

Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung und Diversität von Vektoren

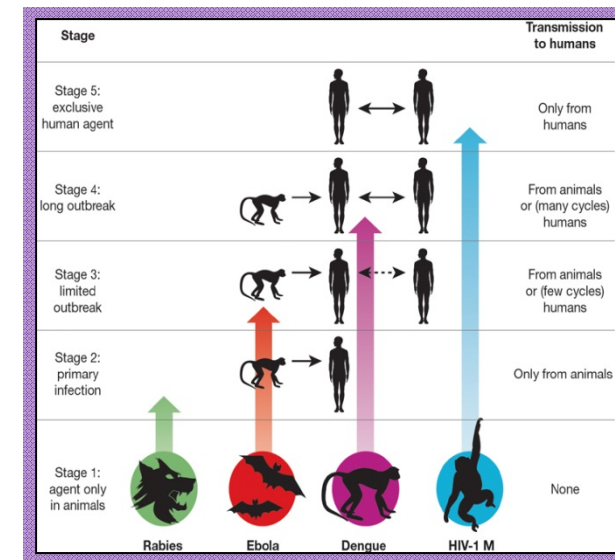
www.goethe-universitaet.de

Prof. Dr. Sven Klimpel

Institut für Ökologie, Diversität & Evolution,
Goethe-Universität

Senckenberg Biodiversität und Klima
Forschungszentrum

SENCKENBERG
world of biodiversity

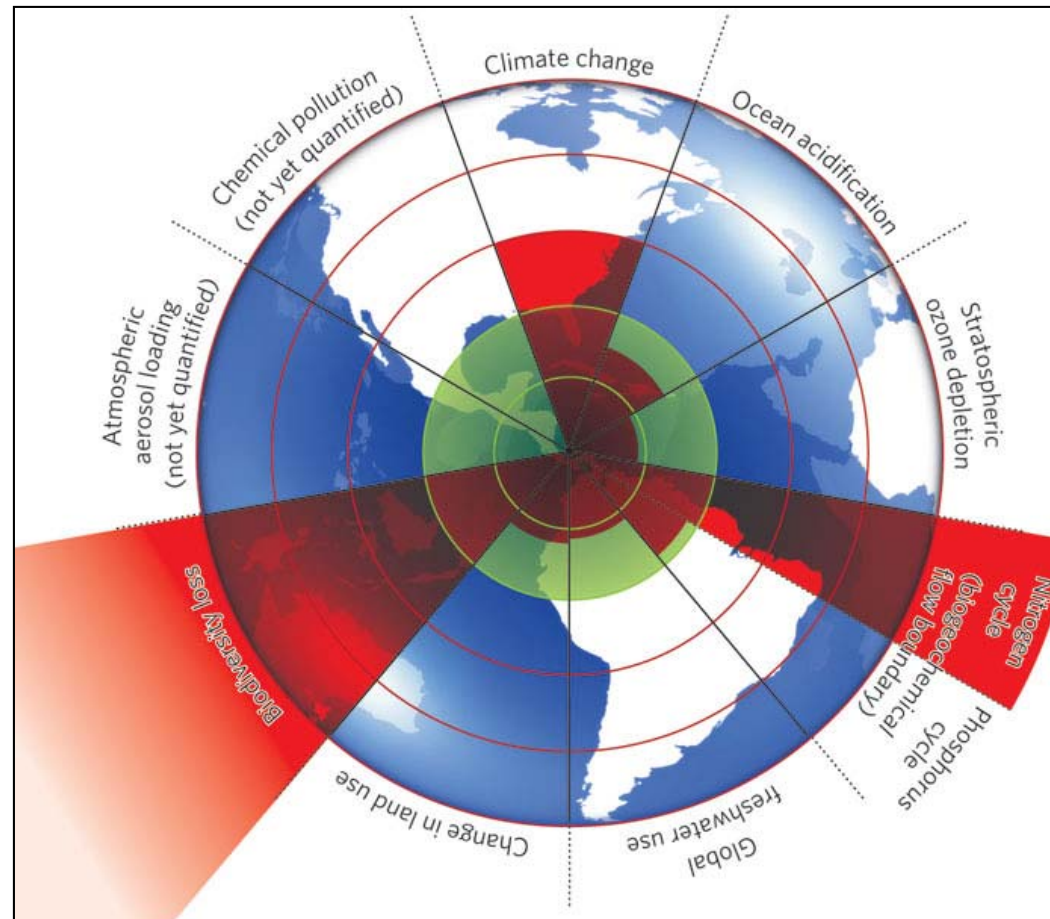


Wolfe et al. 2007

HLNUG, Fachtagung Stechmücken,
27. Juni 2016 Wiesbaden

Erdsystemprozesse und ihre Grenzwerte

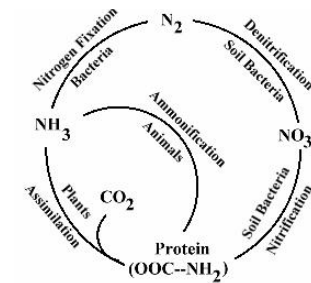
- drei **Grenzwerte** wurden bereits **überschritten**
- zunehmender **Biodiversitätsverlust**
- **Zunahme** von **Infektionskrankheiten** als **Konsequenz**



“Climate change“



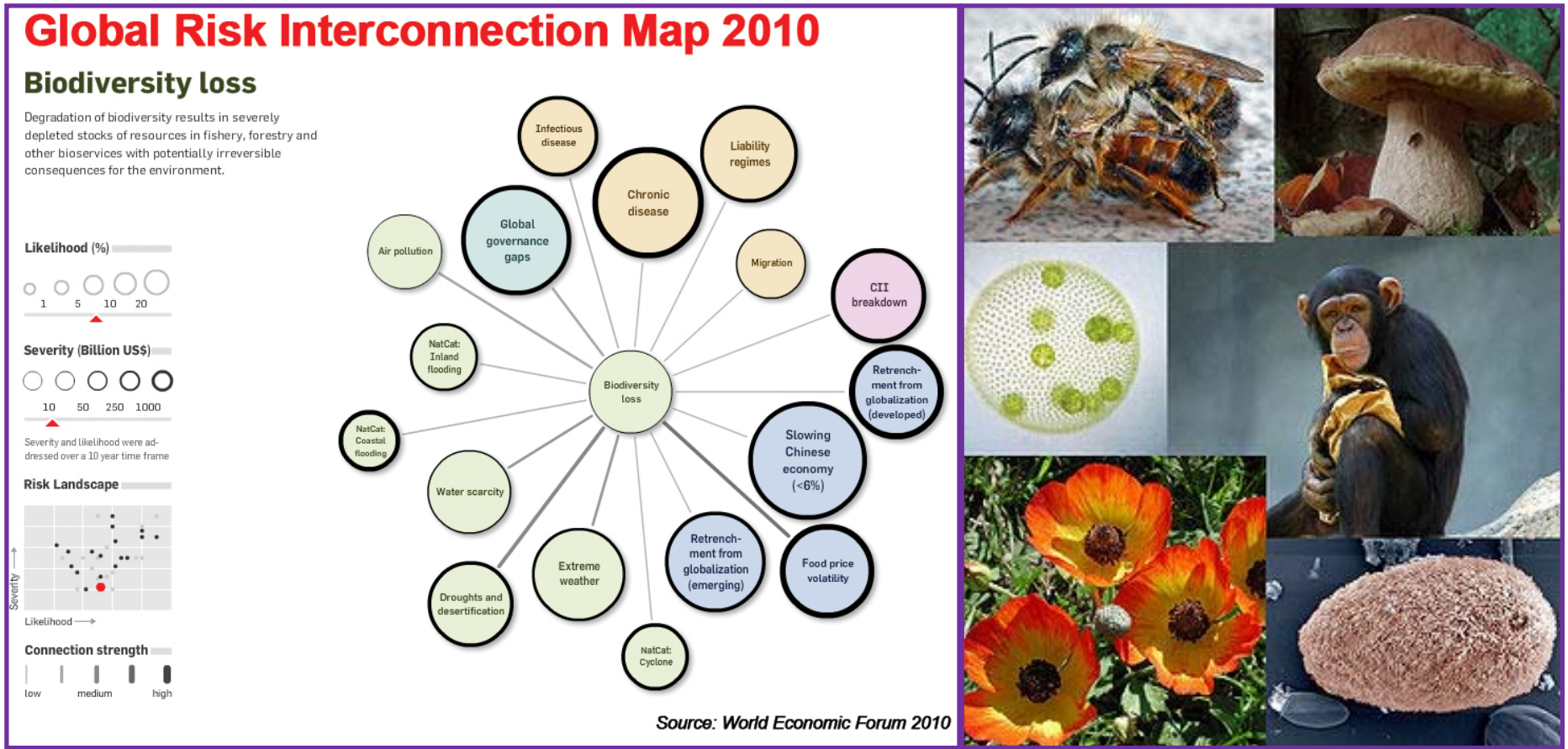
Stickstoffkreislauf



Biodiversitätsverlust



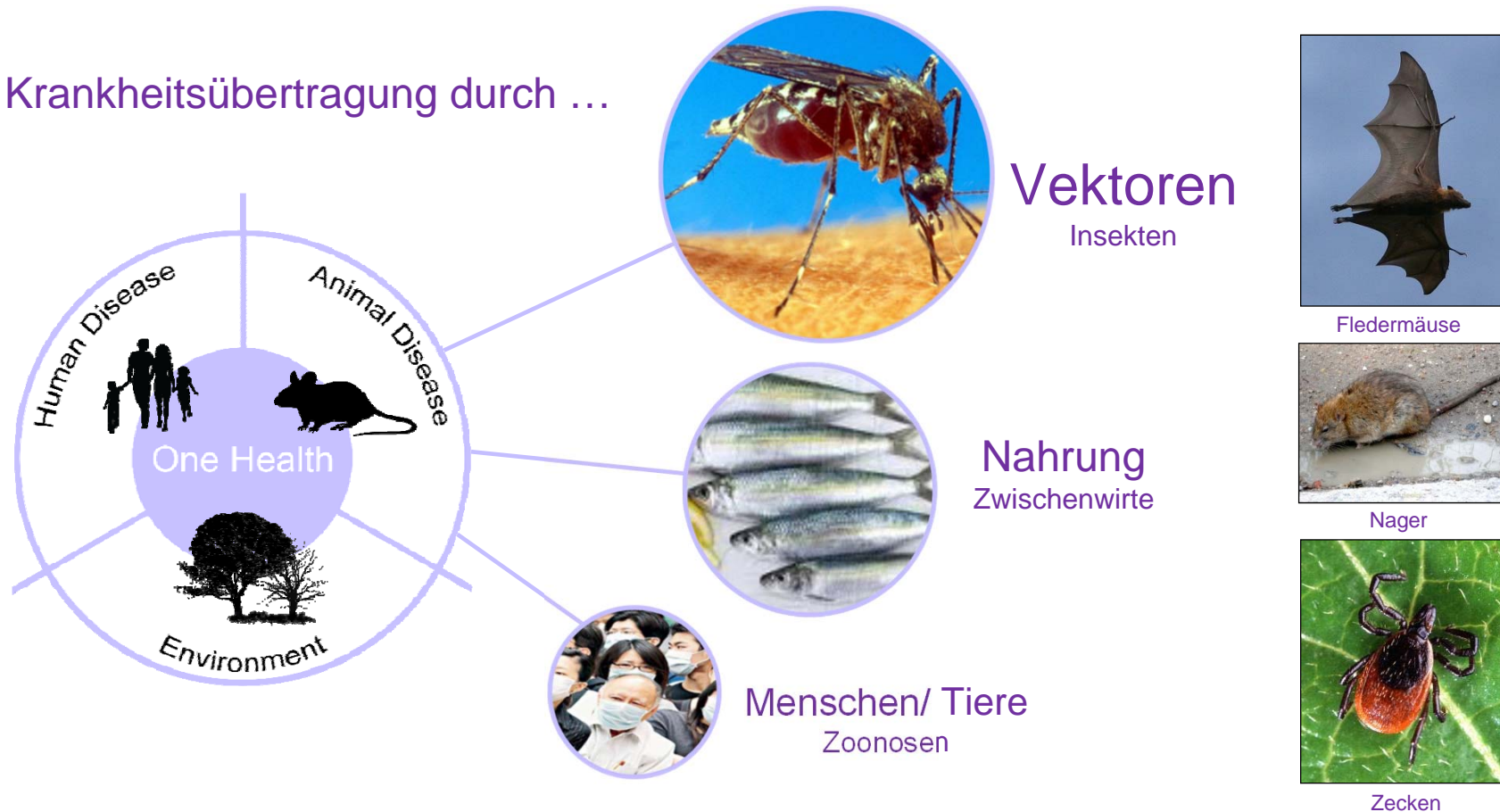
Zukünftige "Key Player"



