

A panoramic view of a mountainous region with rolling hills, green fields, and dense forests. The foreground shows a mix of evergreen and deciduous trees, some with autumnal colors. In the distance, a small village is visible in a valley. The sky is clear and blue. The word "Willkommen" is written in large, white, sans-serif font across the center of the image.

Willkommen

Haben Fichte und Tanne noch eine Zukunft?

Potenziale und Grenzen unserer Baumarten und ihrer Provenienzen unter Klimawandel

Andreas Rudow, ETH Zürich

Holzindustrie Schweiz Tagung
«Waldbau der Zukunft: Klimafit und marktgerecht?»

28.04.2026, HAFL Zollikofen

Inhalt

- Grundlagen – Evolution von Baumarten
 - Metapopulation
 - Anpassung
 - Provenienz

- Beurteilung – Eignung von Baumarten
 - Interpretation von Absterbeereignissen
 - Interpretation zukünftiger Realisation
 - Risikostrategie Forstliche Exoten

- Fazit – Zukunft von Baumarten
 - Folgerungen

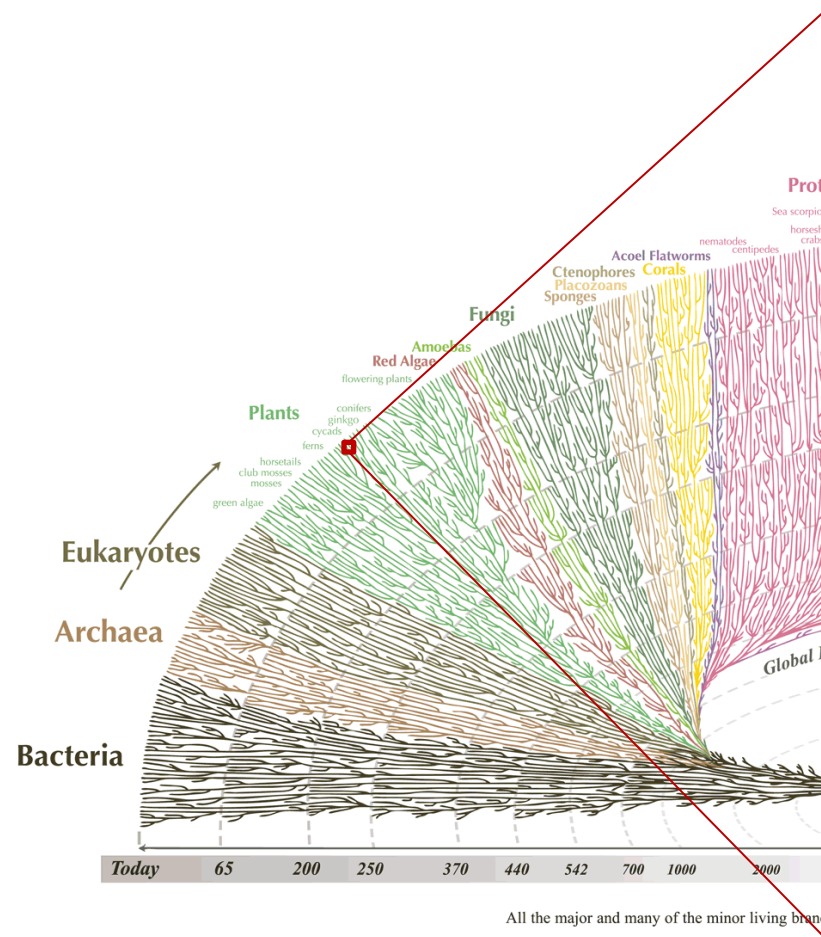
An aerial photograph of a lush green valley. The foreground and middle ground are filled with a dense forest of trees, likely oaks, with varying shades of green. The trees are scattered across a grassy slope. In the background, rolling hills rise under a clear, bright blue sky with a few wispy white clouds. The lighting suggests a sunny day, with shadows cast by the trees.

