

Philipps



Universität
Marburg

Populationsgenetik & Evolutionäre Ökologie als Grundlagen in Biodiversitätsforschung und Naturschutz

Dr. Lars Opgenoorth



Warum *Genetik* im Naturschutz?

Warum *Genetik* im Naturschutz?

„...biologische Vielfalt ... umfasst die **Vielfalt innerhalb von Arten** und zwischen den Arten und die Vielfalt von Ökosystemen“ (CBD 1992)

- ➔ **Genetische Vielfalt** ist die Voraussetzung für Merkmalsvielfalt von Organismen
- ➔ und damit für **Anpassungen** an unterschiedliche Umweltbedingungen und **Anpassungsfähigkeit** an sich ändernde Umweltbedingungen.

Was ist „Genetische Vielfalt“?

Genetische Variationen sind Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung z.B. von Individuen, Populationen oder Arten.



Genotyp

Familie

Genus

Art

Herkunft

Bestand

Baum

Gewebe

Was ist „Genetische Vielfalt“?

Genetische Variationen sind Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung z.B. von Individuen, Populationen oder Arten.

- 1. Neutrale genetische Variation** – Verwandtschaftsverhältnisse, Demographie, neutrale Evolution



Genotyp

Familie

Genus

Art

Herkunft

Bestand

Baum

Gewebe

Was ist „Genetische Vielfalt“?

Genetische Variationen sind Unterschiede in der genetischen Zusammensetzung z.B. von Individuen, Populationen oder Arten.

- 1. Neutrale genetische Variation** – Verwandtschaftsverhältnisse, Demographie, neutrale Evolution
- 2. Funktionelle genetische Variation** – Anpassungen an Umwelt, adaptive Evolution



Familie

Genus

Art

Herkunft

Bestand

Baum

Gewebe

Methoden der Naturschutzgenetik

Neutrale genetische Marker

- ➔ Iso-/Alloenzyme
- ➔ AFLPs
- ➔ Mikrosatelliten
- ➔ SNPs
- ➔ Gen-Sequenzierung
- ➔ ...

Vs.

Anpassungsrelevante Marker

- ➔ SNPs
- ➔ Gen-Sequenzierung
- ➔ Exome Capture
- ➔ Transkriptomanalyse
- ➔ Genomanalyse
- ➔ ...

Methoden der Naturschutzgenetik

Neutrale genetische Marker

- ➔ Iso-/Alloenzyme
- ➔ AFLPs
- ➔ Mikrosatelliten
- ➔ SNPs
- ➔ Gen-Sequenzierung
- ➔ ...

GTACTACTACTACTACTAC 6
GTACTACTACTAC 4

Vs.

Anpassungsrelevante Marker

- ➔ SNPs
- ➔ Gen-Sequenzierung
- ➔ Exome Capture
- ➔ Transkriptomanalyse
- ➔ Genomanalyse
- ➔ ...

Methoden der Naturschutzgenetik

Neutrale genetische Marker

Unterscheidung von

- ➔ Individuen
- ➔ Populationen
- ➔ (Unter-)Arten

Beschreibung von Zuständen

- ➔ Populationsstruktur
- ➔ Populationsgröße
- ➔ Inzuchtdepression
- ➔ Genetische Vielfalt

und Prozessen

- ➔ Genfluss
- ➔ Hybridisierung
- ➔ Genetische Drift

Vs.

Anpassungsrelevante Marker

Unterscheidung von

- ➔ s.o.
- ➔ Anpassung
- ➔ Anpassungsfähigkeit

Beschreibung von Zuständen

- ➔ s.o.

und Prozessen

- ➔ s.o.
- ➔ Selektion
- ➔ Adaptive Radiation

Beispiele I & II - Genetisches Monitoring

➔ Auerhuhnbestände im Bayerisch/
Böhmischen Grenzgebirge



Nationalpark
Bayerischer Wald



➔ *Arnica montana* L. Bestände in Hessen



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Hochschule
Geisenheim
University

Fragen aus dem genetischen Monitoring Auerhuhn

- ➔ Wie viele Auerhühner gibt es noch im Bayerisch-/Böhmischen Grenzgebirge?
- ➔ Ist die Population langfristig überlebensfähig und sind die Teilpopulationen noch ausreichend vernetzt?