Bedeutung von Vektoren als Krankheitsüberträger

- **Vektor** (Krankheitsüberträger) – **überträgt Infektionskrankheiten** auslösende Erreger (u.a. Viren, Bakterien, Parasiten)

Krankheitsübertragung durch ...



Methodische Vorgehensweise

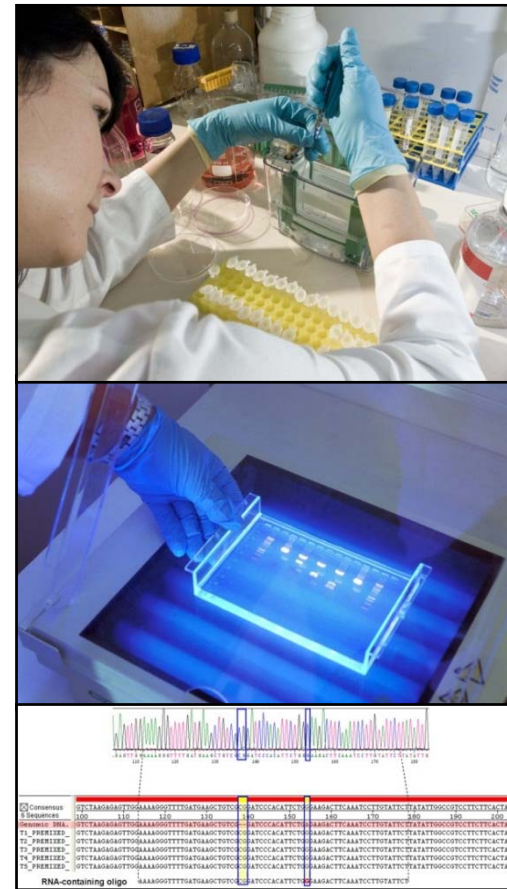
a. Probennahmen, Ökosystem-
informationen



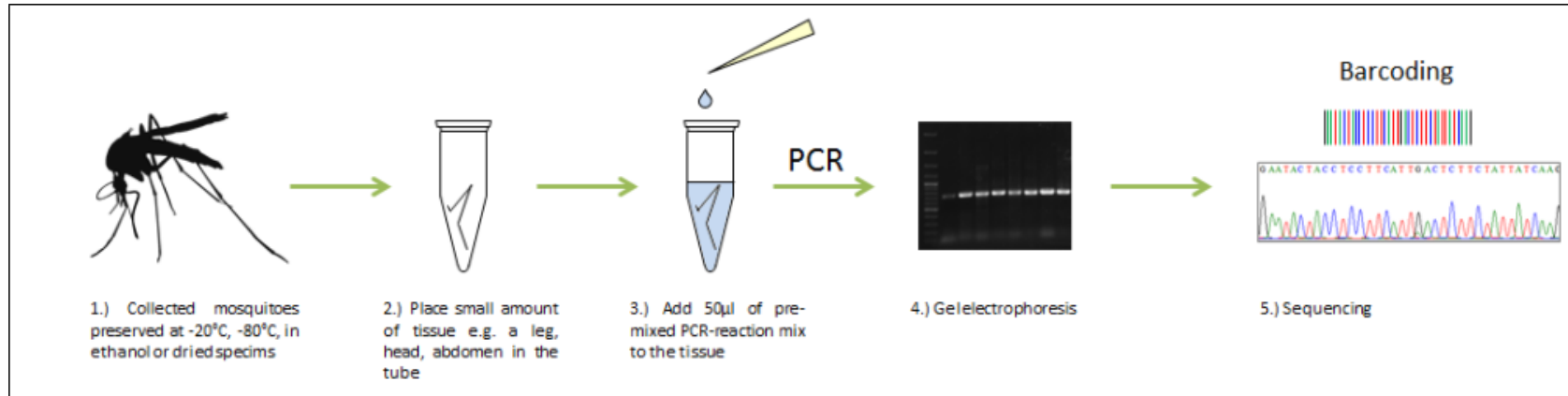
b.1 morphologische Bestimmung
(+ Vergleich von Sammlungsmaterial)



b.2 genetische Bestimmung
(+ Vergleich von Sammlungsmaterial)



Methodische Vorgehensweise

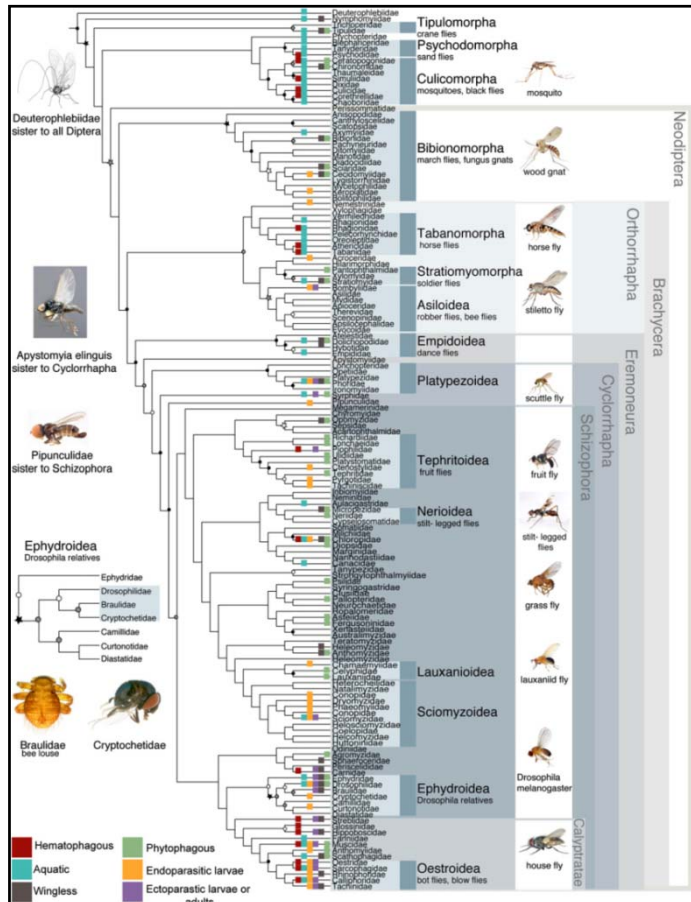


Culiseta longiareolata

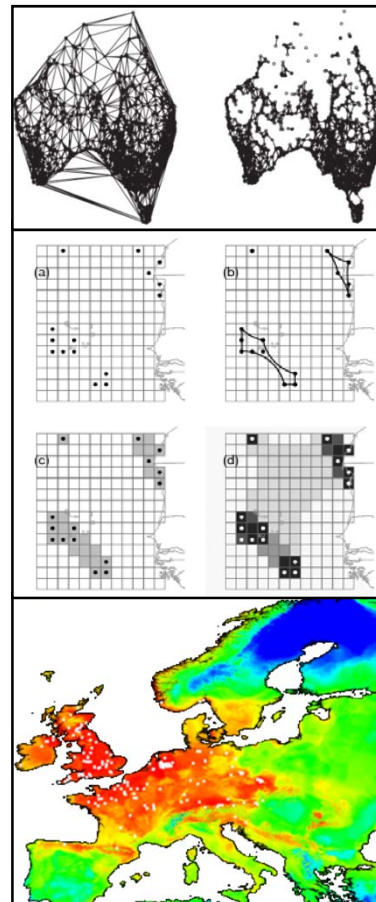
Aedes japonicus

Methodische Vorgehensweise

c. u.a. Systematik, Phylogenie



d. Modellierung



realistische Risikobewertung



Invasive “Mosquitoes” – altbekannt

Mosquitoes

INVASIVE Aedes

Aedes albopictus - Asian tiger mosquito
Aedes aegypti - Yellow fever mosquito
Aedes notoscriptus - Australian backyard mosquito

Bite Multiple Hosts
more efficient virus transmission

Aggressive Day Biters

Black with White Stripes

Container Breeders

Short Flight Range
1/4 mile

3 Species found in LA County

Aedes albopictus *Aedes aegypti* *Aedes notoscriptus*

Arrived in shipments of goods

Eggs are laid on the inside of containers, just above the water level

Eggs can lay dormant for several years while waiting for the right conditions

***Aedes* evolved to live in close contact with humans. Prefers urban environments**

Best Defense: DUMP and DRAIN standing water

EU-Projekt BiodivERsA (GC-INVAMOFECT) – Invasive Arten



Home

GC-INVAMOFECT project deals with understanding genomic, microbiological, and ecological bases of invasiveness and adaptive capacities of mosquitoes to temperate vs tropical regions, in the context of global changes and risk of emerging vector-borne diseases in Europe. The goal is to use genotype x environment interaction approach to investigate the effect of host genome and its microbiome on mosquito invasion/adaptation and vector capacity by comparing native, founder, and colonizing field populations, taking into account anthropogenic activities (pollution, land use etc.) and global changes (climates, trade etc.). Comparative studies concern wild mosquito populations collected from different continents in natural (less anthropogenic) to manmade (moderate to highly anthropogenic) environments. In parallel, experimental evolution will be performed in innovative experimental infrastructure, to simulate particular ecological perturbations at "semi field conditions" to test hypotheses on genetic and ecological forces driving evolution and biological invasion and adaptation with high impact on disease transmission potential.