1 Grundlagen Evolution von Baumarten

Orientbuche (Fagus orientalis), Goderzipass (Kleiner Kaukasus) Georgien

1 Grundlagen

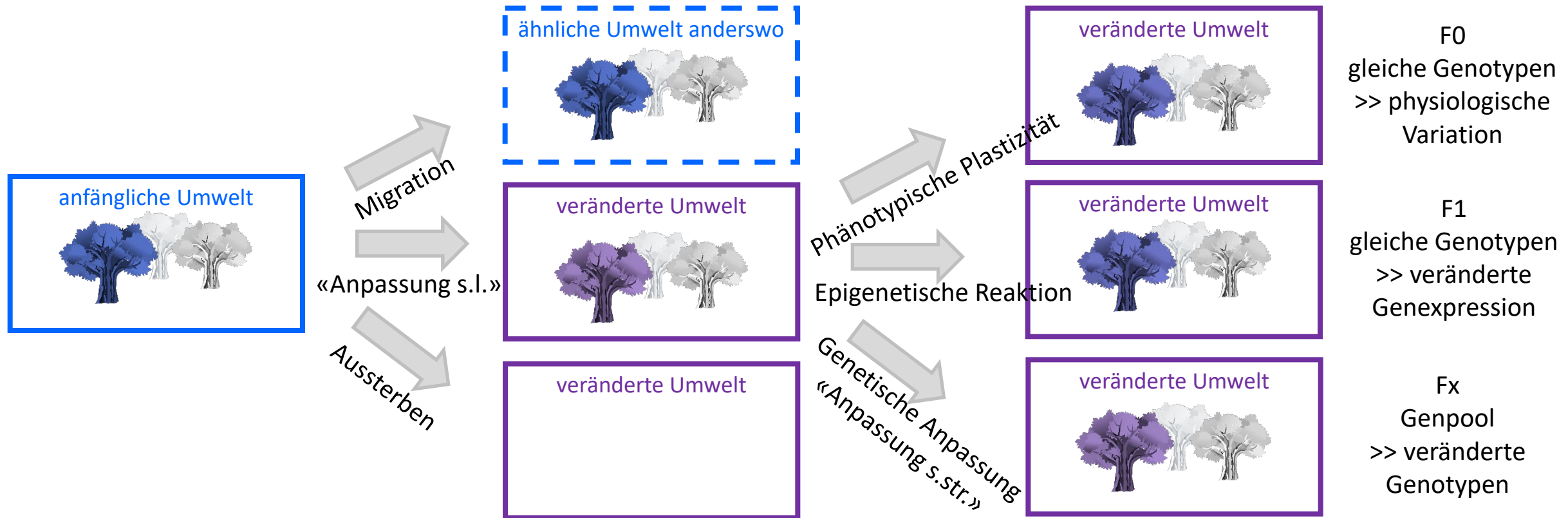
Metapopulation