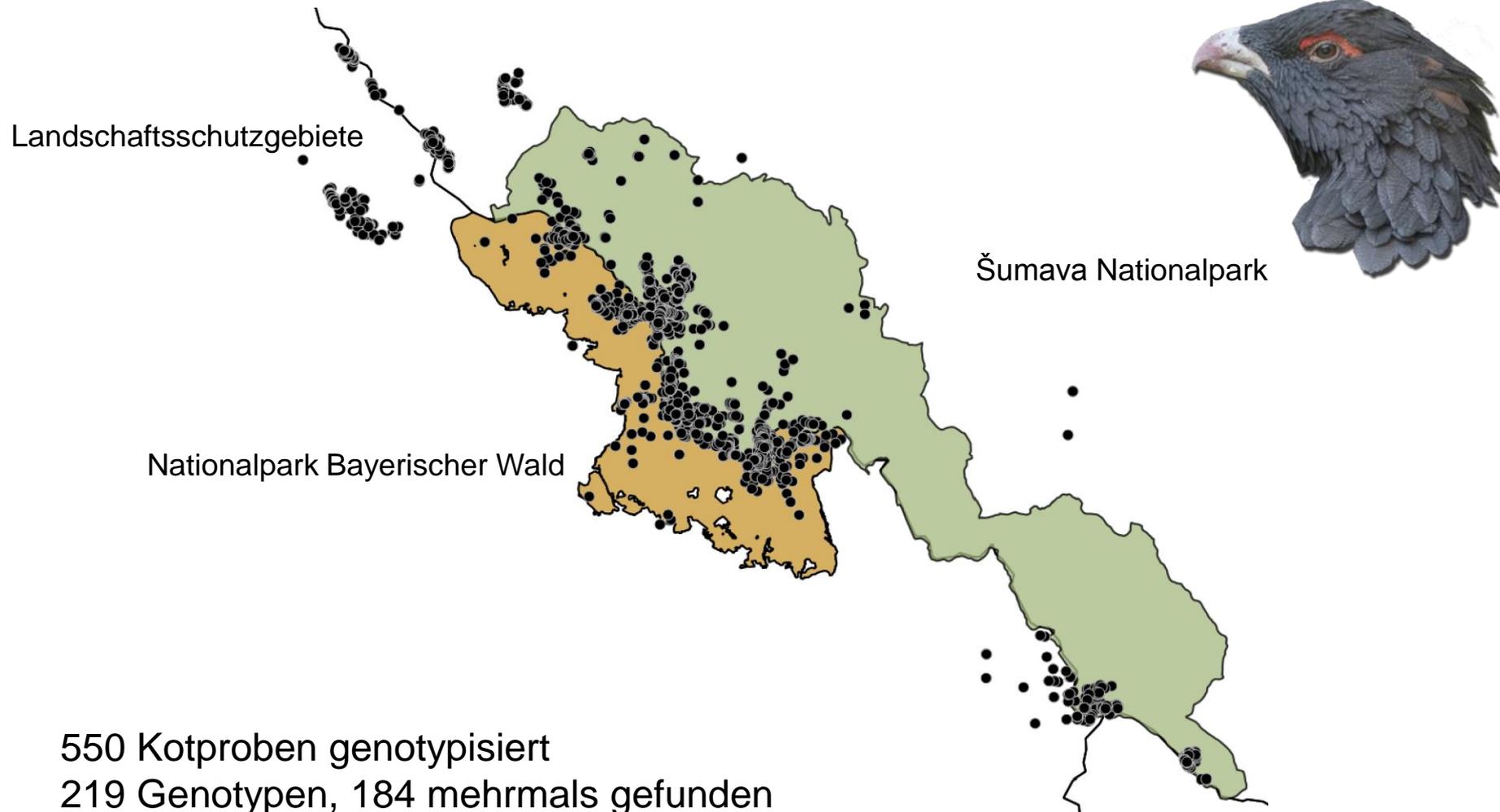




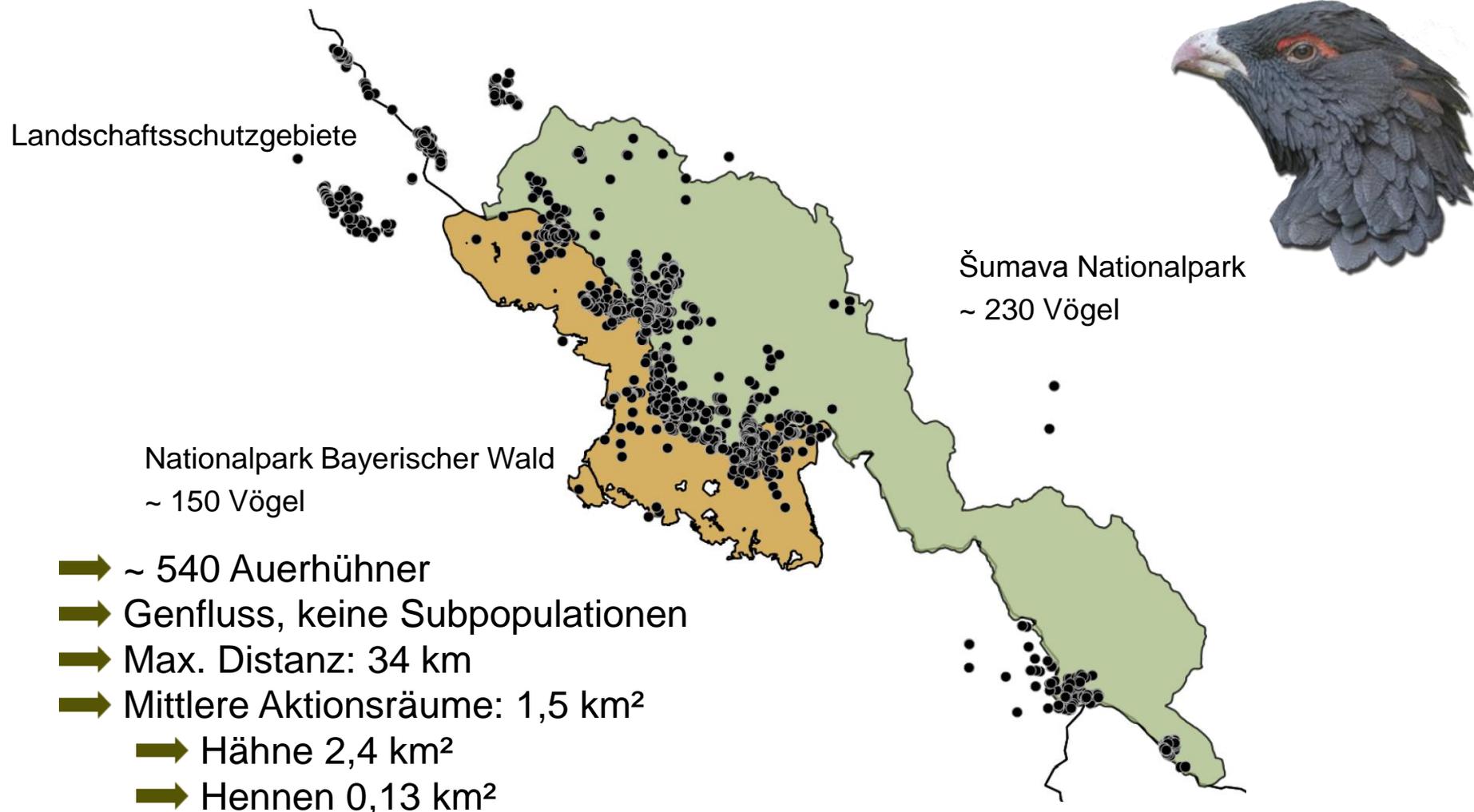
Nicht-invasive Beprobung auf Landschaftsniveau Winter 2009-2011

- ➔ > 7.500 Kotproben
- ➔ ~ 70 Helfer/innen
- ➔ 10 Mikrosatelliten-Marker

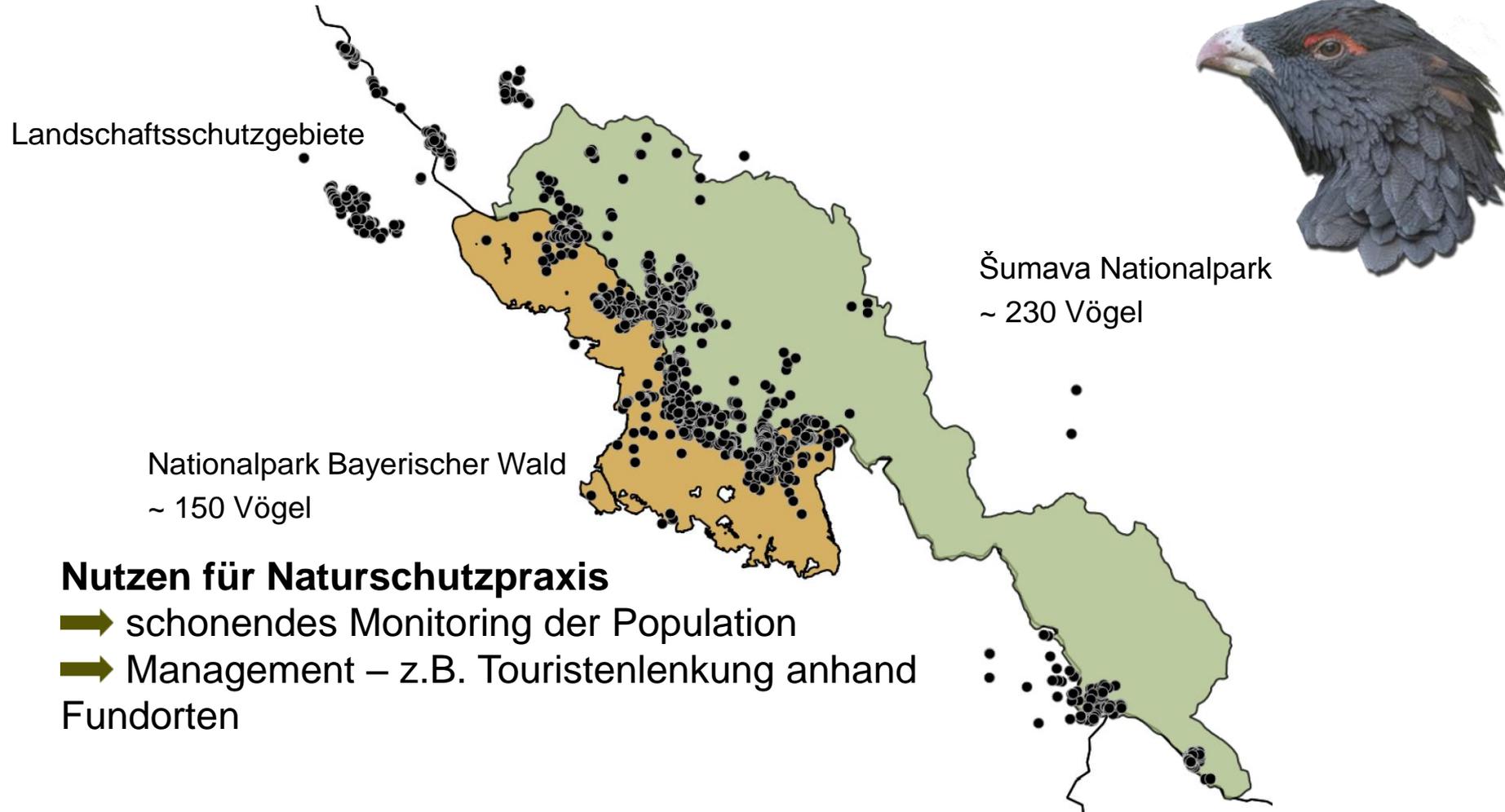
Verteilung der Proben



Verteilung der Proben



Verteilung der Proben



Nutzen für Naturschutzpraxis

- ➔ schonendes Monitoring der Population
- ➔ Management – z.B. Touristenlenkung anhand Fundorten

Genetisches Monitoring von *Arnica montana*



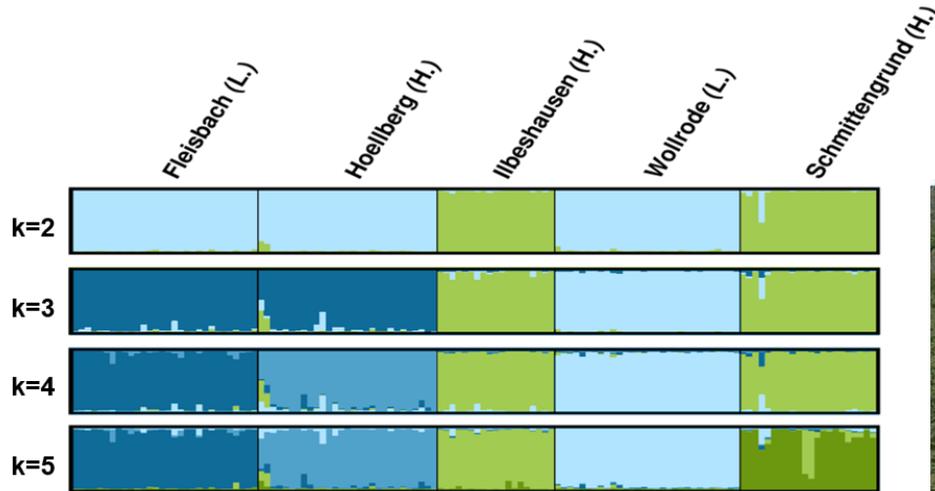
Hintergrund

- ➔ Arnika ist eine der Arten in besonderer Verantwortung Deutschlands
- ➔ Populationen nehmen aufgrund von Landnutzungsänderung und Eutrophierung ab