GC-INVAMOFECT aims to address the following questions in relation to occurrence of two invasive mosquito species (*Aedes albopictus* and *Ochlerotatus japonicus*), their associated microbiota, and infectious risks in Europe:

- i.- What are the current niche occupations of the two mosquito invasive species in Europe under climate change and anthropogenic pressure?
- ii.- What are the potential functions and the diversity of the microbiota (symbionts and pathogens) associated with invasive wild mosquitoes in Europe?
- iii.- Do microbes facilitate or constrain adaptation to a changing environment (temperature, anthropogenic activities)?
- iv.- How pathogens-symbionts interactions evolve in European invasive mosquitoes?
- v.- Can we establish correlations between mosquito spreading, microbiota content, ecological and high-level human activities to guide coherent policy vector control and biodiversity conservation in articulation with human and animal health?

Forschungsschwerpunkte: 5 Work packages (WP 1-5)

(1) **Ökologie** von Stechmückenpopulationen (*Aedes*, *Ochlerotatus*, *Culex*, *Anopheles*, etc.) unter natürlichen Bedingungen

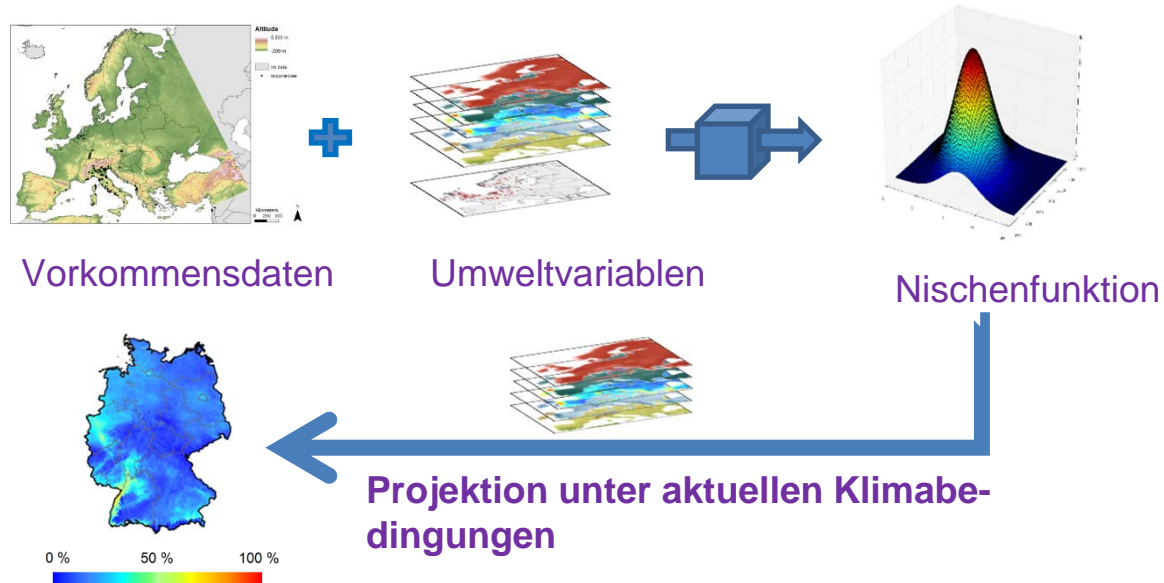
(2) Stechmücken **Metagenomics**

(3) **Mikrobiota** – treibende Kraft für Adaptation und Invasion von Stechmücken

(4) **Symbionten und Vektorkompetenz** von Stechmücken/ Pathogenen

(5) **Modellierung** der derzeitigen Verbreitung und zukünftigen Ausbreitung (u.a. IPCC-Szenarien, Klimaeignung)

Modellierung Habitataignung



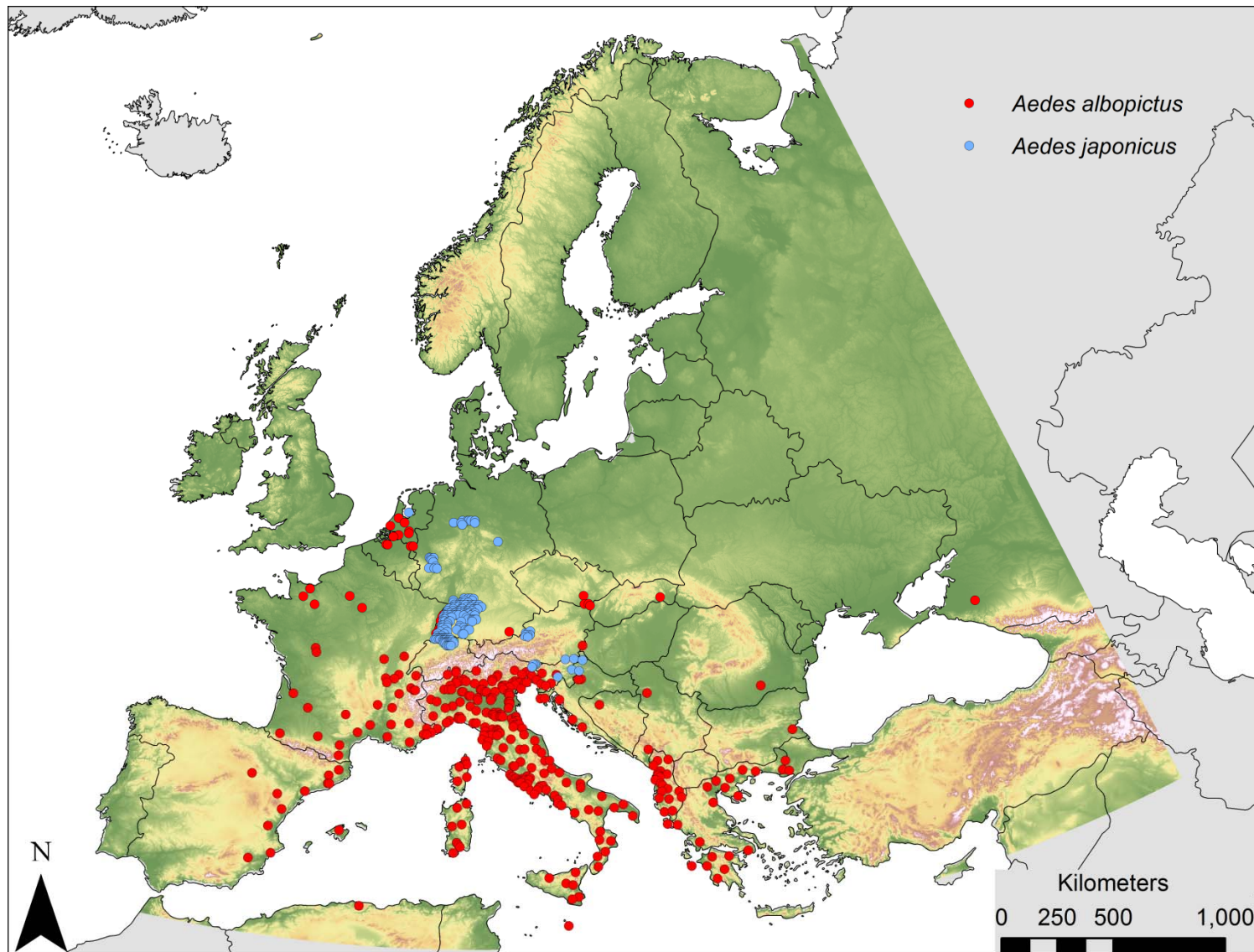
- ökologische **Nischenmodellierung** (= ecological niche modelling, species distribution modelling) – **statistisches/korrelatives Verfahren**

- es wird die **potentielle Verbreitung** (mathematisch korrekter – **Habitataignung**) einer **Art** modelliert

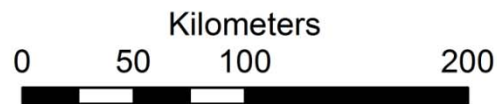
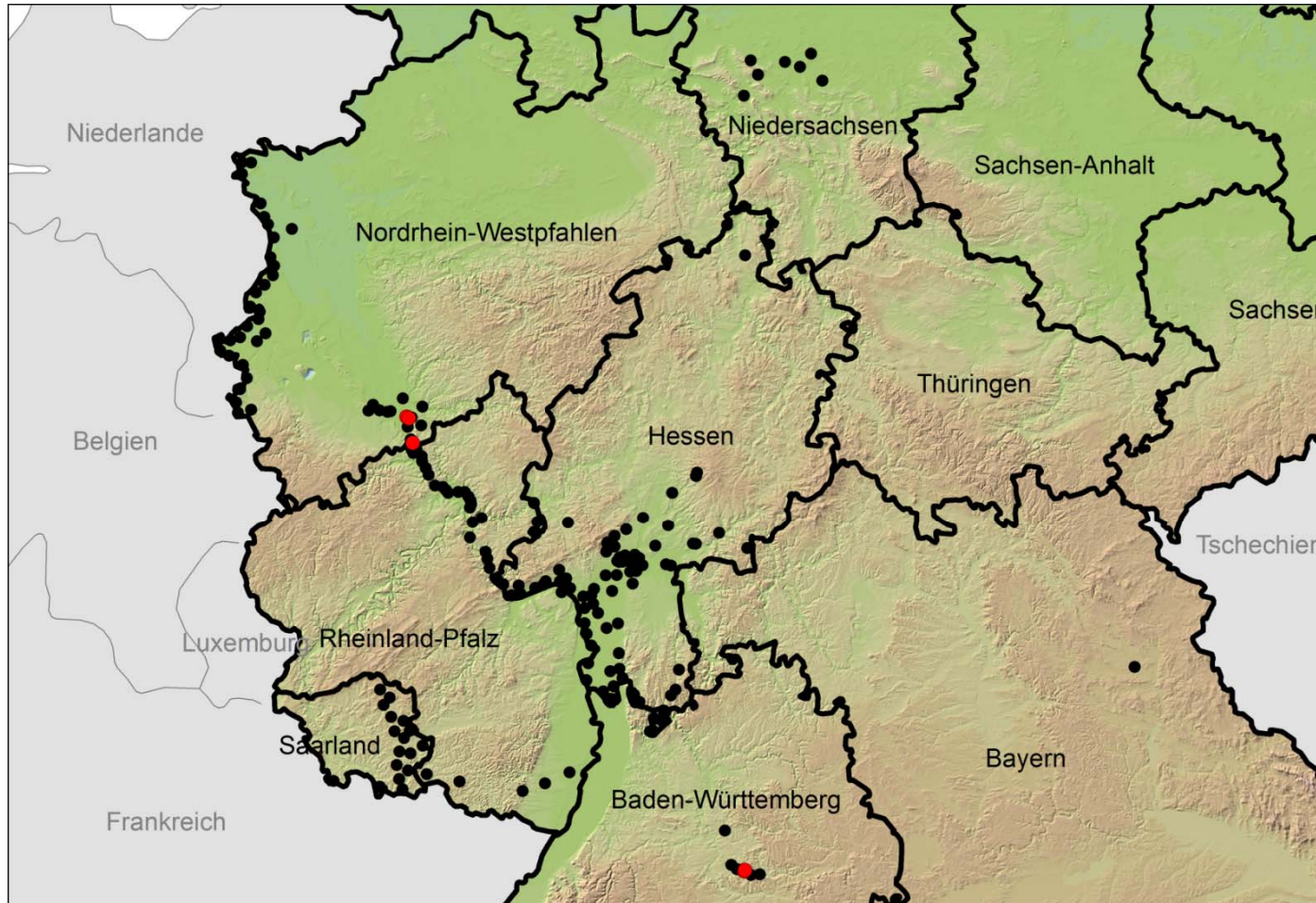
- basierend auf der Information wo eine Art **vorkommt/ nicht vorkommt** + welche **Umweltbedingungen** herrschen – werden die **Vorkommenswahrscheinlichkeit = Habitataignung** als mathematische Funktion beschrieben (sog. Nischenfunktion)