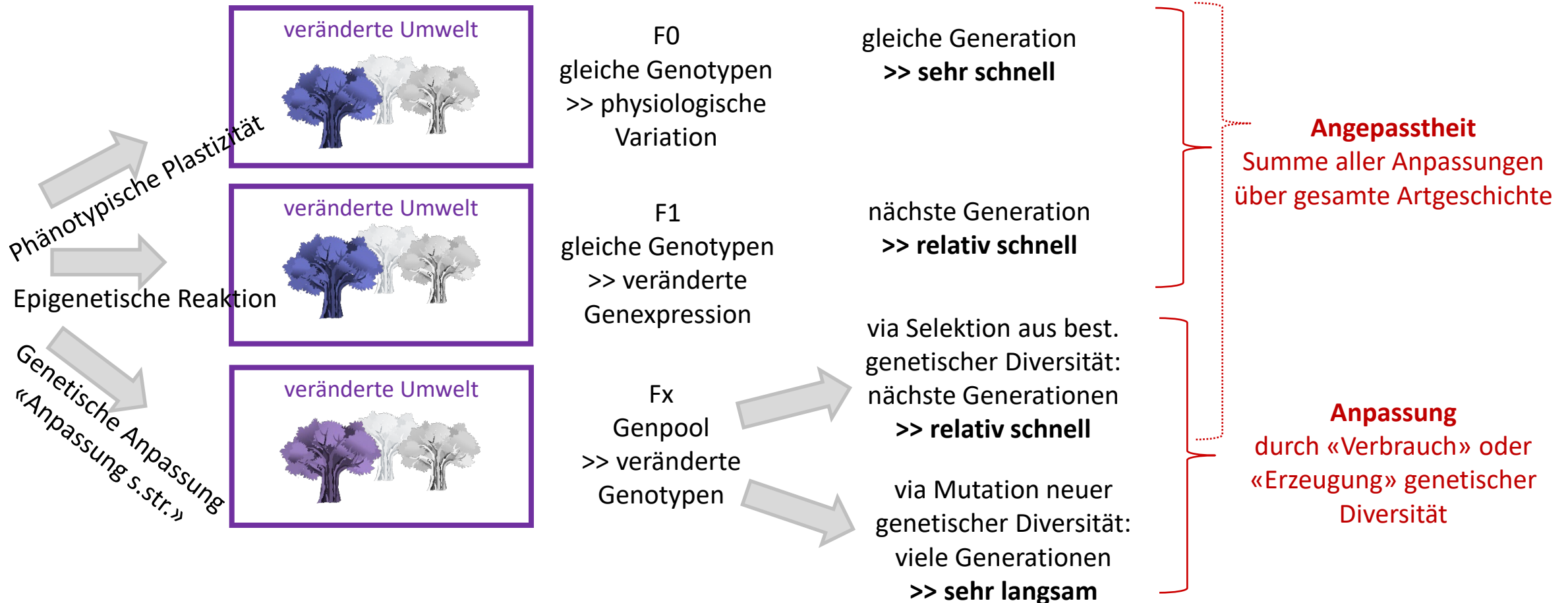
Metapopulationsdynamik =
 grossräumige und langfristige Abfolge
 von genetischer Differenzierung
 und genetischer Vermischung
 >> Erhalt der genetischen Diversität