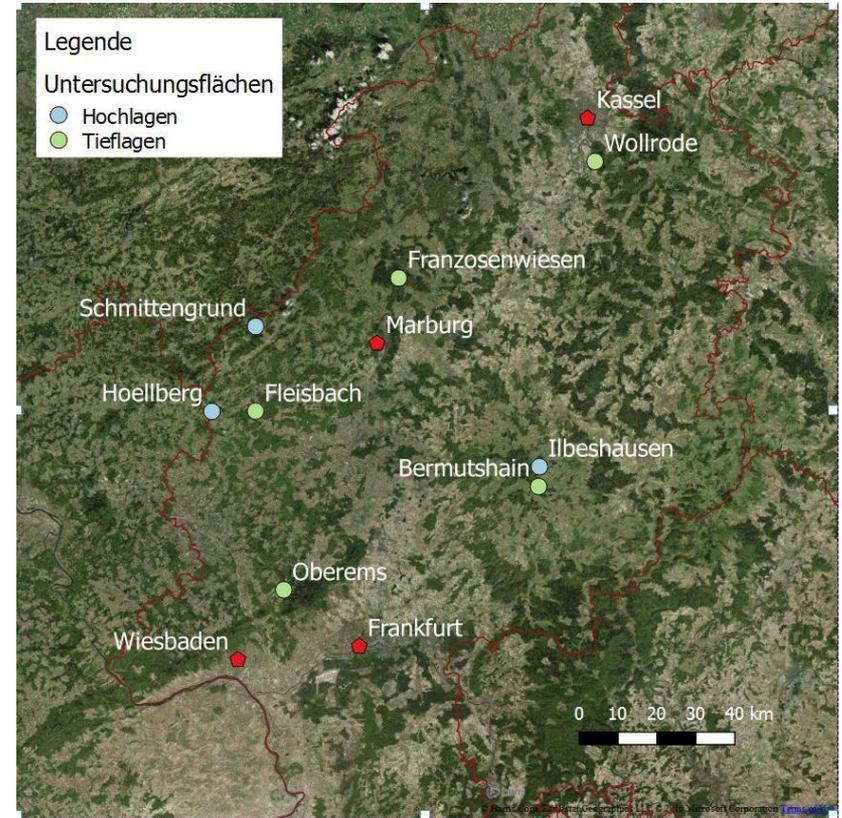
Fragen

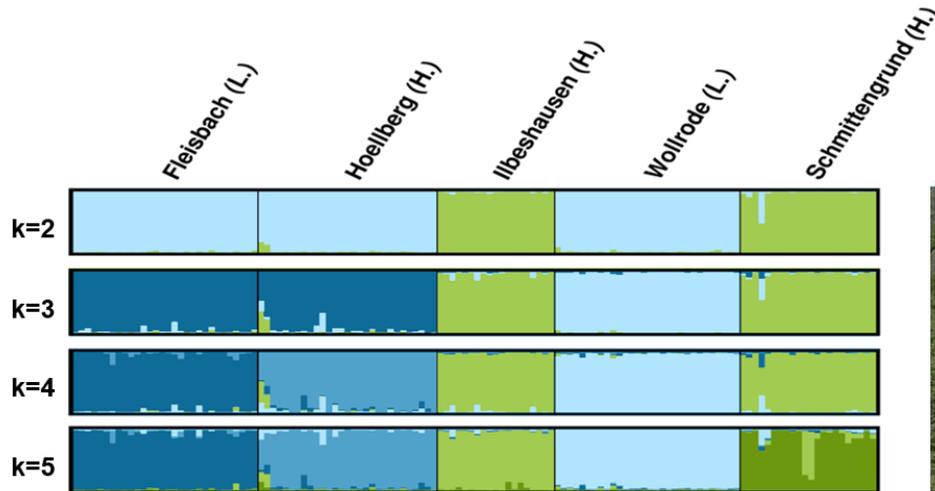
- ➔ Existieren mehrere Genpools im Untersuchungsgebiet?
- ➔ Gibt es einen Verlust Genetische Vielfalt in kleinen Beständen
- ➔ Gibt es ausreichend Genfluss oder Hinweise auf Inzucht?





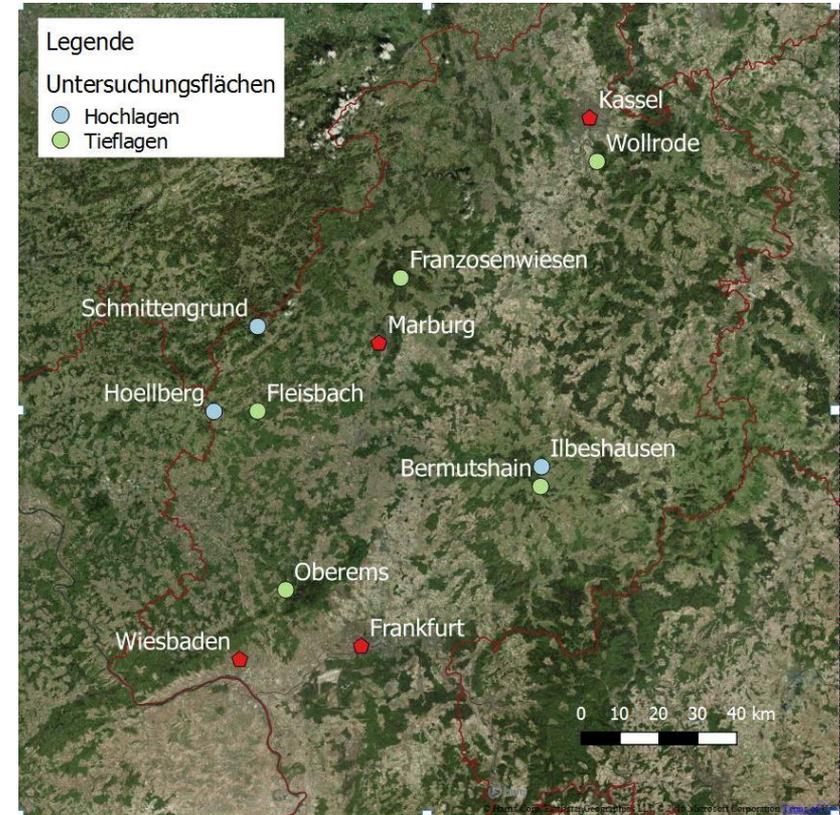
- ➔ 20-30 Individuen/Population
- ➔ 14 Mikrosatelliten Marker

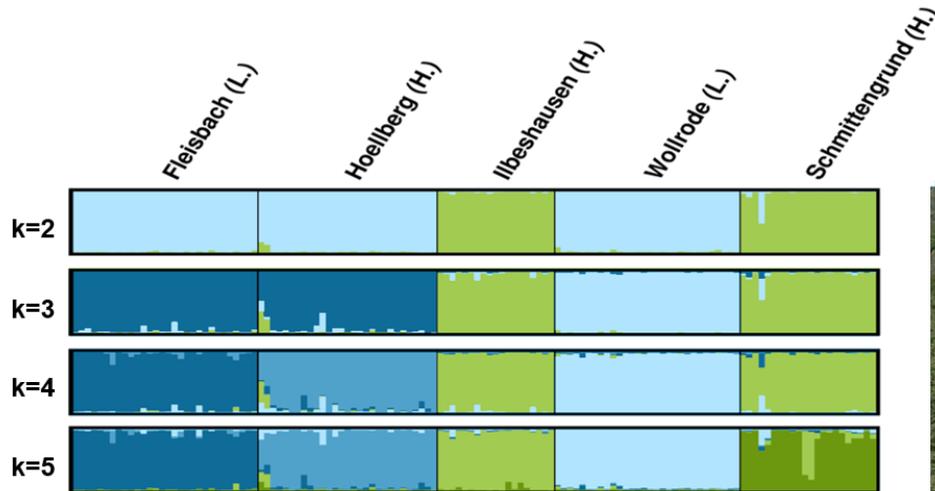




Schlussfolgerungen

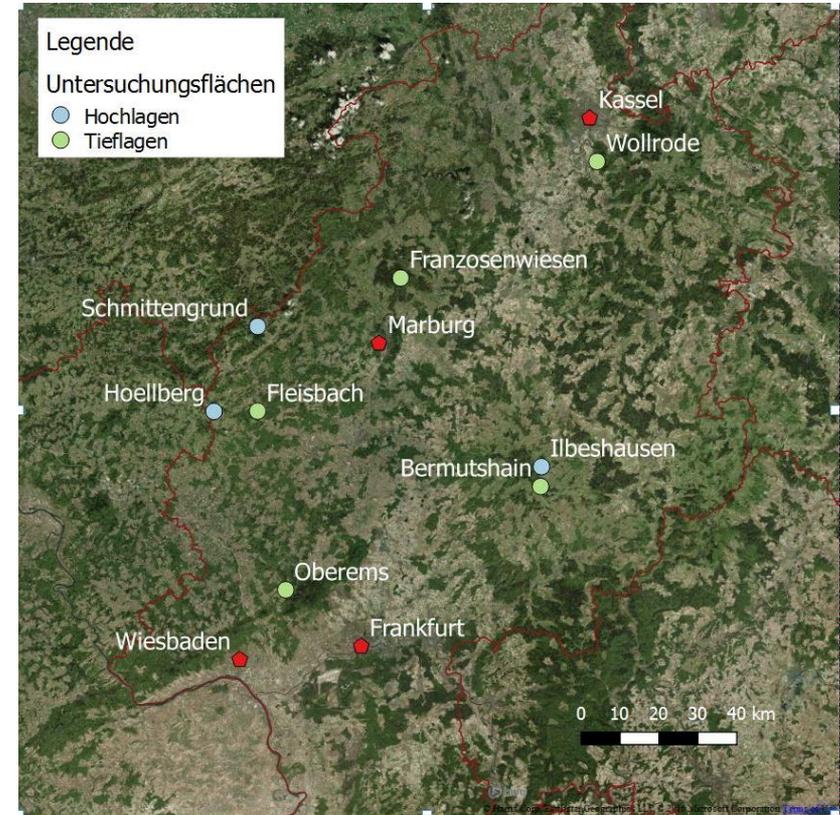
- ➔ Moderate aber deutliche Differenzierung der Populationen
- ➔ Die meisten Individuen lassen sich eindeutig ihrer Ursprungspopulation zuordnen
- ➔ Große und mittlere Populationen zeigen bisher keine Anzeichen rückläufiger Diversität und Inzucht