- Nischenfunktion kann dann 'projiziert' werden – für jedes Pixel auf der Karte kennt man die jeweiligen genutzten Variablen – dies funktioniert auch unter Berücksichtigung von IPCC-Daten/ Szenarien

Vorkommensdaten – u.a. gezieltes Monitoring



Vorkommensdaten – differenziertes *Aedes japonicus* Monitoring 2015



5
204

- *Aedes japonicus* Vorkommen
- beprobte Standorte

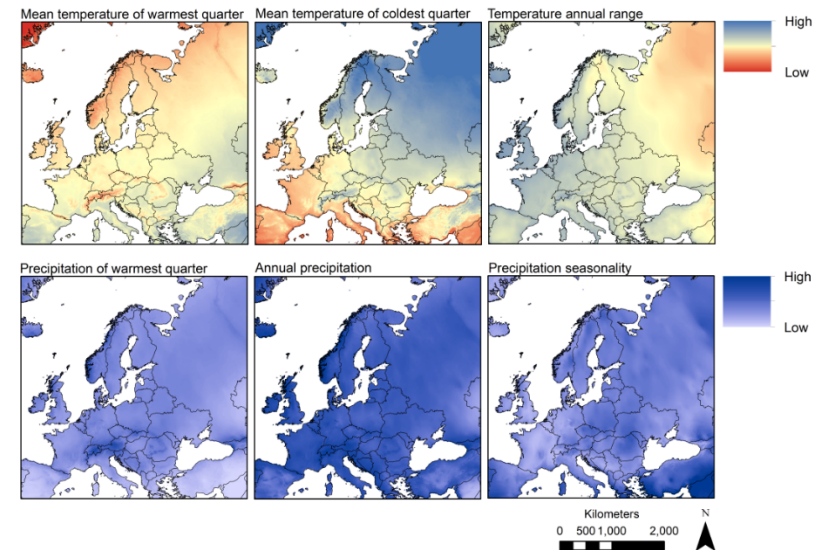
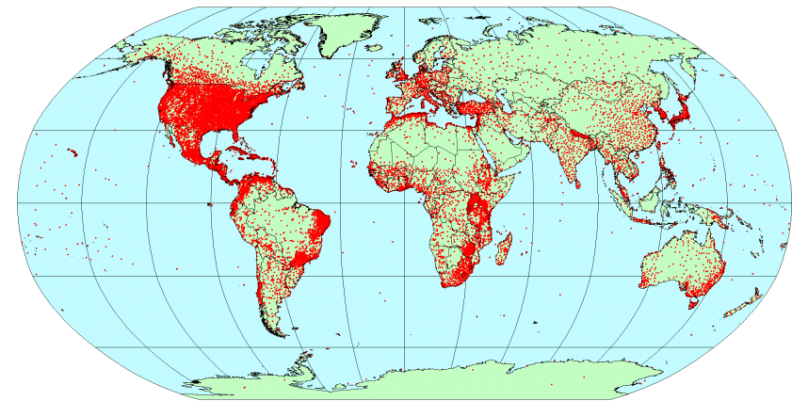
Umweltvariablen

Welche Umweltvariablen können verwendet werden?

(i) Klimatische Variablen – bioklimatische Variablen von worldclim

19 bioklimatische Variablen sind verfügbar:

- BIO1 = Annual Mean Temperature
- BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
- BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)
- BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100)
- BIO5 = Max Temperature of Warmest Month
- BIO6 = Min Temperature of Coldest Month
- BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)
- BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter
- BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter
- BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter
- BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter
- BIO12 = Annual Precipitation
- BIO13 = Precipitation of Wettest Month
- BIO14 = Precipitation of Driest Month
- BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
- BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter
- BIO17 = Precipitation of Driest Quarter
- BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter
- BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter



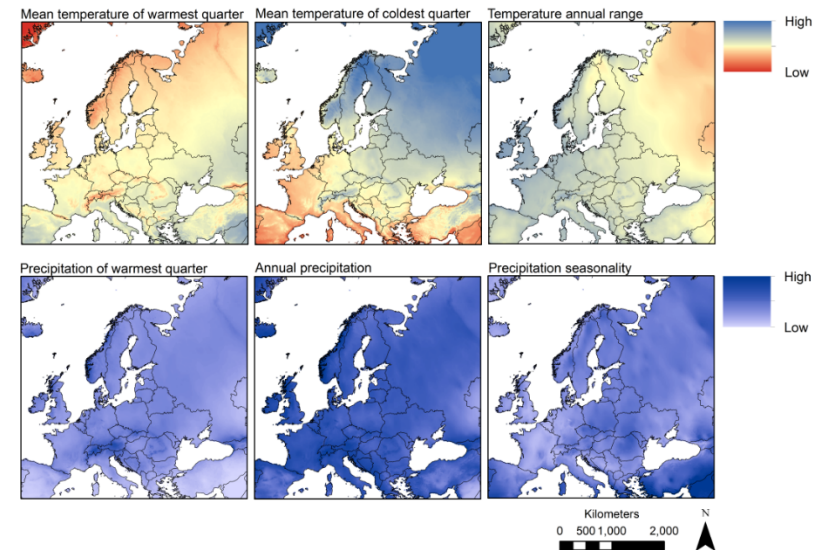
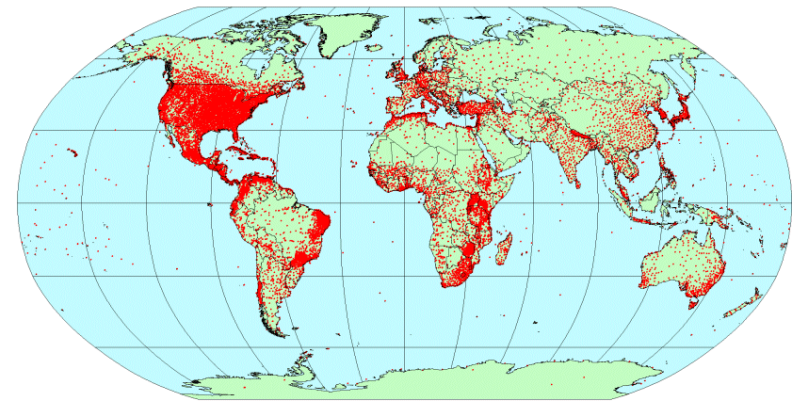
Orte mit Klimastationen (Temperaturmessungen) - <http://www.worldclim.org/methods> (oben), Umweltvariablen (unten)

Umweltvariablen

Welche Umweltvariablen können verwendet werden?

- (i) **Klimatische Variablen** – bioklimatische Variablen von **worldclim**
- (ii) **Bodennutzung und Bodenbedeckung** (land use/ cover), z.B. **Waldanteil**, etc. – hier spielt die betrachtete räumliche Skala eine wesentliche Rolle u.a. sind klimatische Faktoren auf regionaler Ebene (Deutschland/ Europa) die wichtigsten Faktoren. **Kleinräumig** spielt Landnutzung (land use) eine wichtige Rolle (bei **Mücken** z.B. Gewässernähe, Entfernung zur Autobahn, Friedhof, mikroklimatische Bedingungen, usw.).

Umweltvariablen müssen z.T. **generiert, aufbereitet** und **validiert** werden – diese werden berücksichtigt und in unseren folgenden Modell-Ansätze (z.B. speziell für Hessen) mit eingebaut.

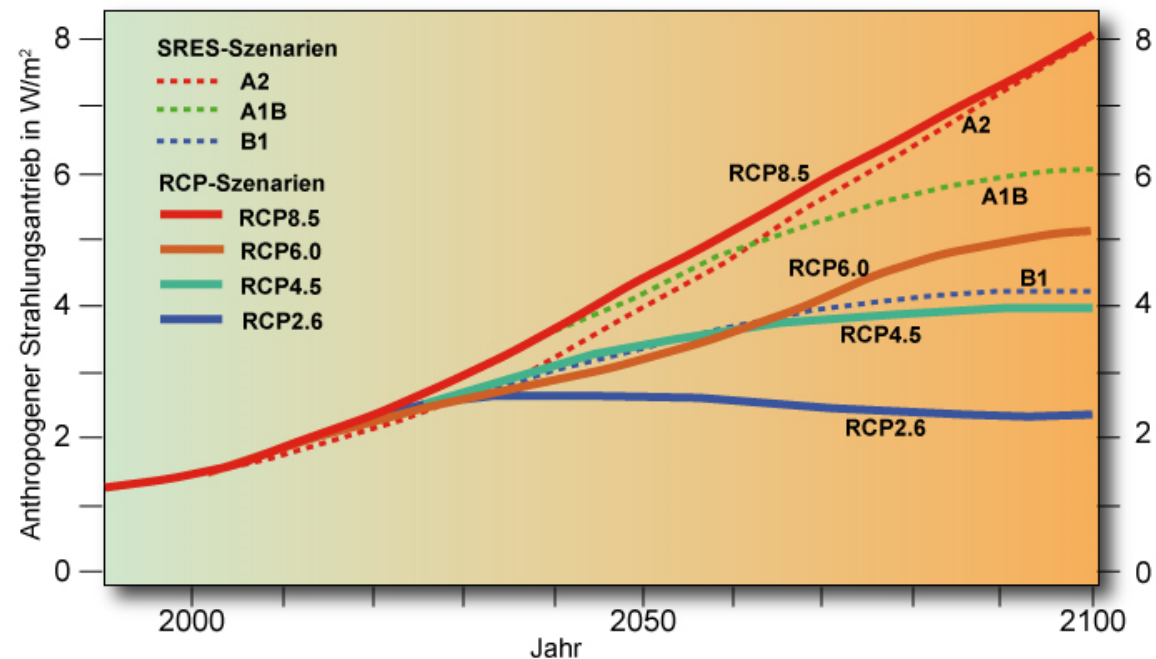
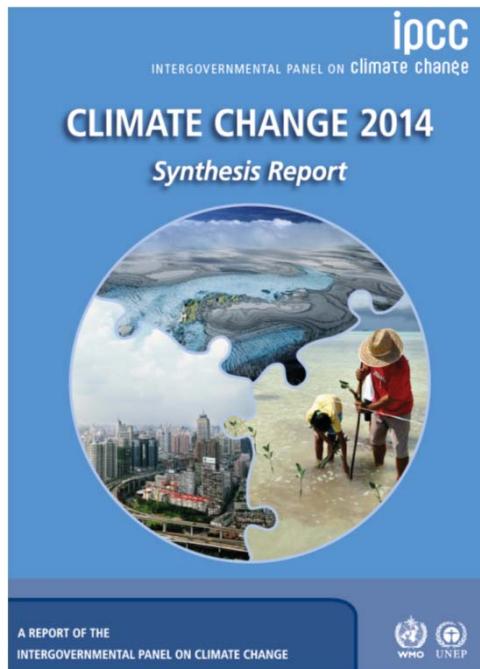