Graphik: Eisenberg 2008, Darwin 1859, Whigler 2019

Anpassung – drei Ebenen



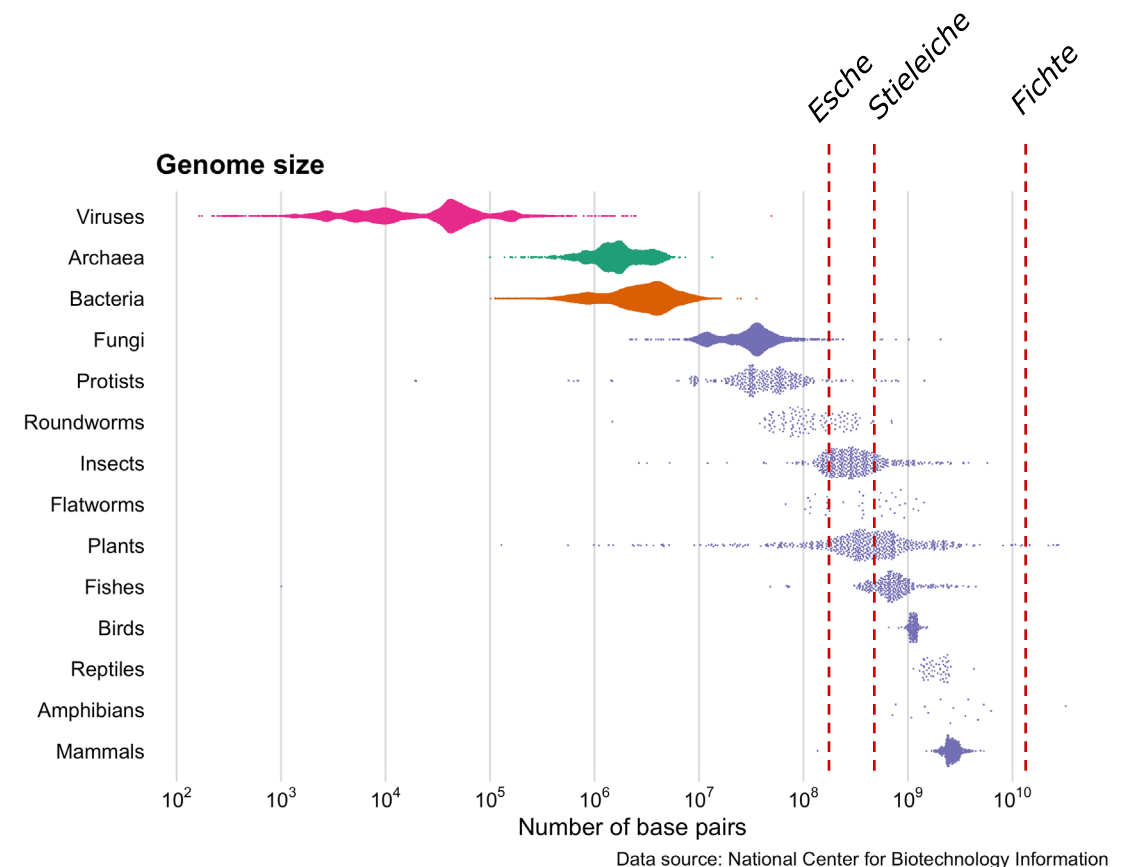
Anpassung und Angepasstheit



Baumarten sind Spezialisten der Anpassbarkeit

□ Stationäres Leben und hohe Langlebigkeit erfordern (vgl. Petit & Hampe 2006)

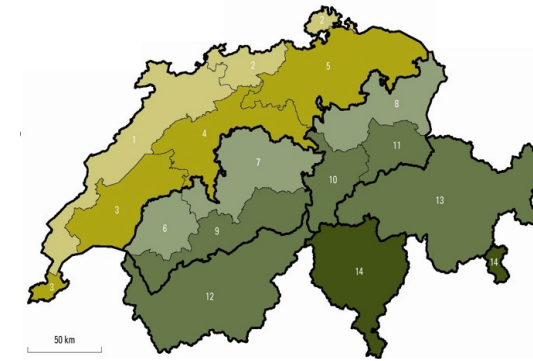
- grosse Genome (Anzahl Gene)
- grosse Populationen und spezielle Fortpflanzungssysteme (Genfluss, Persistenz etc.)
- hohe genetische Diversität
 - >> grosse phänotypische Plastizität = grosses physiologisches Potential
 - >> zudem grosses Potential zur raschen genetischen Anpassung via Selektion
- stabile Metapopulationen



1 Grundlagen

Provenienzen

□ Systematisches Testen von Provenienzen (*cross transplant*)



LFI 2014 (Swisstopo 1990)

S. Aitken, Univ. BC

- 1920-1990 v.a. auf Wachstum ausgerichtet (Provenienzversuche, *provenance trial*)
- 1990-heute v.a. auf Vitalität/Angewasstheit ausgerichtet (Testpflanzungen, *common garden exp.*)



2 Beurteilung Eignung von Baumarten

Trockenstress bei Buche (Fagus sylvatica) und Traubeneiche (Quercus petraea), Twann BE

□ Bäume sind Spezialisten mit sekundärem Dickenwachstum

- sukzessive Stabilisierung der Sprossachse und Aufbau grosser langlebiger Körper (Baumhöhe + Anzahl Module)