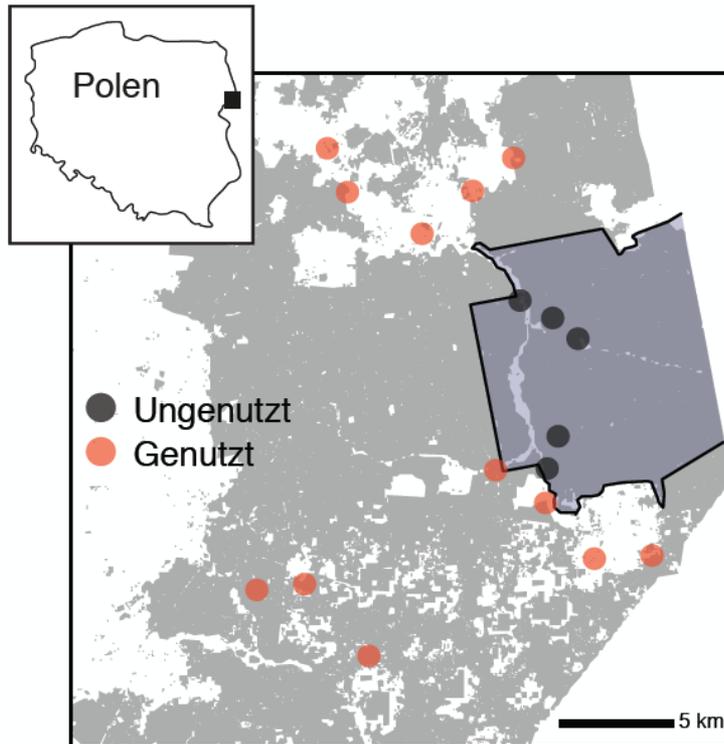


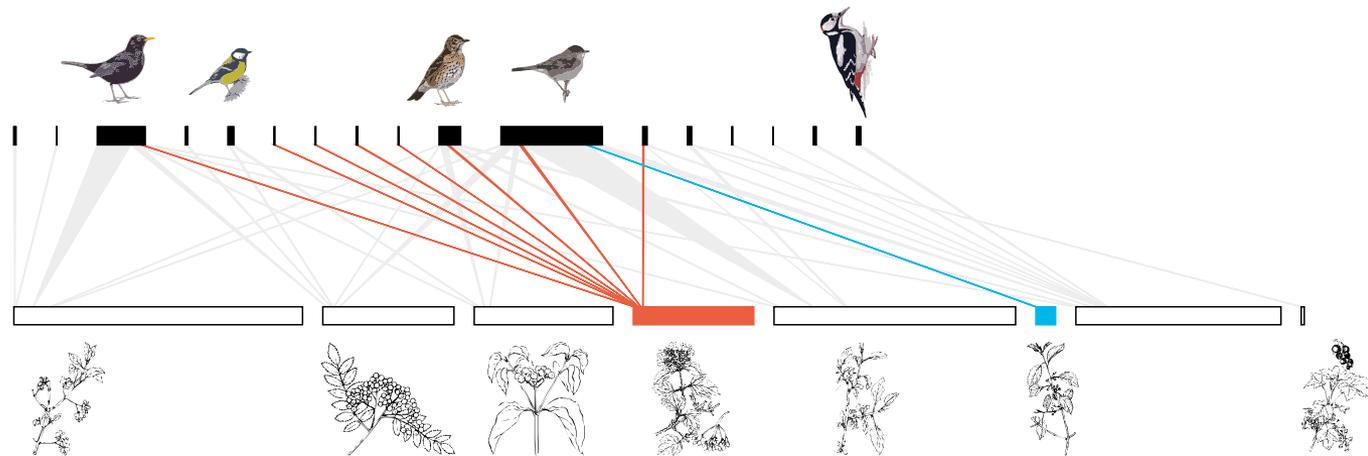
Nutzen für Naturschutzpraxis

- ➔ Bestimmung inzuchtgefährdeter Populationen
- ➔ Stützung verarmter Populationen durch nah verwandtes Material

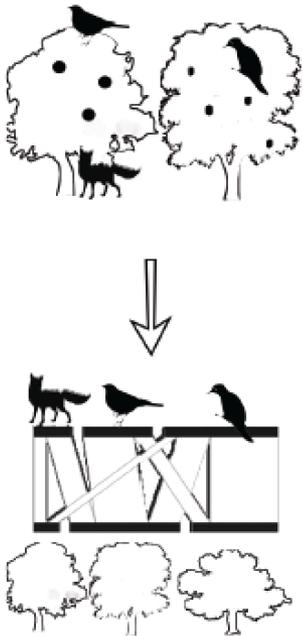


Beispiel III - Barcoding zur Erfassung von Nahrungs- und Interaktionsnetzwerken

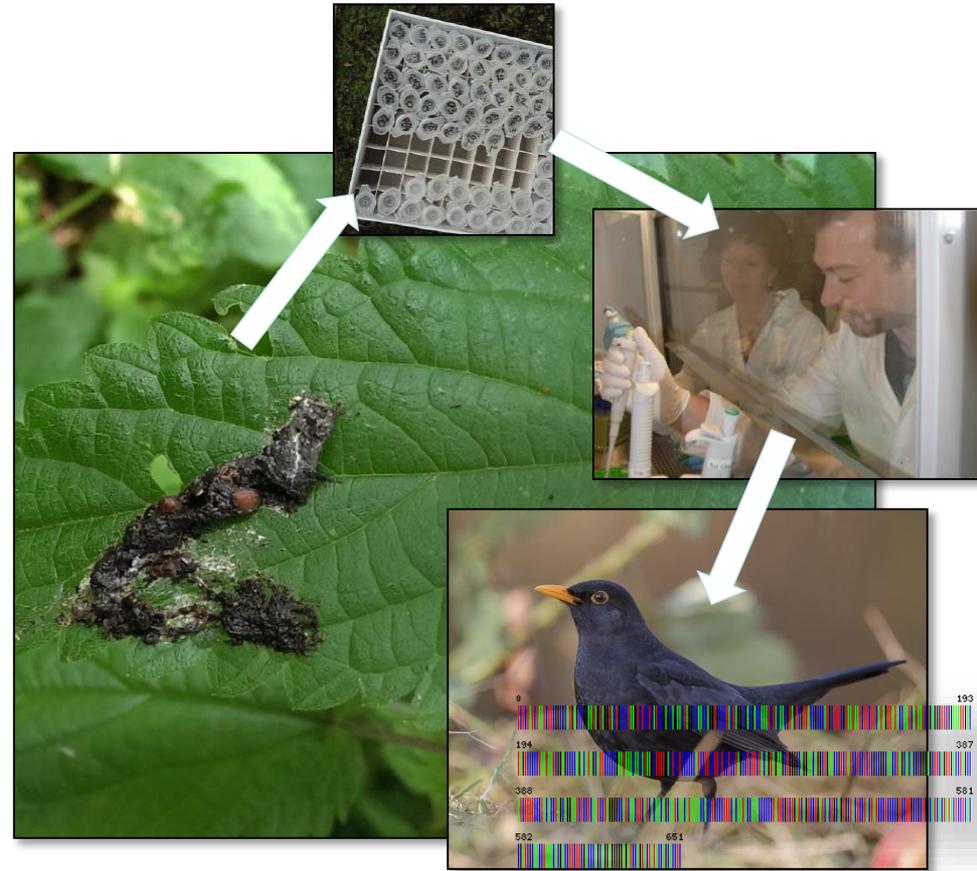
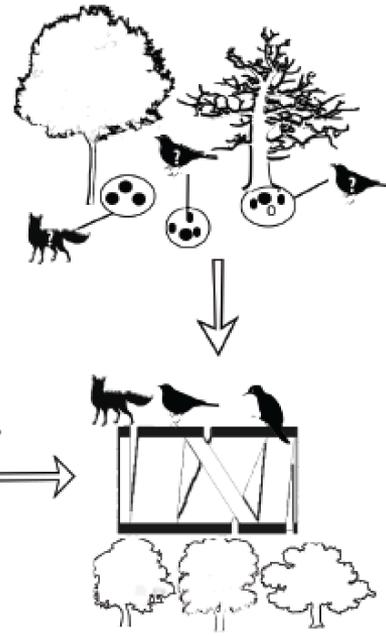