Orte mit Klimastationen (Temperaturmessungen) - <http://www.worldclim.org/methods> (oben), Umweltvariablen (unten)

RCPs – Representative Concentration Pathways

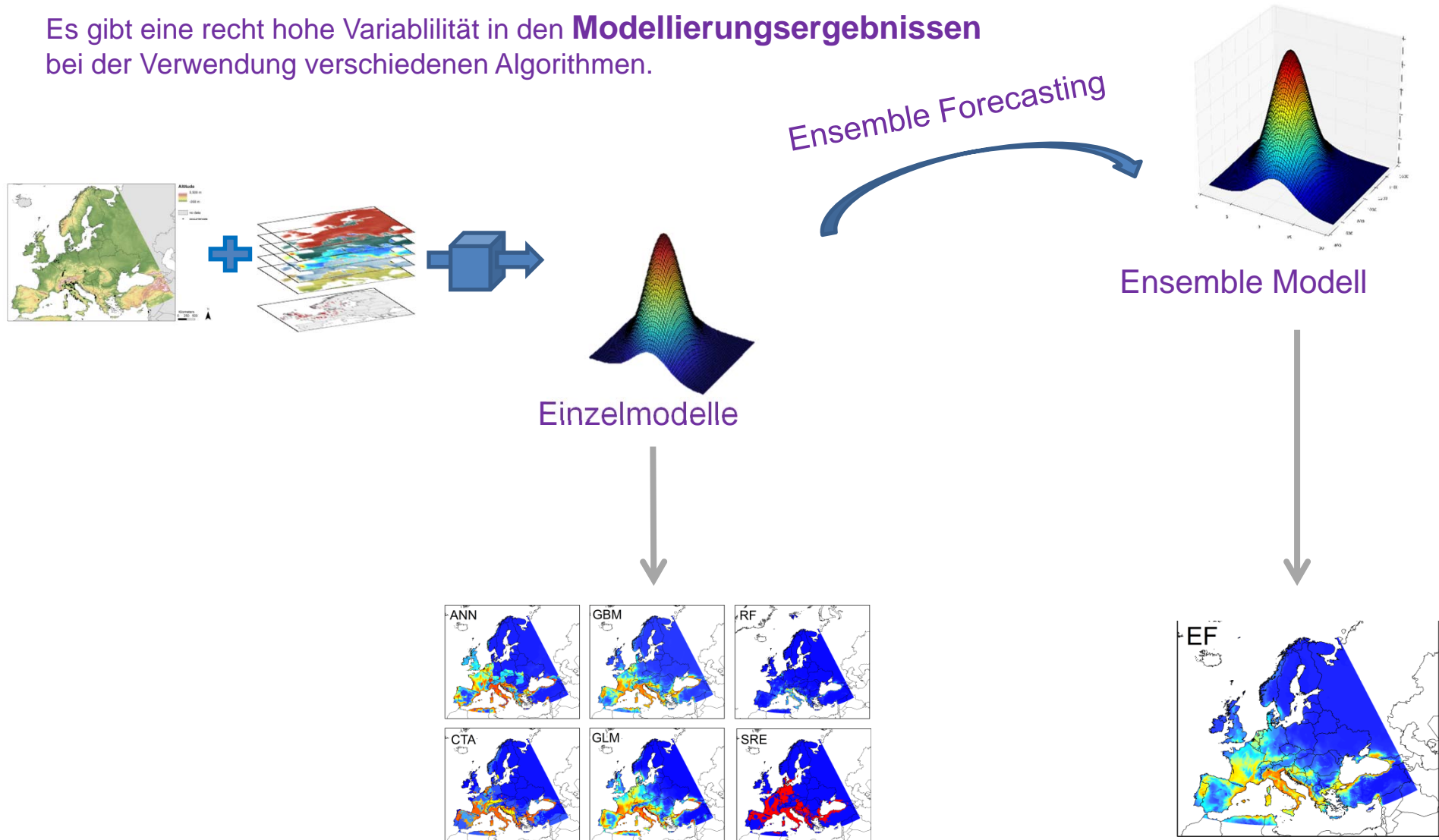
Im fünften Sachstandsbericht (assessment report AR5) des **IPCC** = Intergovernmental Panel on Climate Change wurden sog. repräsentative Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways **RCPs**) entwickelt, die die früheren **SRE-Szenarien** = Special Report on Emissions Scenarios (**RCP2.6** – IMAGE (NL), **RCP4.5** – MiniCAM (USA), **RCP6.0** (AIM (JAP), **RCP8.5** (Message (A)) ersetzen (von Wissenschaftlern erarbeitet).

RCPs legen bestimmte Szenarien von Treibhausgaskonzentrationen fest – u.a. Erderwärmung.

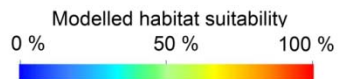
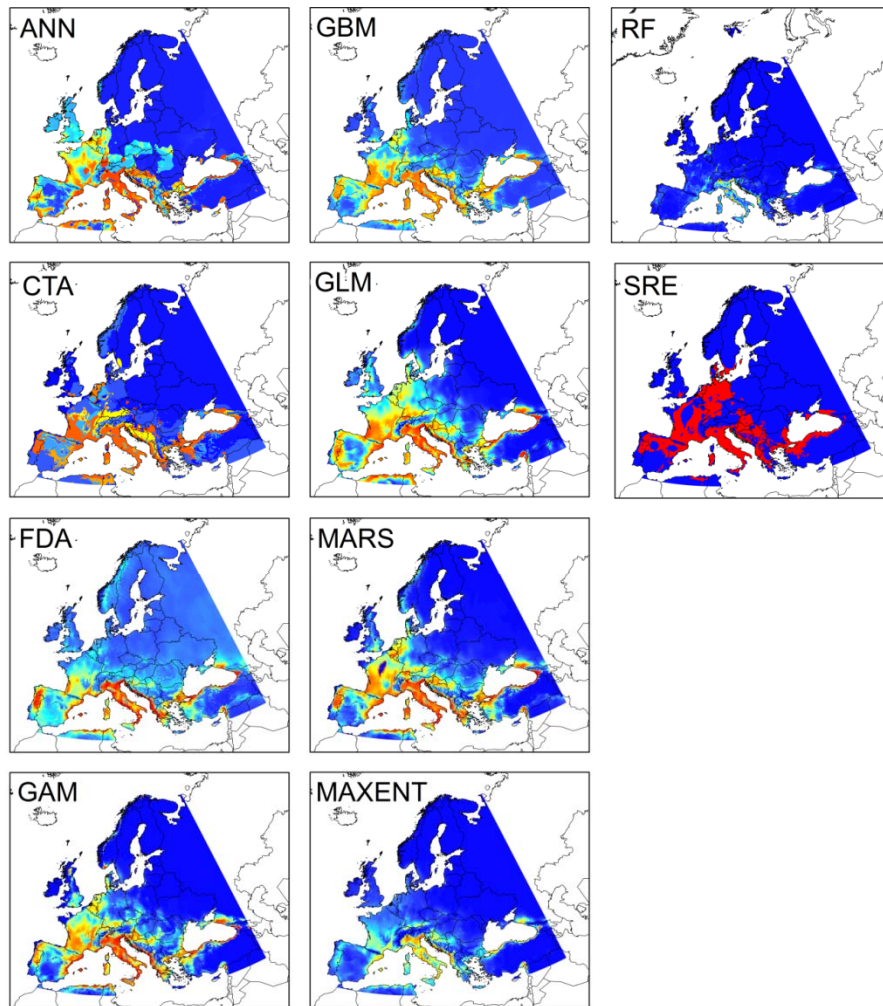


Differenzierte Modellierungsansätze

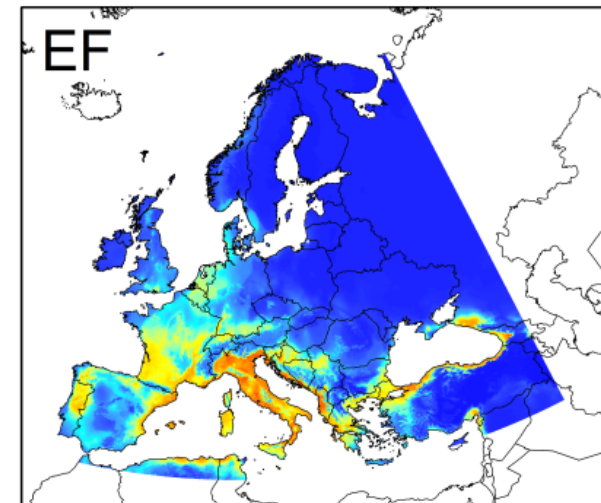
Es gibt eine recht hohe Variabilität in den **Modellierungsergebnissen** bei der Verwendung verschiedenen Algorithmen.