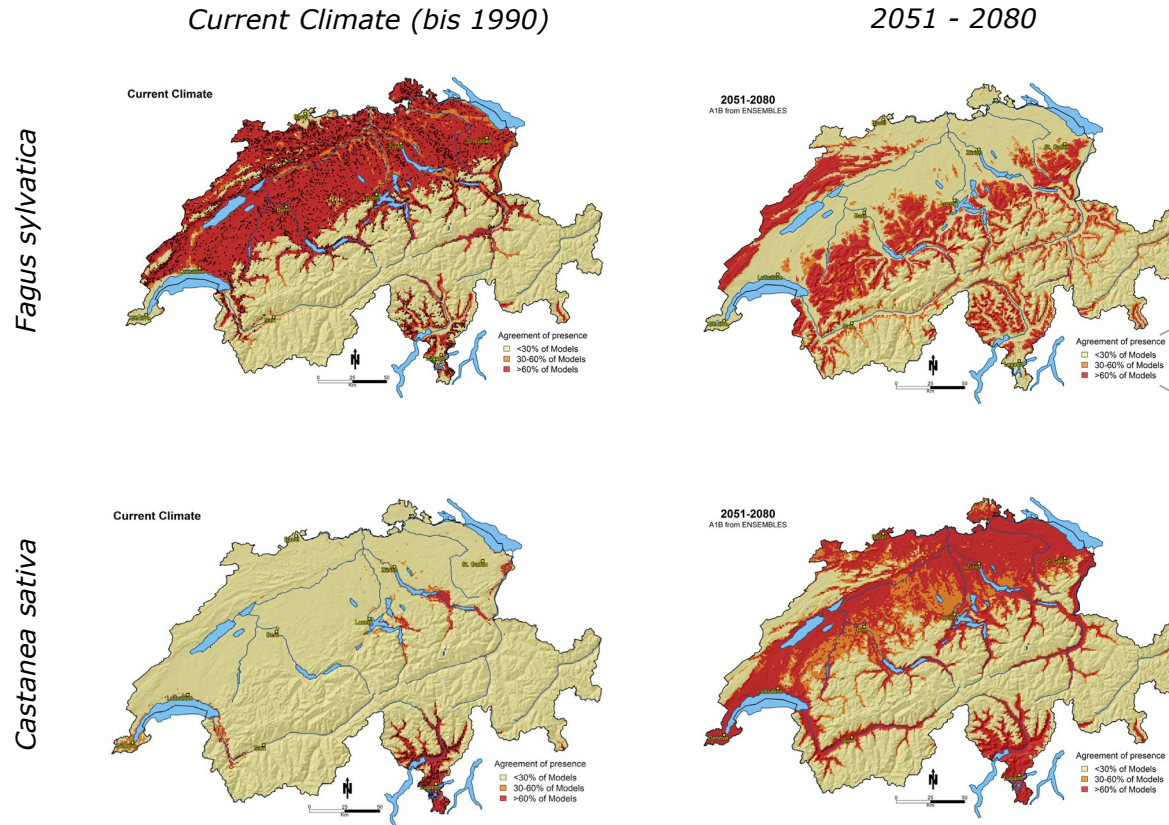
>> Ausgesprochene Konkurrenzstrategen

□ Phänotypische Plastizität im Lebensverlauf

- Sukzessive Reduktion des Reaktionsvermögens aufgrund immer anspruchsvollerer Versorgung (z.B. Wasserversorgung bei erreichter Oberhöhe)

>> Umweltstress wie Trockenheit betrifft primär alte, bzw. grosse Bäume – Altersschwäche überlagert Anpasstheit!
ggf. sind junge Bäume bestens angepasst





□ Mittel aus Modellrechnungen
(*ensemble technique*)
>> vgl. Legende!