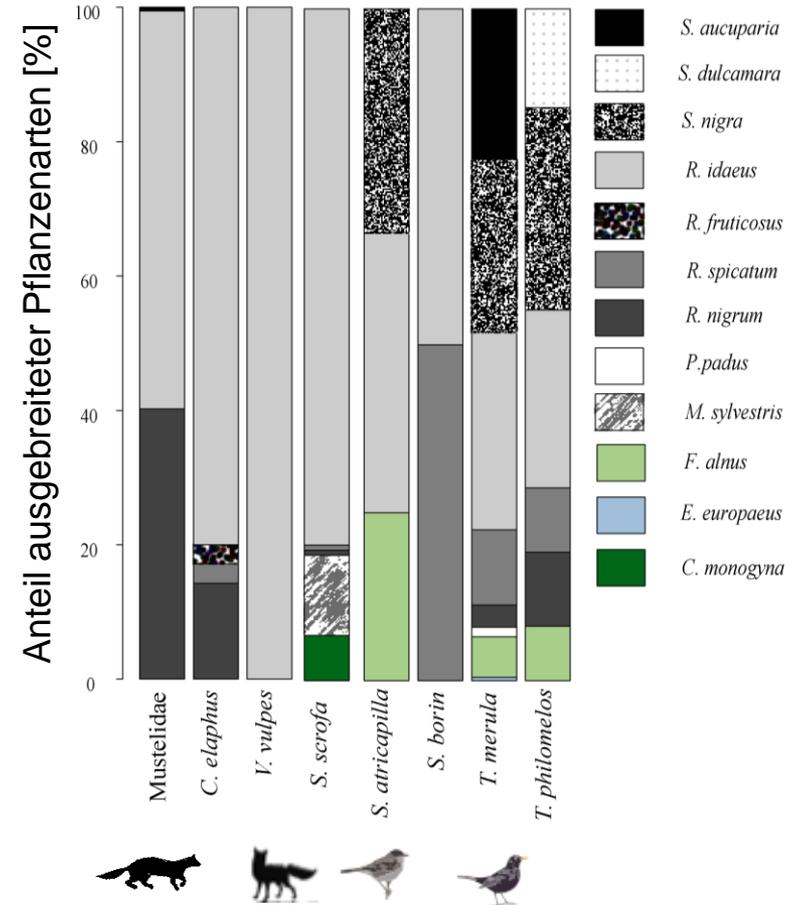
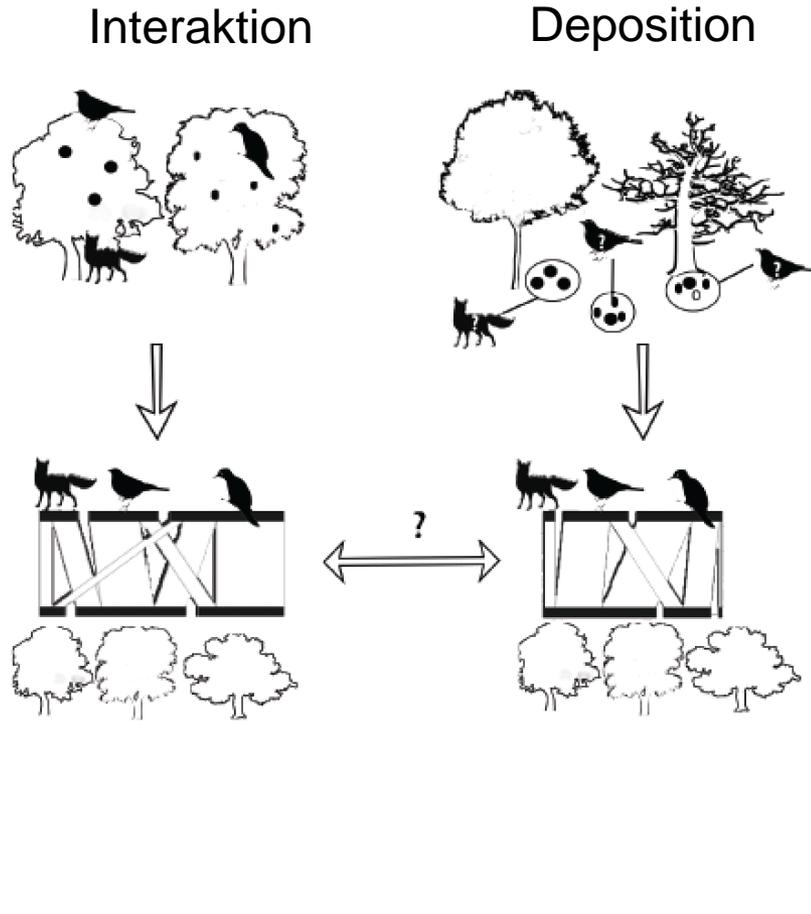


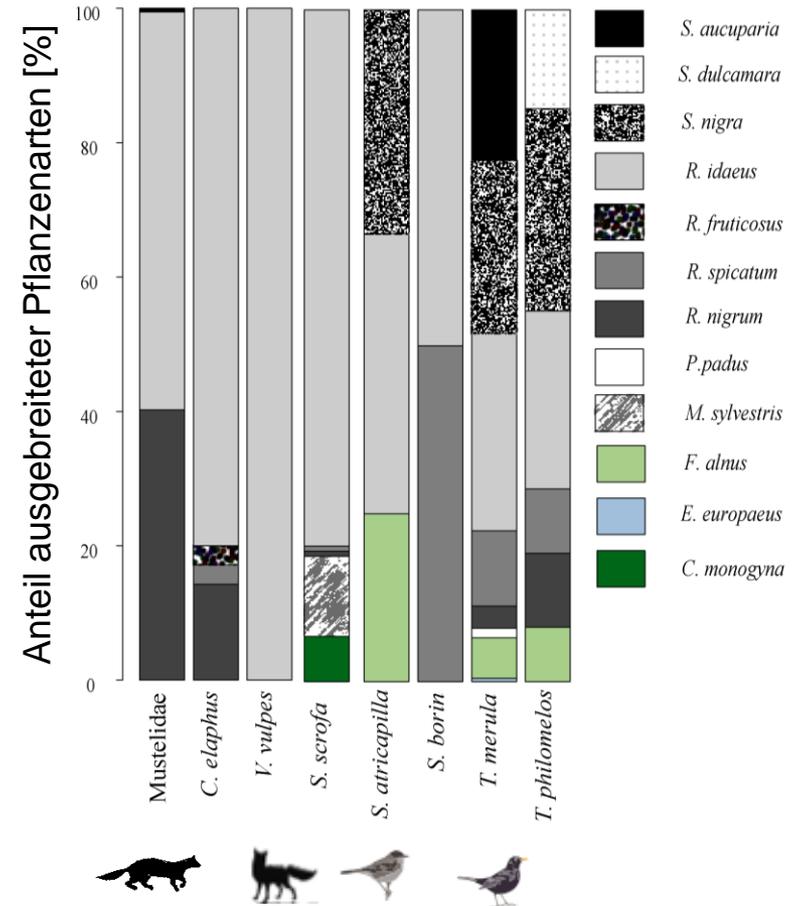
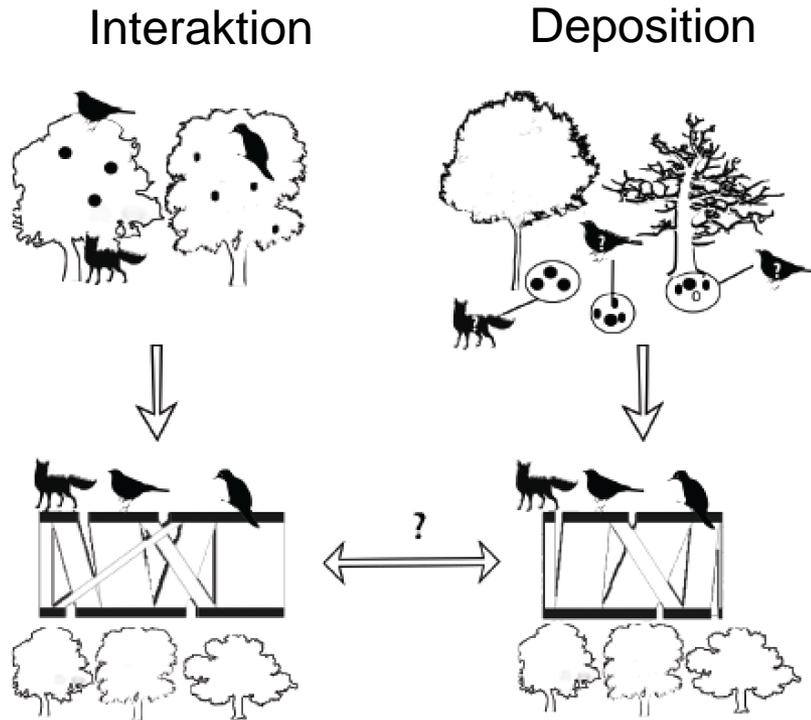
Interaktion



Deposition







Nutzen für Naturschutzpraxis

➔ Quantifizierung von Nahrungsnetzen zum Biodiv-Management in der Forstwirtschaftlichen Praxis