Unterschiedliche Modelle



Ensemble Forecasting

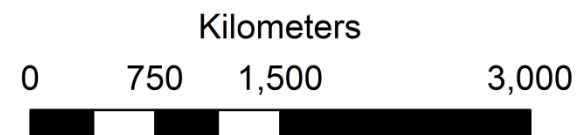
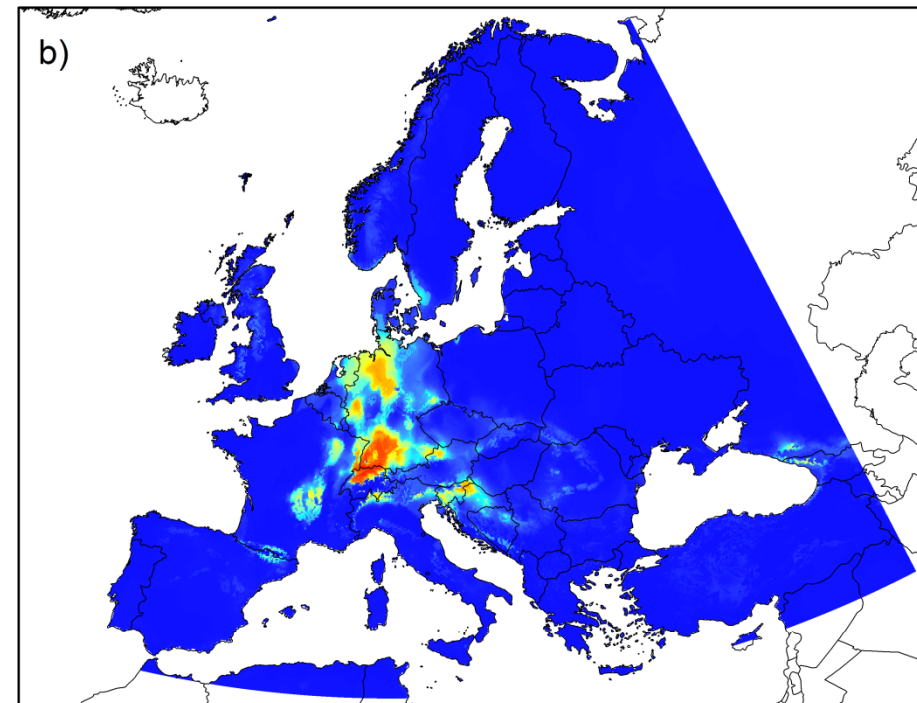
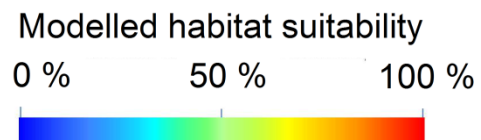
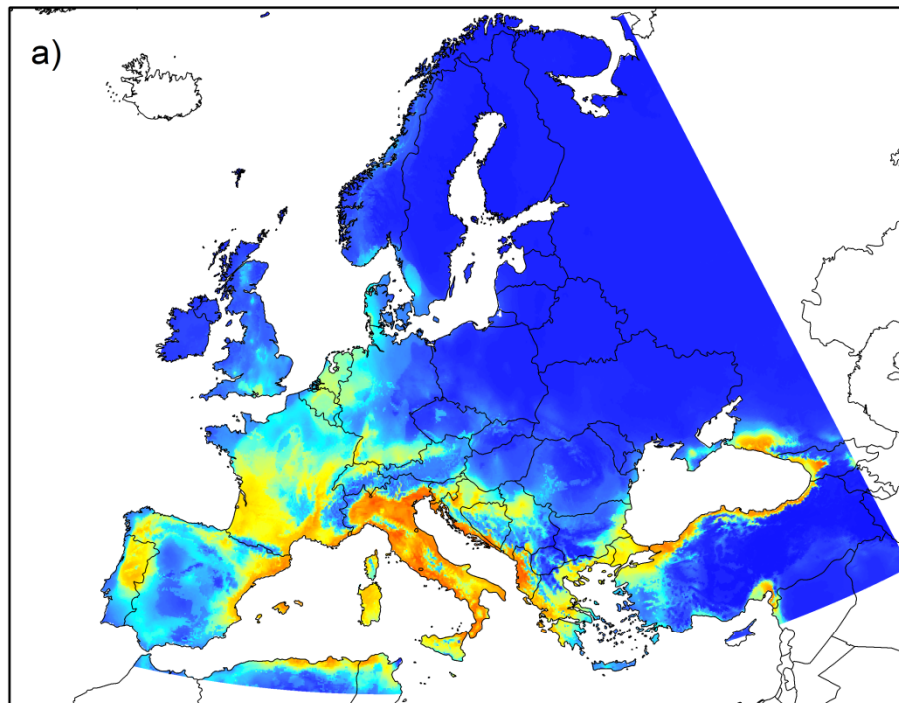


→ liefert robustere Modellierungen
(Consensus Modell)

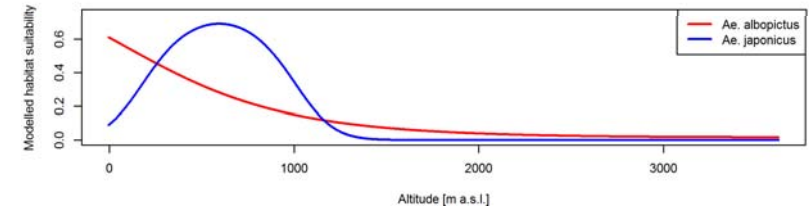
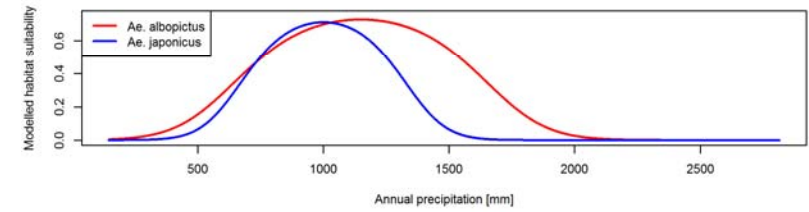
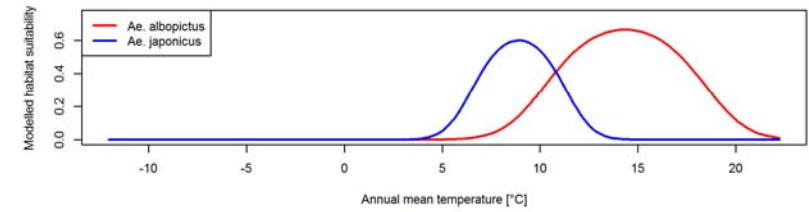
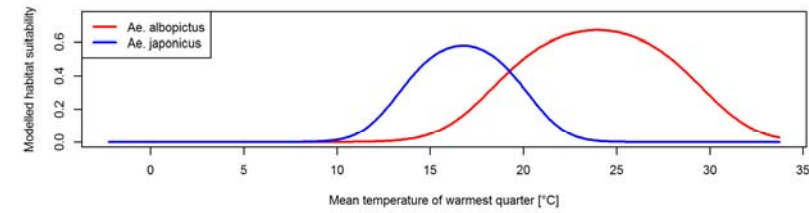
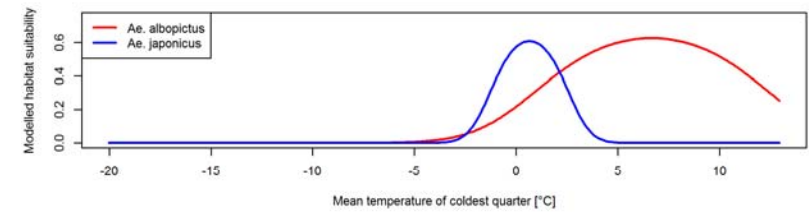
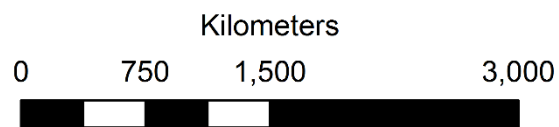
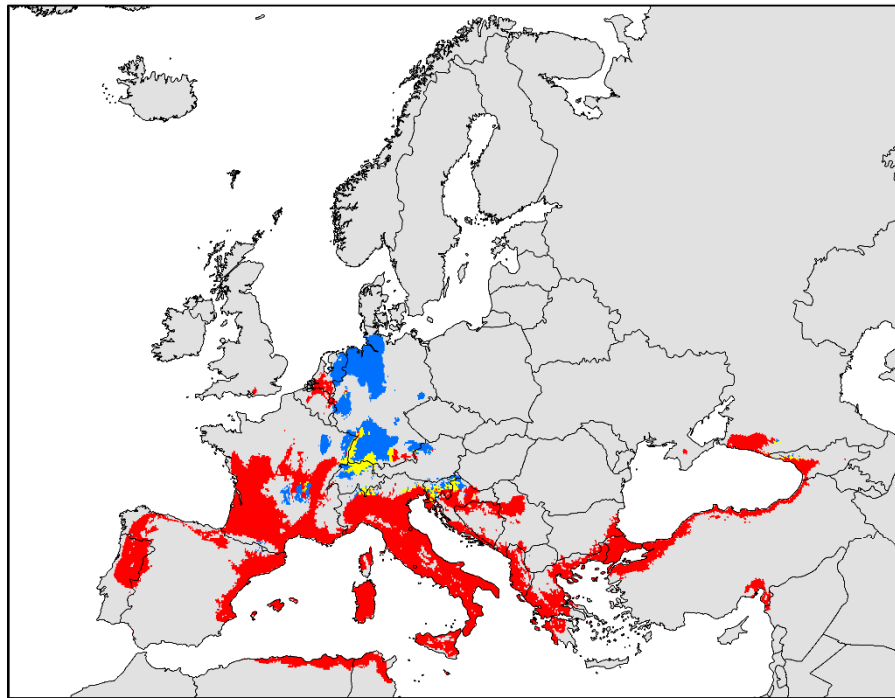
- ANN → Artificial neural networks
- CTA → Classification tree analysis
- FDA → Flexible discriminant analysis
- GAM → Generalized additive models
- GBM → Generalized boosted models
- GLM → Generalized linear models
- MARS → Multivariate adaptive regression splines
- MAXENT → Maximum entropy approach
- RF → Random forest
- SRE → Surface range envelope

Aedes albopictus vs. *Aedes japonicus*

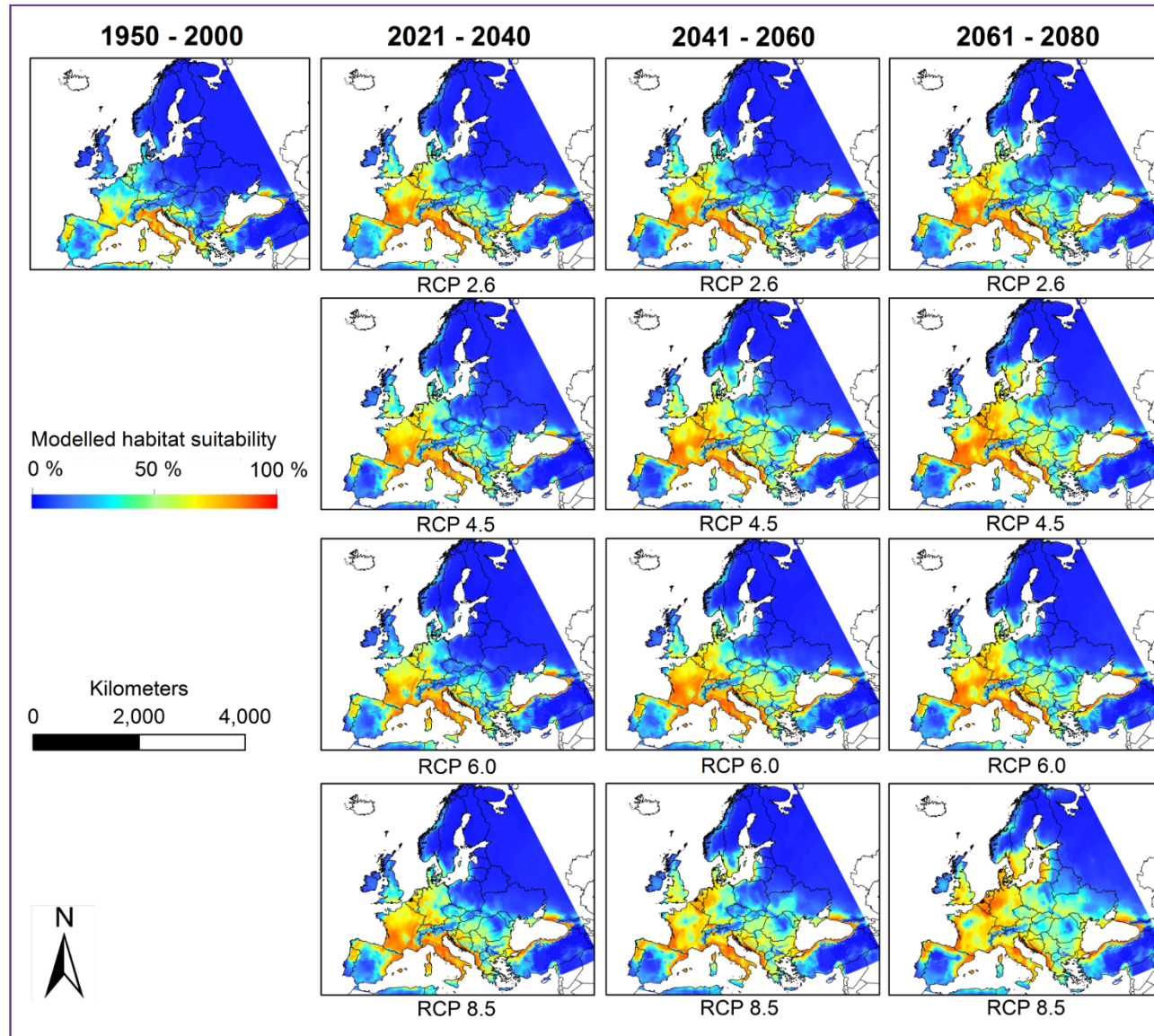
Habitateignung unter aktuellen Klimabedingungen