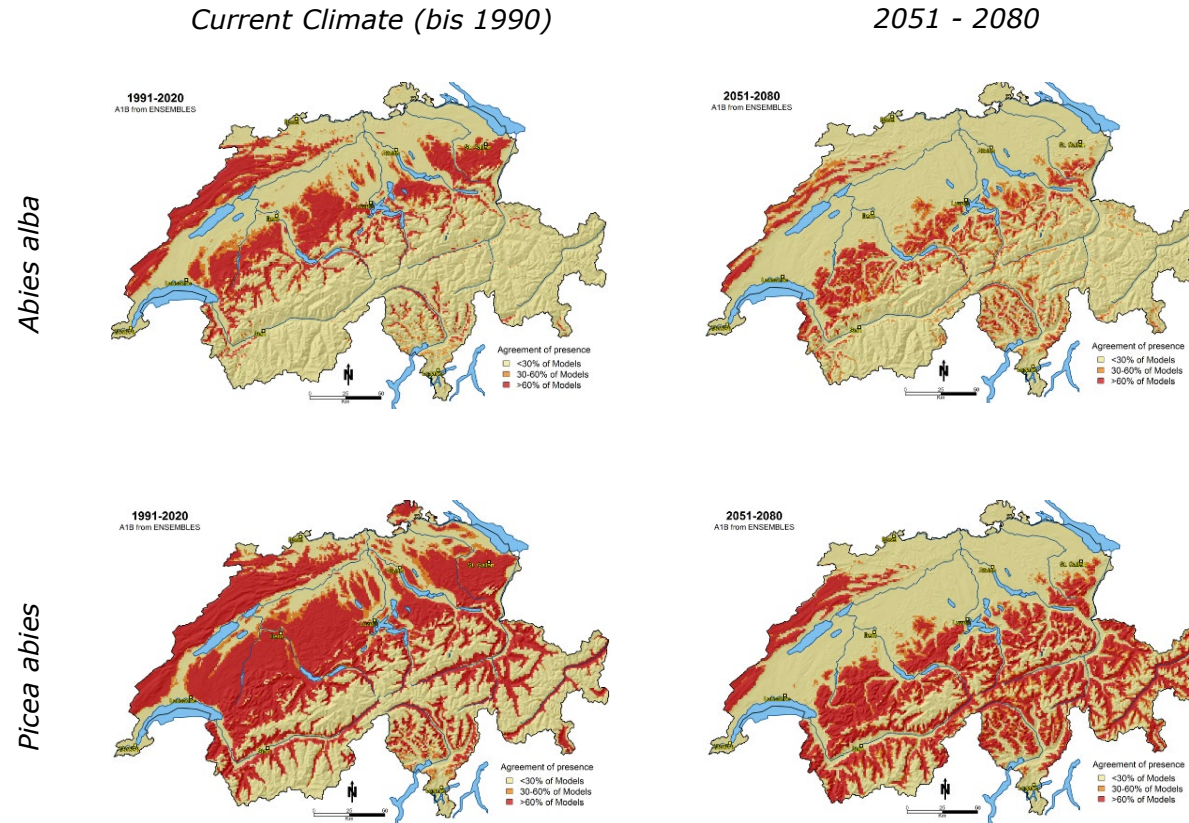
Agreement of presence

- <30% of Models
- 30-60% of Models
- >60% of Models

□ von aktueller Realisation wurde
Potential und davon zukünftige
Realisation abgeleitet!?
>> heute mögliche Annäherung
>> aber nicht zuverlässig!

(Zimmermann et al 2016, PorTree project, www.wsl.ch/lud/portree)

(Fehl-)Interpretation zukünftiger Realisation



□ Mittel aus Modellrechnungen
(*ensemble technique*)
>> vgl. Legende!

Agreement of presence

- <30% of Models
- 30-60% of Models
- >60% of Models

□ von aktueller Realisation wurde
Potential und davon zukünftige
Realisation abgeleitet!?

>> heute mögliche Annäherung
>> aber nicht zuverlässig!

(Zimmermann et al 2016, PorTree project, www.wsl.ch/lud/portree)



Forstlicher Exot Ströbe (*Pinus strobus*), Intro-Verbania (Piemont) Italien



Risikostrategie Forstliche Exoten

- “Assisted migration” aufgrund der Antizipierung von Klimaerwärmung
 - Assisted geneflow = Verschiebung von Provenienzen innerhalb des Verbreitungsgebiets der Art
 - Assisted translocation = Verschiebung von Arten über ihr Verbreitungsgebiet (Forstliche Exoten)
 - Geringe Distanz: zwischen Höhenstufen (z.B. *Picea abies* im Mittelland), zwischen Nachbarländern (z.B. *Pinus nigra*)
 - Grosse Distanz: über > 1000 km (z.B. *Cedrus atlantica*), über Kontinente (z.B. *Cryptomeria japonica*, *Pinus strobus*)
- Faustregel O’Neill aus US-Provenienzversuchen (Verschiebung von Provenienzen)
 - bei Antizipierung von Umweltveränderungen >20 J. überwiegen negative Effekte
z.B. ungenügende Kältetoleranz, Abwehr von Pathogenen oder fehlende Mykorrhiza (Synökologie)
- Baumartenwahl mit langfristiger Risikoabwägung – Priorisierung aufgrund Nähe/Ferne
 1. 49 einheimische Baumarten innerhalb ihres Verbreitungsgebiets bis bestandesweise möglich
 2. «nahe» Exoten örtlich auch flächig, systematisches Testen (z.B. *Quercus cerris*, *Corylus colurna*)
 3. «ferne» Exoten nicht flächig, idealerweise nur beigemischt (auch *Pseudotsuga menziesii*)

A panoramic view of a mountain valley with rolling hills, forests, and a small town in the distance. The foreground shows a dense forest of evergreen trees, some with autumn-colored foliage. The middle ground features a valley with a small town and a church spire. The background consists of numerous layers of rolling hills and mountains, creating a sense of depth and distance. The sky is clear and blue.