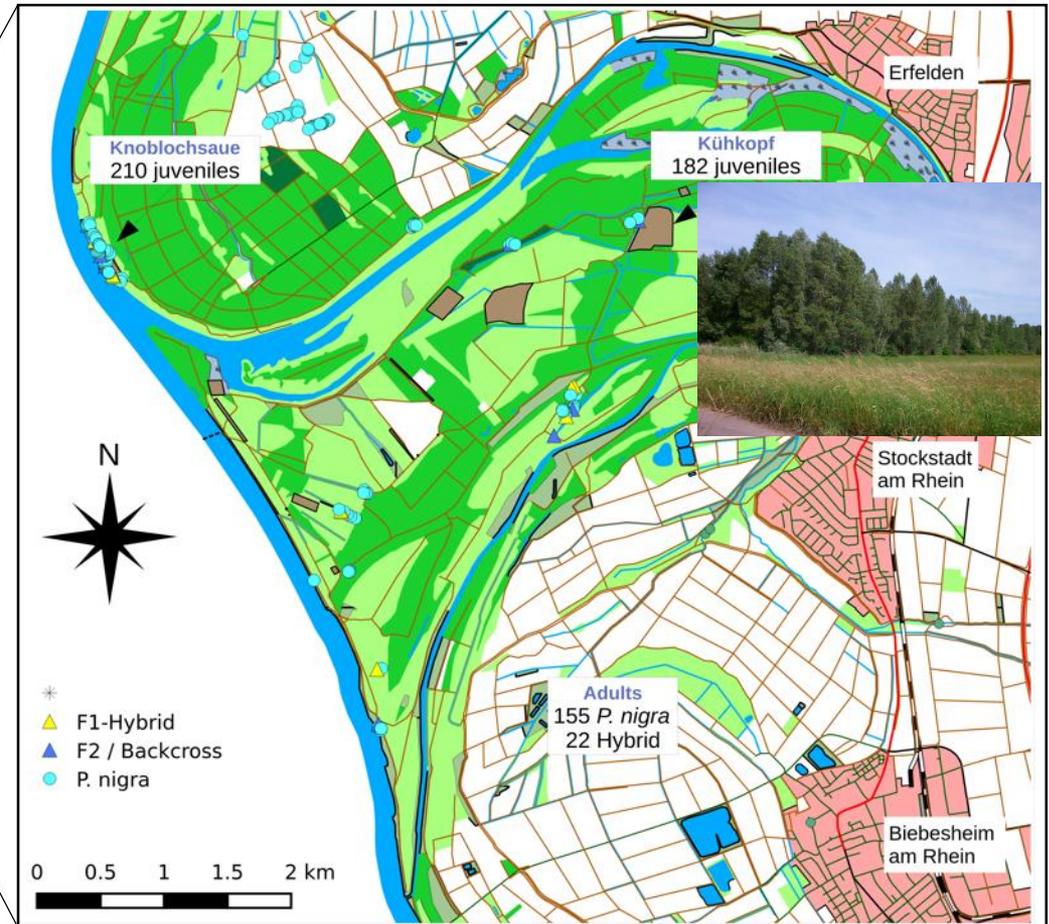
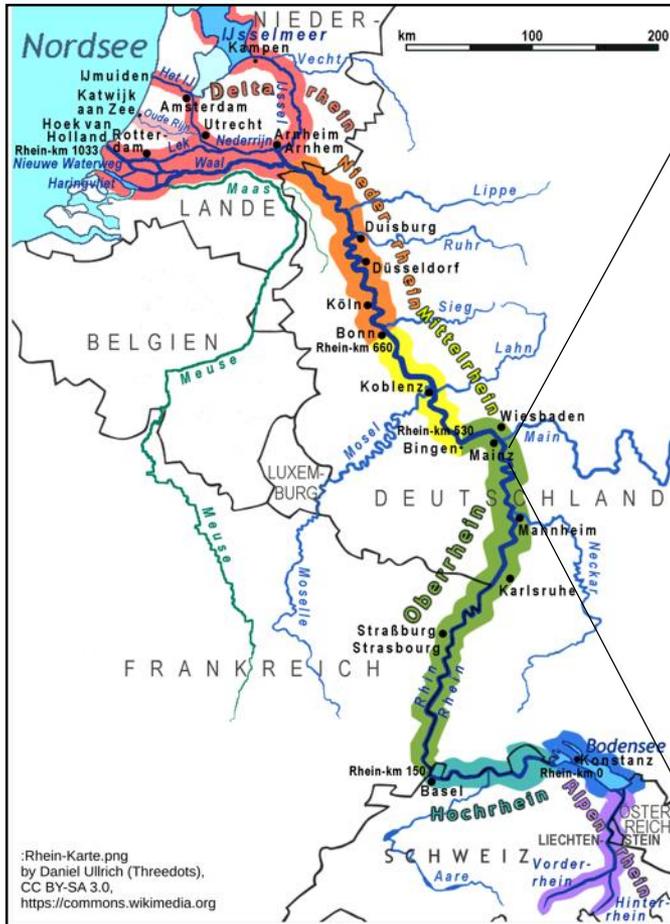
Beispiel IV – Ist die Schwarzpappel im Naturschutzgebiet Kühkopf/ Knoblochsaue durch Hybridisierung gefährdet?

Hintergrund

- ➔ Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) Schlüsselart in der Weichholzaue
- ➔ Rote Liste Art aufgrund von Vernichtung des Lebensraumes – insbesondere der natürlichen Flußdynamik
- ➔ Mögliche Introgression der Hybridpappel (*Populus x canadensis*), die z.T. großflächig in Plantagen, aber auch entlang von Flüssen angebaut wurde

Frage

- ➔ Gibt es natürliche Regeneration bei der Schwarzpappel am Kühkopf oder wird sie durch Hybridpappeln verdrängt?
- ➔ Gibt es Rückkreuzungen bei den juvenilen Populationen?
- ➔ Wie groß sind die Anteile vegetativer und generativer Vermehrung?

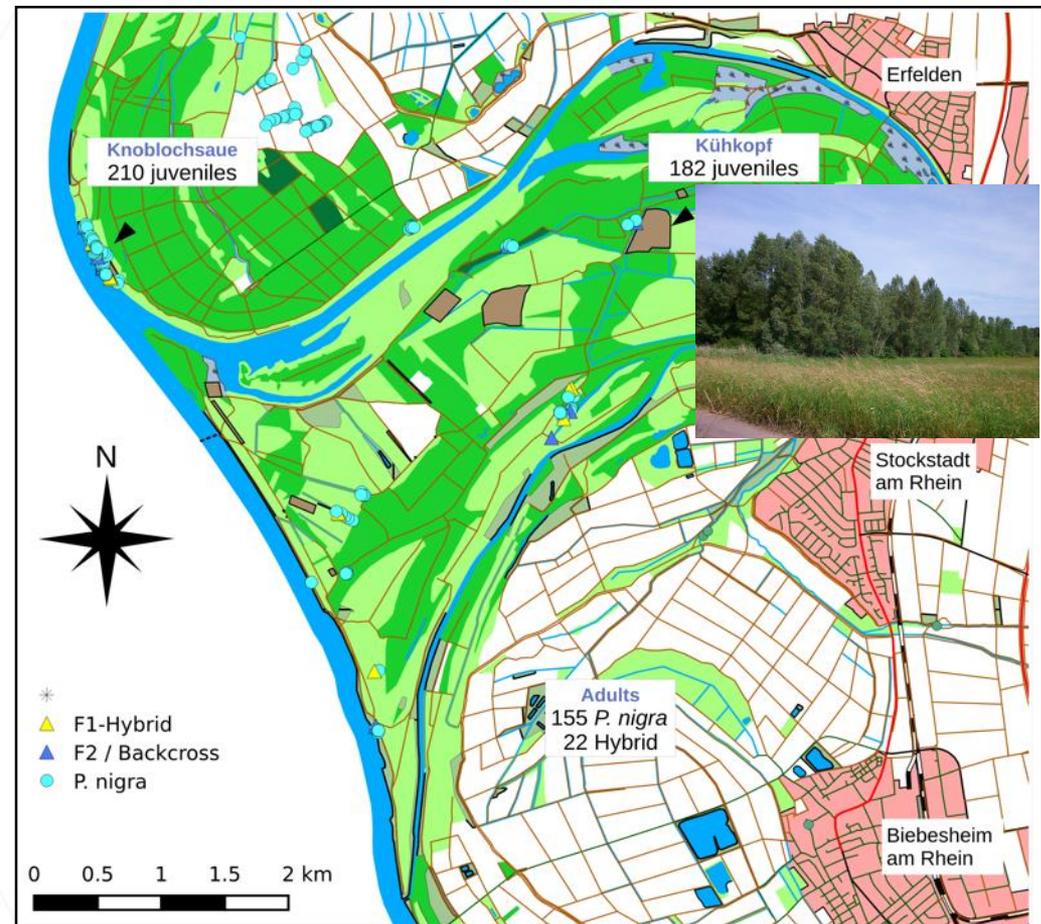


Knoblochsau

- ➔ ~ 90/10 Nigra/Hybridpappeln davon
- ➔ ~ 50/50 F1/Rückkreuzungen
- ➔ nahezu keine Klone