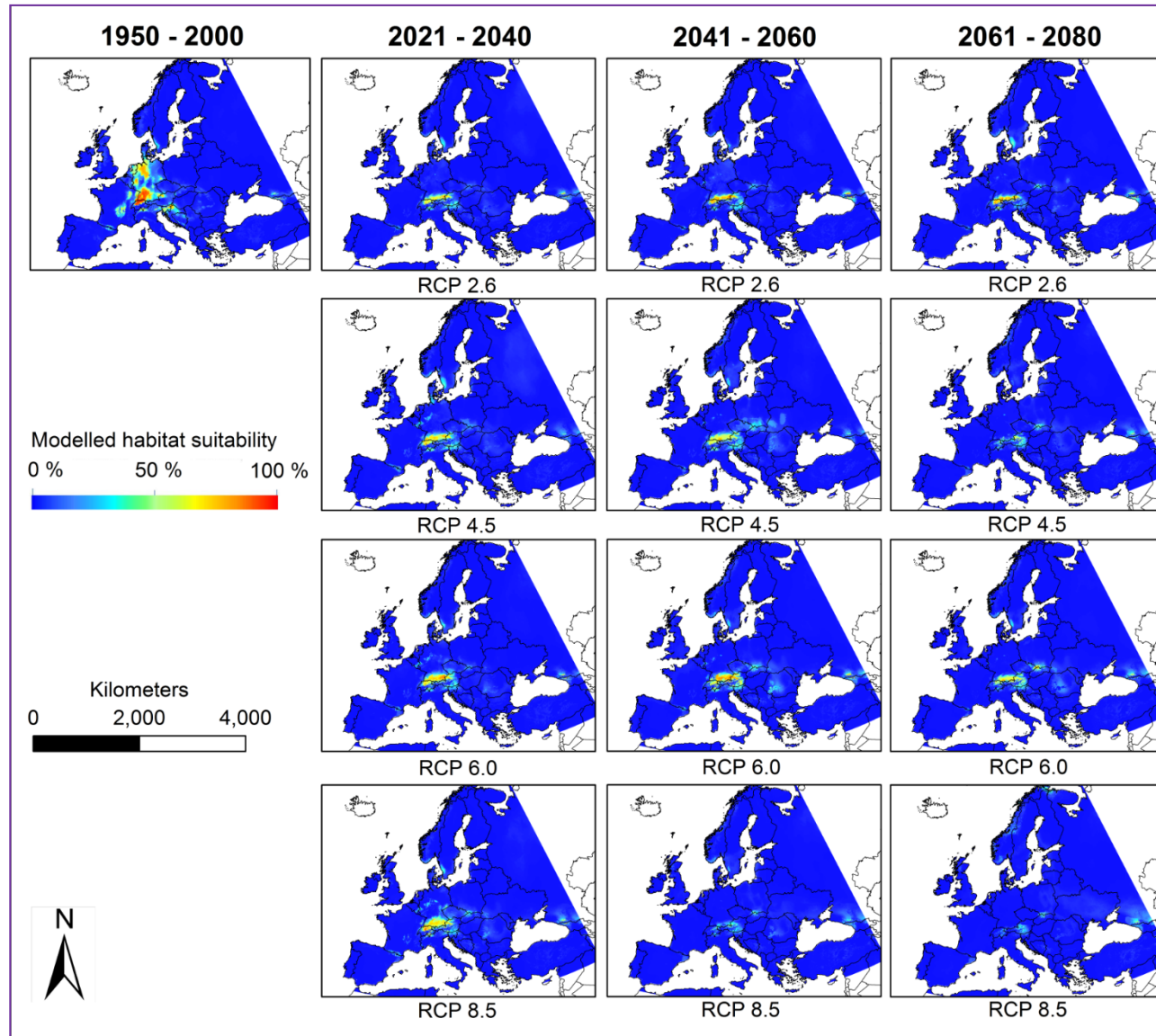
Aedes albopictus vs. *Aedes japonicus*



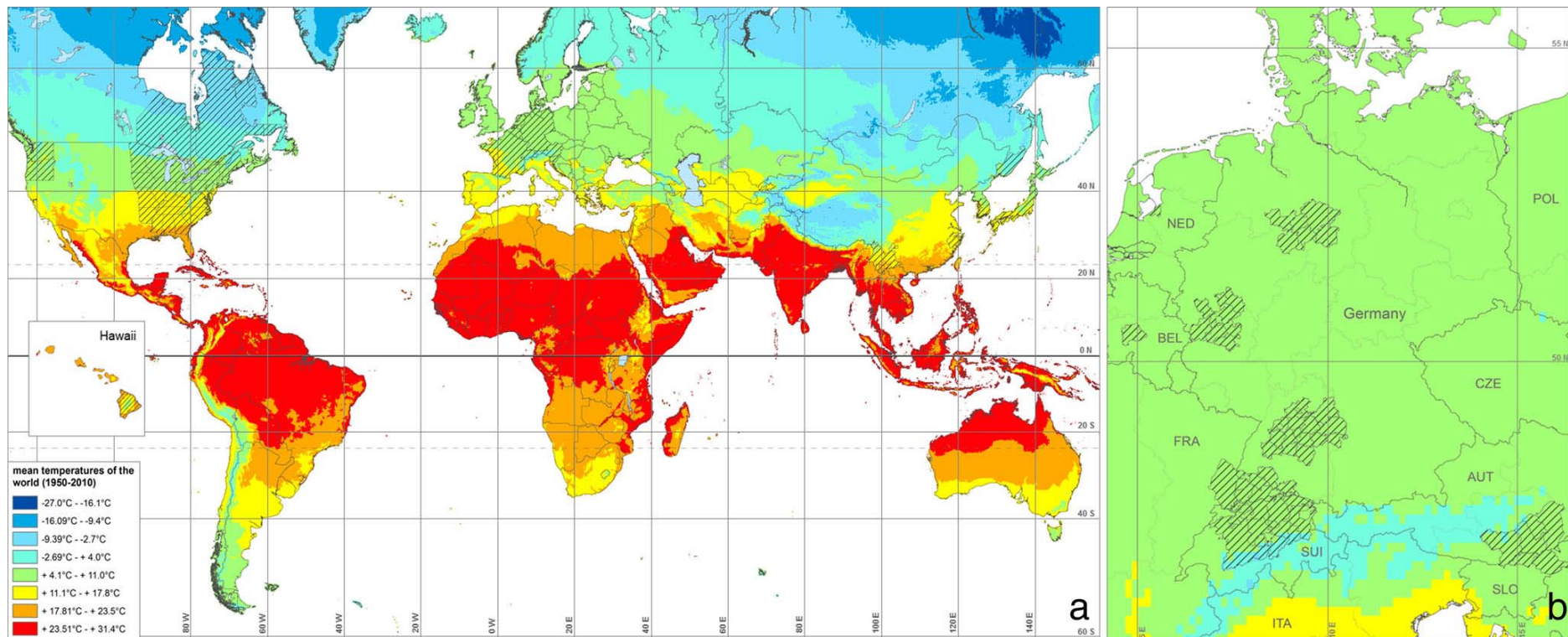
Potentielle Habitataignung – *Aedes albopictus*



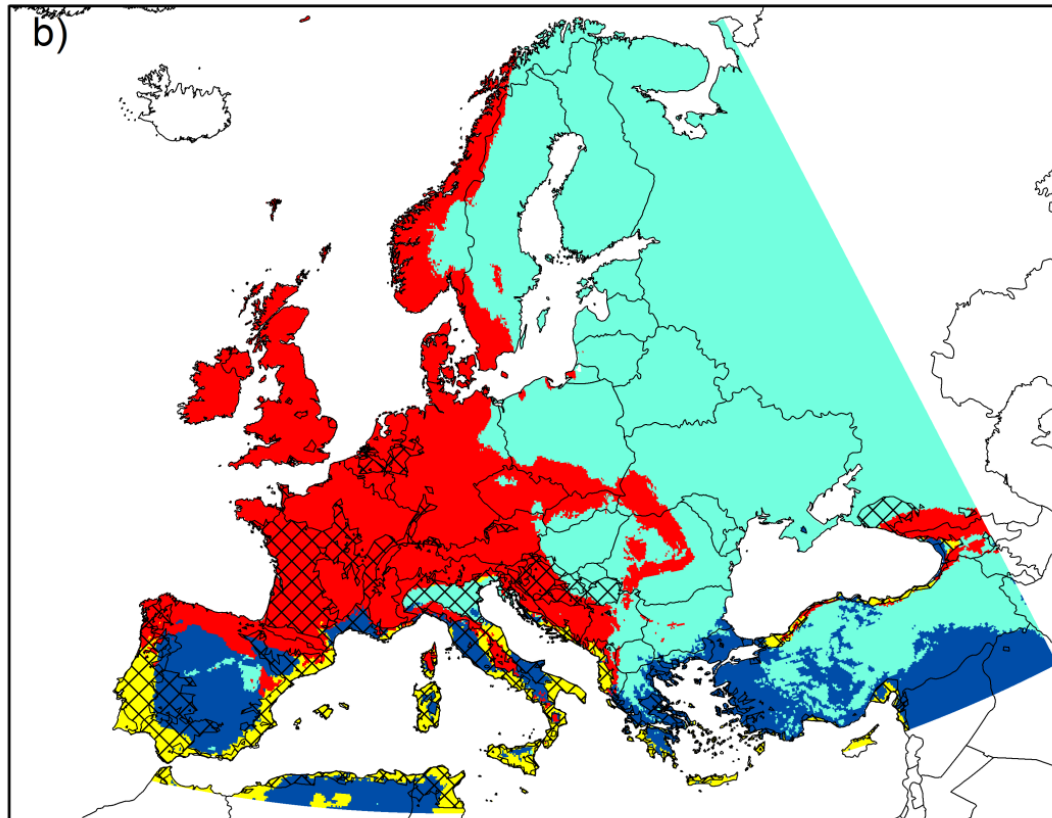
Potentielle Habitataignung – *Aedes japonicus*



