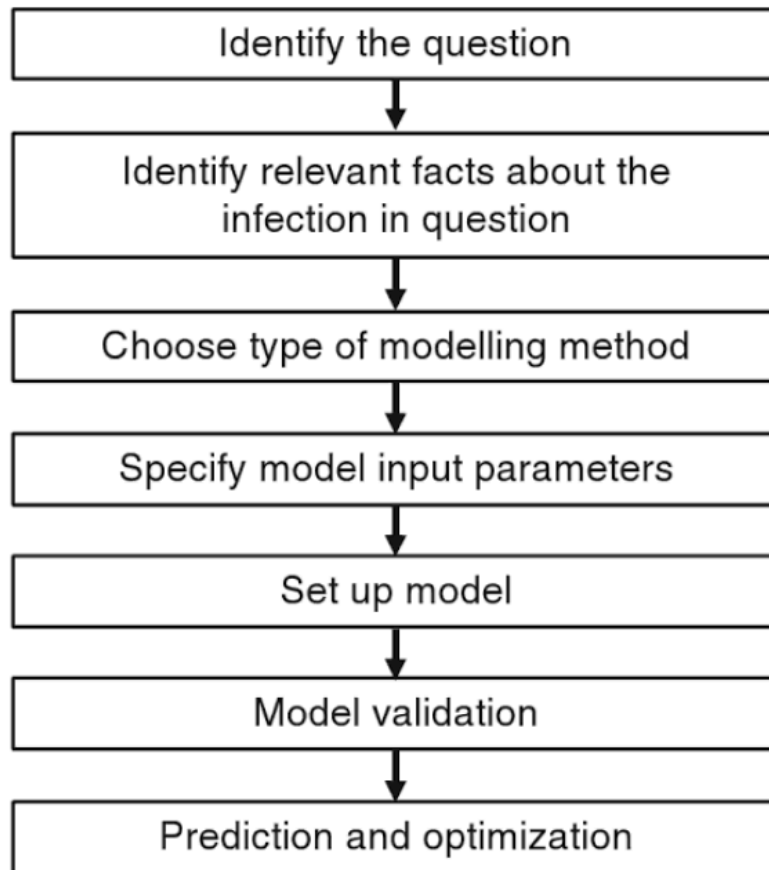
Köppen-Geiger Klimaklassifikation

- A tropisch
- B arid
- C warmgemäßigt
- D boreal
- E polar

<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>



Abschätzung des Risikos von vektorübertragenen Krankheiten in Hinblick auf Klimawandel



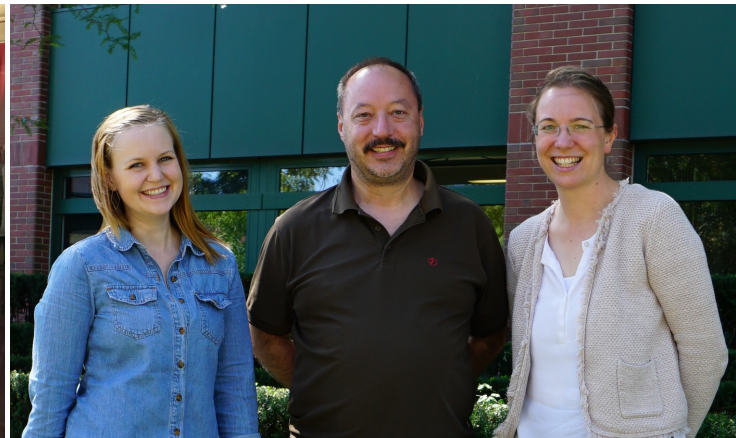
+ Entomologische Monitorings

Risikoabschätzung, **Vorhersage**
Interventionsstrategien testen





Katharina Brugger, Melanie Walter



Melanie Walter

Franz Rubel

Katharina Brugger



Melanie Walter, Janna Vogelgesang

Ausgewählte Publikationen zum Nachlesen:

- Brugger K., and Rubel F., 2009: *Simulation of climate-change scenarios to explain Usutu-virus dynamics in Austria*. *Prev. Vet. Med.*, 88, 24–31.
- Brugger K., Rubel F., 2013: *Characterizing the species composition of European *Culicoides* vectors by means of the Köppen-Geiger climate classification*. *Parasit. Vectors*, 6, 333.
- Brugger K., Köfer J., Rubel F., 2016: *Outdoor and indoor monitoring of livestock-associated *Culicoides* spp. to assess vector-free periods and disease risks*. *BMC Vet. Res.*, 12, 88.
- Brugger K., Walter M., Chitima-Dobler L., Dobler G., and Rubel F., 2018: *Forecasting next season's *Ixodes ricinus* nymphal density: the example of southern Germany 2018*. *Exp. Appl. Acarol.*, 75:281–288.