Kühkopf

- ➔ 181/1 Nigra/Hybridpappeln
- ➔ nahezu keine Klone



Knoblochsau

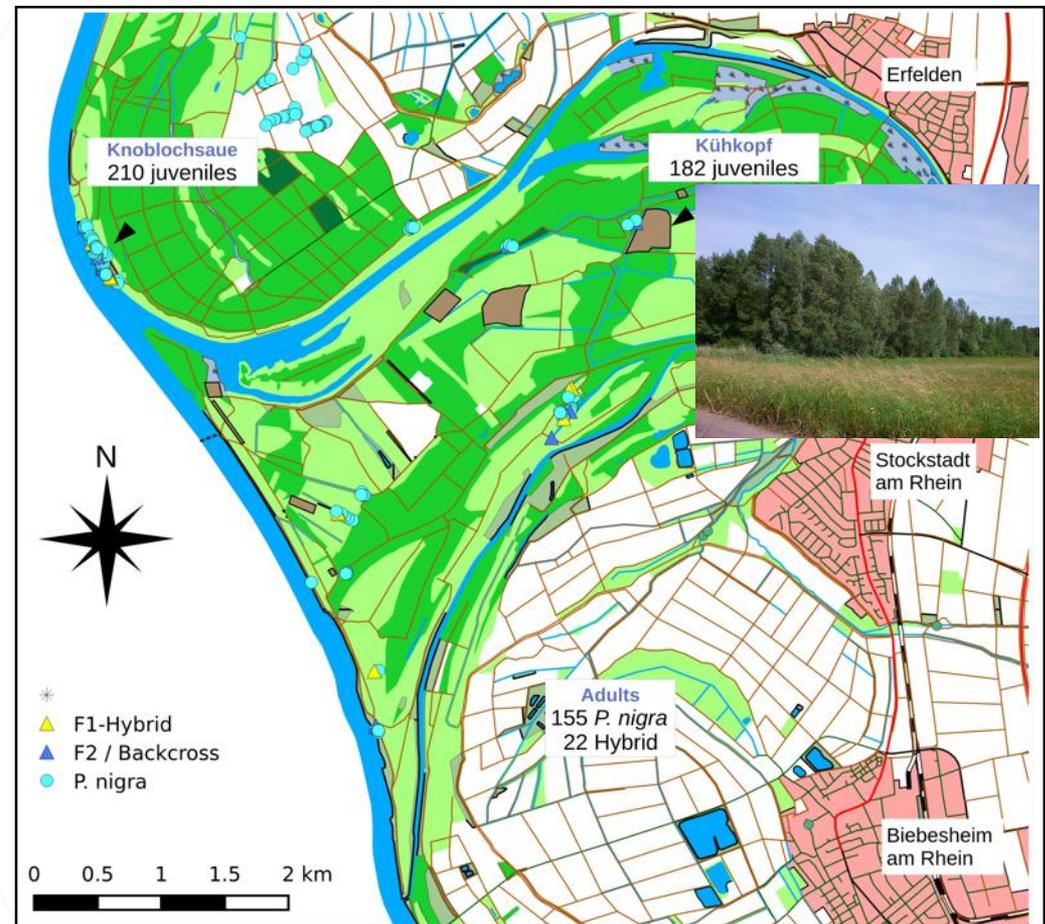
- ➔ ~ 90/10 Nigra/Hybridpappeln davon
- ➔ ~ 50/50 F1/Rückkreuzungen
- ➔ nahezu keine Klone

Kühkopf

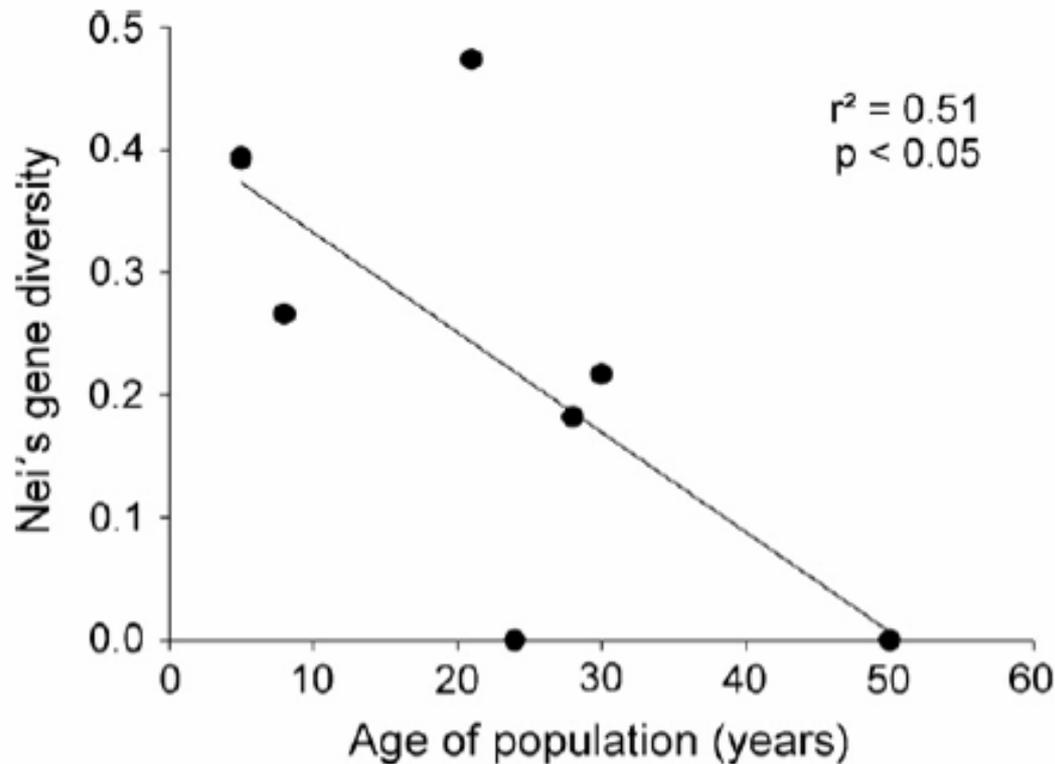
- ➔ 181/1 Nigra/Hybridpappeln
- ➔ nahezu keine Klone

Nutzen für Naturschutzpraxis

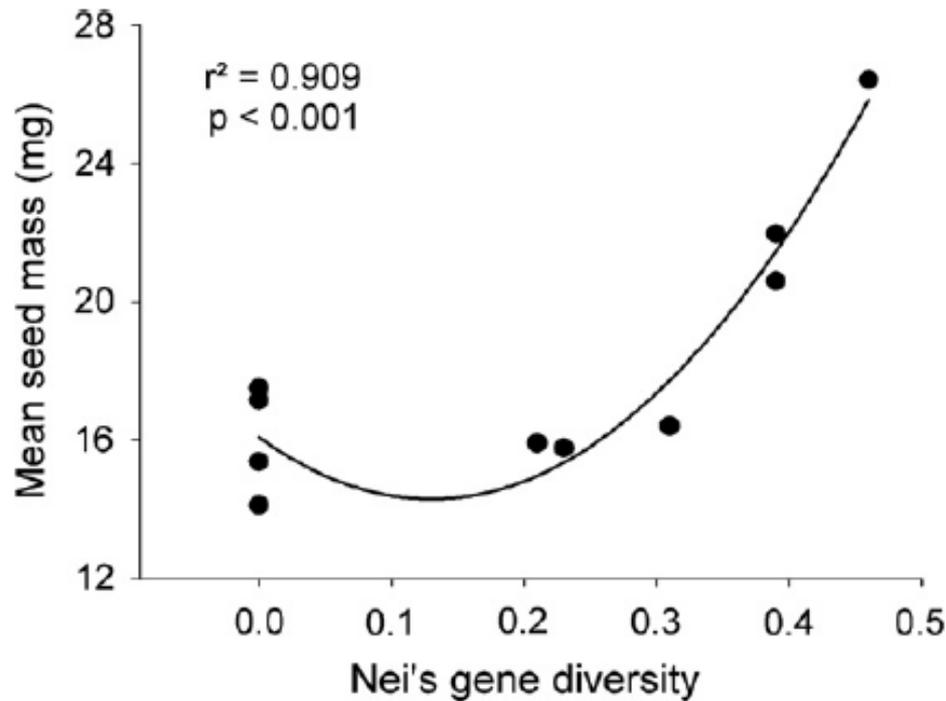
- ➔ Managementstrategie anpassen, wie z.B. Hybride im Jungwuchs rausnehmen



Beispiel V - Welche genetischen Folgen hat die langjährige ex-situ Kultivierung von Pflanzen in Botanischen Gärten – das Beispiel Hundszunge (*Cynoglossum officinale*)



➔ Geringere genetische Vielfalt hat negative Folgen für Wachstum der Pflanzen



Nutzen für Naturschutzpraxis

➔ Ex-Situ Schutzstrategie durch genetisches Monitoring nachjustieren

Beispiel VI - Genomische Untersuchungen zur Lokalanpassung von Bäumen u.a. im NP Kellerwald-Edersee

Fragen

- ➔ Auf welcher räumlichen Skala findet Lokalanpassung bei Waldbäumen statt?
- ➔ Sind heimische Genotypen in der Lage mit dem Globalen Wandel zurecht zu kommen?