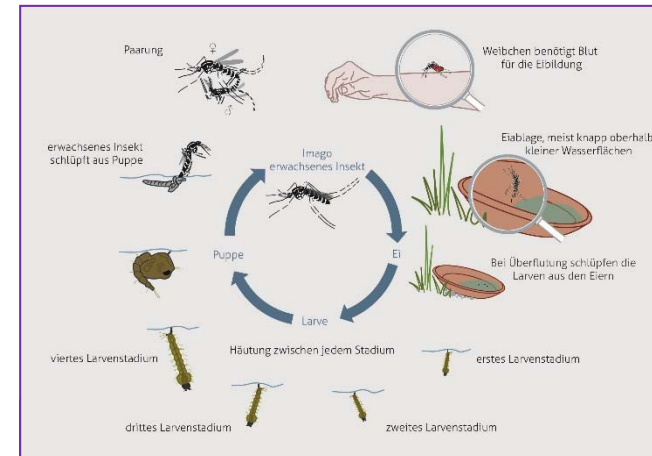
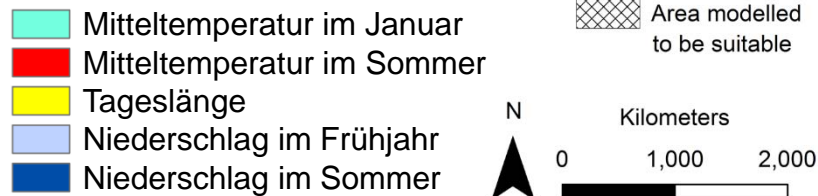
Globale Jahresmitteltemperatur – Vorkommen *Aedes japonicus*



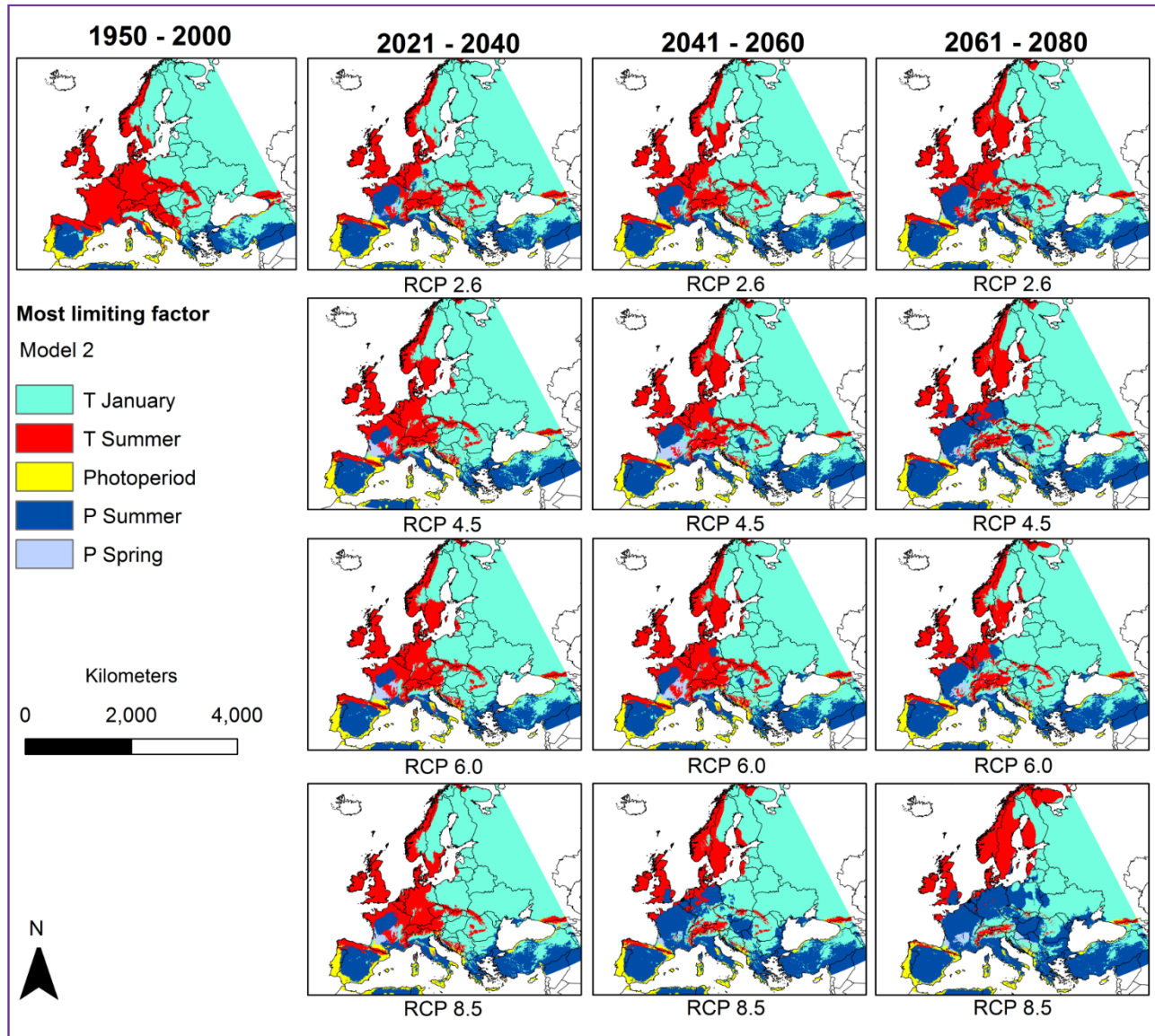
Limitierende Faktoren – *Aedes albopictus*



Stärkste limitierende Faktoren



Limitierende Faktoren – *Aedes albopictus*

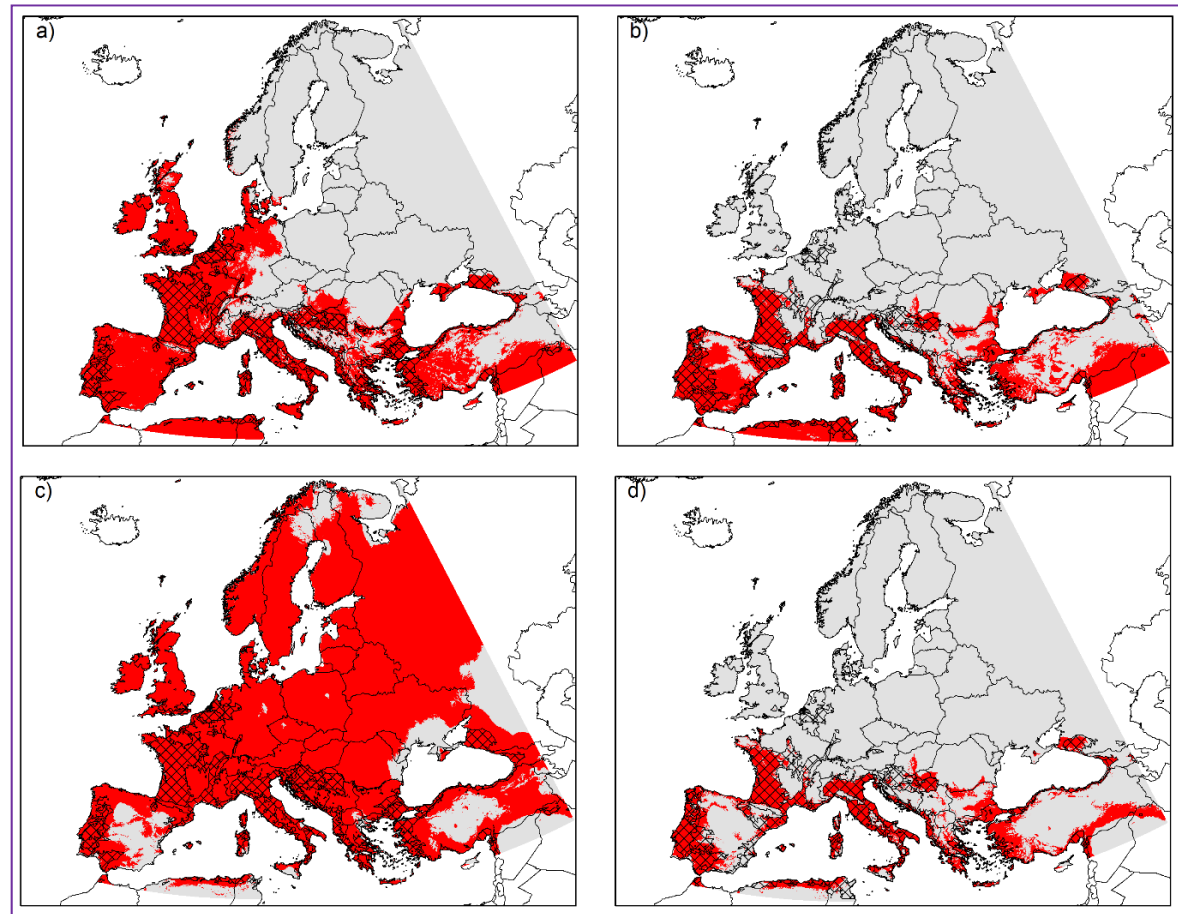


Schwellenwerte für Etablierung – *Aedes albopictus*


Ein weiterer Ansatz zur Modellierung der potentielle Verbreitung einer Art ist die **Berücksichtigung von klimatischen Schwellenwerten.**

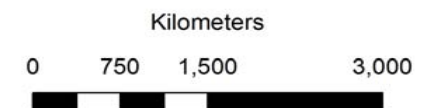
- a) Gebiete mit einer mittlere Wintertemperatur über 0°C
- b) Gebiete mit einer mittlere Jahrestemperatur über 11°C
- c) Gebiete mit einem Jahresniederschlag über 500mm
- d) Gebiete die alle drei Kriterien erfüllen (Overlay)

rot – Gebiete in Europa, die obige Kriterien erfüllen



Informationen vom ECDC

 Habitateignung nach Nischenmodell



Schlussbetrachtung

Warum Nischenmodellierung? Was ist das Innovative an unseren Ideen/ Vorgehensweisen?

- (i) **Nischenmodellierung** schätzt mit einer sehr **hohen Genauigkeit** die **Habitateignung** für die jeweils ausgewählten Arten in bestimmten Gebieten – potentielle Verbreitung der Art.
- (ii) **Methodischer Ansatz – Zusammenführung der Modelle.**
- (iii) **Ensemble Forecasting** für *Aedes albopictus* und *Ae. japonicus* in Europe inklusive Deutschland.
- (iv) **Vergleich** *Ae. albopictus*/ *Ae. japonicus*: beide Arten werden mit dem **selben methodischen Ansatz** bearbeitet – daher können die Ergebnisse für **beide Arten miteinander verglichen** werden (z.B. top result – *Ae. japonicus* schmalere Temperaturnische mit Optimum bei niedrigeren Temperaturen).
- (v) **Limitierende Faktoren** wurden bislang nur Ansatzweise in der **Nischenmodellierung betrachtet**. Gerade bei invasiven Arten können diese helfen das **invasive Potential** der **Art** bei sich **ändernden Umweltbedingungen zu bewerten** (wenn z.B. die Wintertemperatur als am stärksten limitierender Faktor in einem Gebiet nachgewiesen wurde, kann nach milden Wintern mit einem Auftreten der Art gerechnet werden – gezieltes Monitoring + Bekämpfungsmaßnahmen).