Ziele

- ➔ Bestimmung von adaptiv relevanten Genorten durch Genotyp – Phänotyp Assoziationen
- ➔ Entwicklung Genomischer Ressourcen
- ➔ Entwicklung Hochdurchsatzphänotypen

Nationalpark
Kellerwald-Edersee



GENTREE

Katrin Heer, Naturschutzbiologie, AG Ziegenhagen
Lars Opgenoorth, Allgemeine Ökologie/Tierökologie, AG Brandl

Bäume als Untersuchungsobjekt in Genotyp-Phänotyp Assoziationen



Langlebigkeit/Lange Generationszeiten

➔ Wenige Generationen für den Erwerb von Anpassungen

Komplexer Phänotyp mit enormer Plastizität

➔ Größe

➔ Wuchsform

➔ Austrieb

Bäume als Untersuchungsobjekt in Genotyp-Phänotyp Assoziationen



Langlebigkeit/Lange Generationszeiten

➔ Wenige Generationen für den Erwerb von Anpassungen

Komplexer Phänotyp mit enormer Plastizität

➔ Größe

➔ Wuchsform

➔ Austrieb

**Experimente &
Phänotypisierung schwierig**

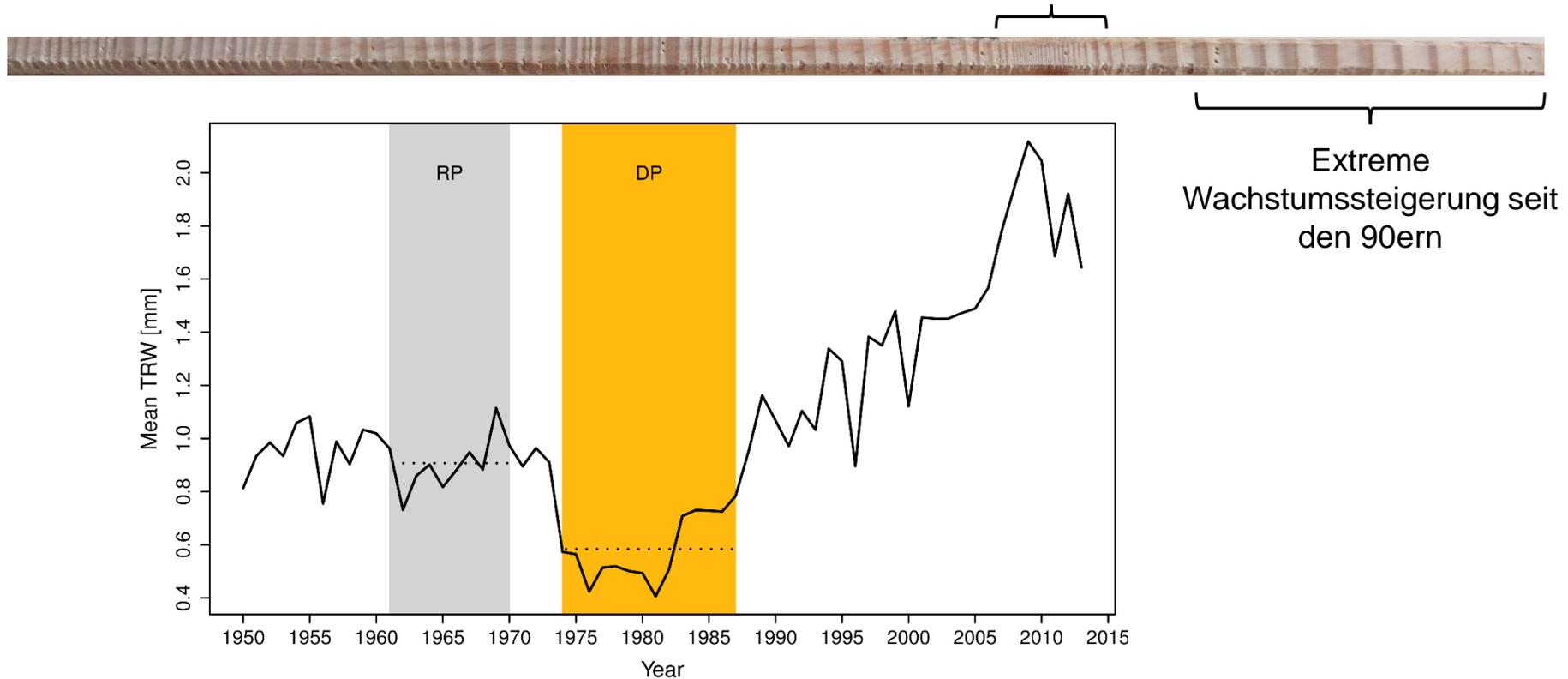
3D Modelle aus Drohnenaufnahmen zur Erfassung von Parametern auf Einzelbaumniveau

- ➔ Phänologie (Blattaustrieb, Seneszenz...)
- ➔ Wuchsparameter (Baumhöhe, Kronenform,...)
- ➔ Konkurrenzindices

- ➔ Mikrostandort
- ➔ Topographie/Digitales Oberflächenmodell
- ➔ Produktivität



Reduziertes Wachstum bei Weißtanne (*Abies alba*) in 70ern infolge Luftverschmutzung

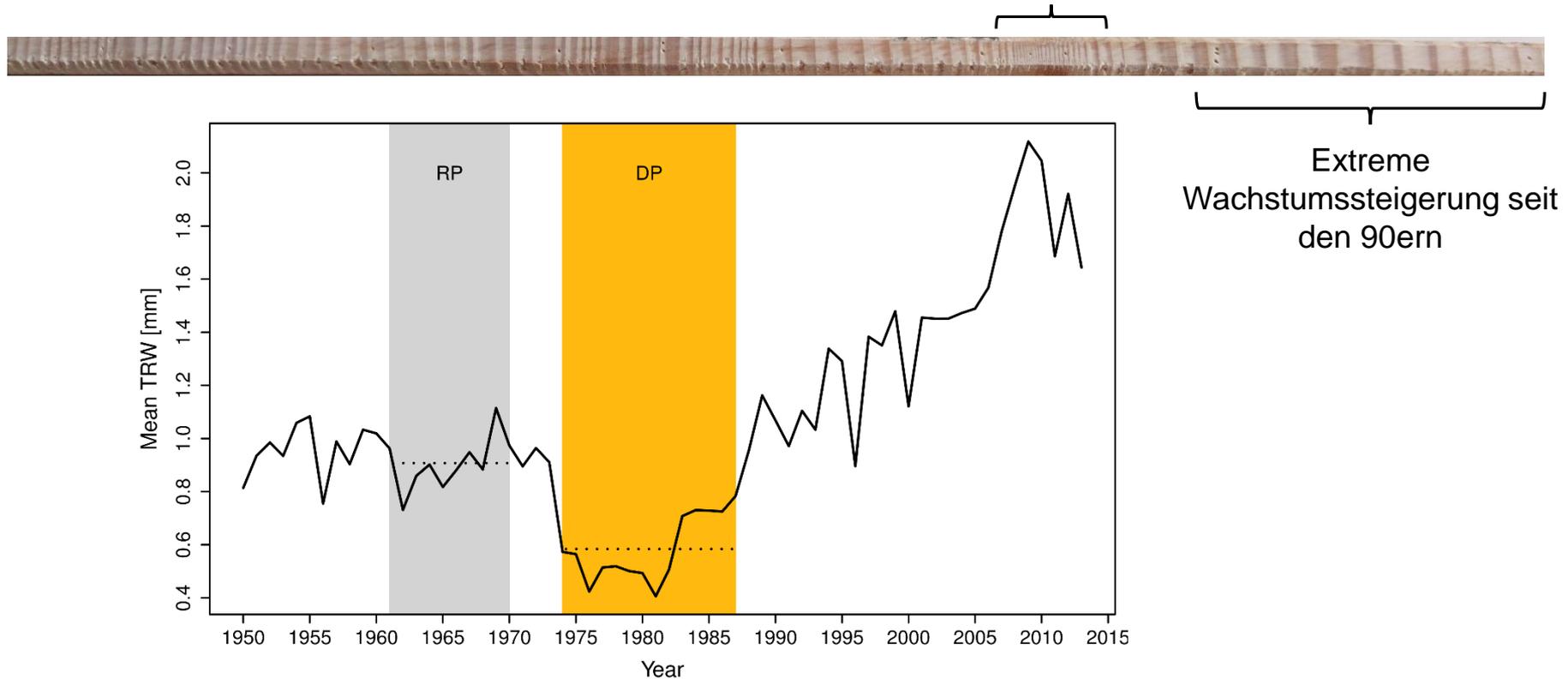


Individuelle Parameter aus Bohrkernen

➔ Resistenz (Tiefe Depression)

➔ Resilienz (Dauer von und Wachstum nach Depression)

Reduziertes Wachstum bei Weißtanne (*Abies alba*) in 70ern infolge Luftverschmutzung



➔ SNPs in drei stressbezogenen Kandidatengenomen korrelieren positiv mit Resistenz (Tiefe Depression)

- ➔ Populationsgenetik und Evolutionsökologie leisten im Sinne einer modernen Naturschutzgenetik wesentliche Beiträge zum Schutz biologischer Vielfalt – auch in Hessen
- ➔ Der Einsatz von neutralen Markern erlaubt einen unmittelbaren Einsatz für die Naturschutzpraxis
- ➔ Adaptive Marker insb. Methoden des „Next-Generation Sequencing“ sind noch weitestgehend für Grundlagenforschung vorbehalten; jedoch sind in den kommenden Jahren wesentliche Praxisimpulse zu erwarten

- ➔ Wissens- und Erfahrungstransfer zwischen wissenschaftlichem und praktischen Naturschutz sind von herausragender Bedeutung
- ➔ Wir freuen uns über neue Kooperationen mit der Naturschutzpraxis

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Allgemeine Ökologie/Tierökologie, AG Brandl

Pflanzenökologie, AG Matthies

Naturschutz, AG Farwig

Naturschutzbiologie AG Ziegenhagen