3 Fazit

Zukunft von Baumarten

*Nadelholz-dominierte Voralpen, Fichte (*Picea abies*), Tanne (*Abies alba*) und Lärche (*Larix decidua*), Gais Al*



Subalpiner Nadelwald, Fichte (Picea abies), Lärche (Larix decidua), Waldföhre (Pinus sylverstris), Zernez GR



Subalpiner Nadelwald, Fichte (Picea abies), Lärche (Larix decidua), Arve (Pinus cembra), Pontresina GR

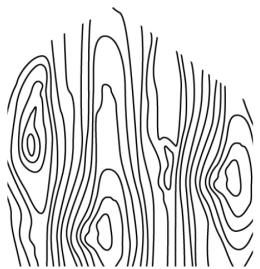


Untermontaner Tannenbuchenwald, Buche (Fagus sylvatica), Tanne (Abies alba), Fichte (Picea abies), Vitznau LU



Folgerungen – was offensichtlich erscheint

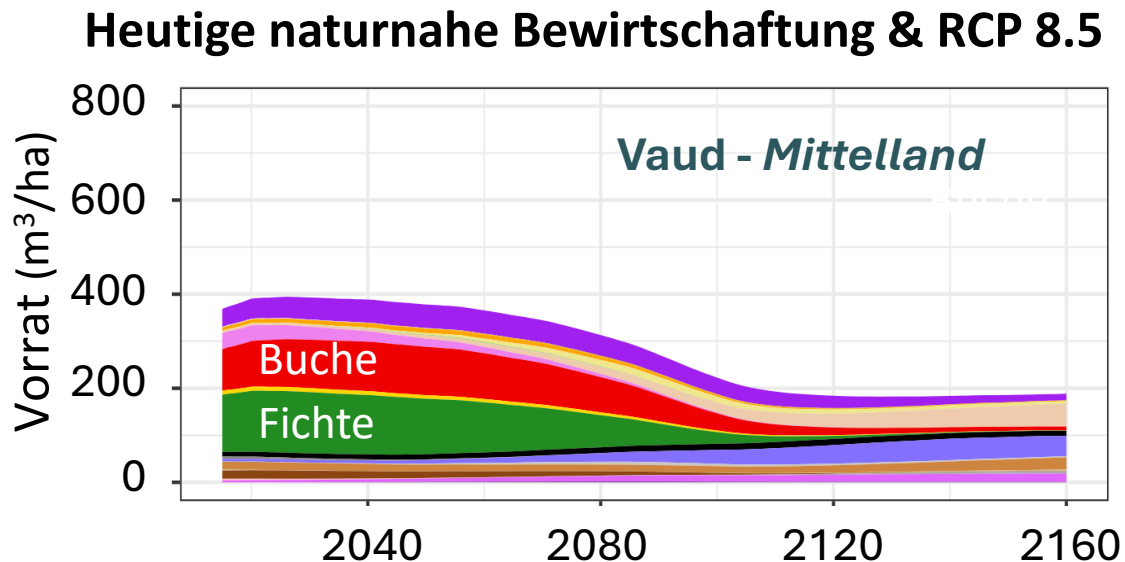
- «gute Art, schlechte Art» od. «gute Provenienz, schlechte Provenienz» greift zu kurz
 - > Potentiale unserer Arten sind sehr gross (grosse fundamentale Nischen), d.h. vieles ist möglich
 - > Antizipierungen zukünftiger Verbreitung nicht als «Fakt» sondern als «grobe Annahme» verstehen
- Kontinuierliche Abnahme des Nadelholzanteils im Mittelland ist zu erwarten,
 - > wo die Fichte als nicht-standortgerechter forstlicher Exot flächig gepflanzt wurde (Synökologie!)
- Das Alpenland Schweiz wird Nadelholz-reich bleiben
- Herausforderungen für die Holzindustrie infolge Klimawandel sind ...
 - > ... nicht auf fehlendes Nadelholz zurück zu führen (in den nächsten Jahrzehnten eher erhöht!)
 - > ... sondern eher technischer (Holzernte, grosse Holzmenge)
und logistischer (Holztransport) Natur sein
 - > ... zeitlich gut gepuffert (>30 Jahre), so dass Anpassungen auf Verarbeitungsseite möglich sind
- Grosse Chancen für die Holzindustrie – Rosige Zeiten für findige Köpfe



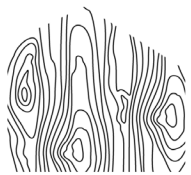
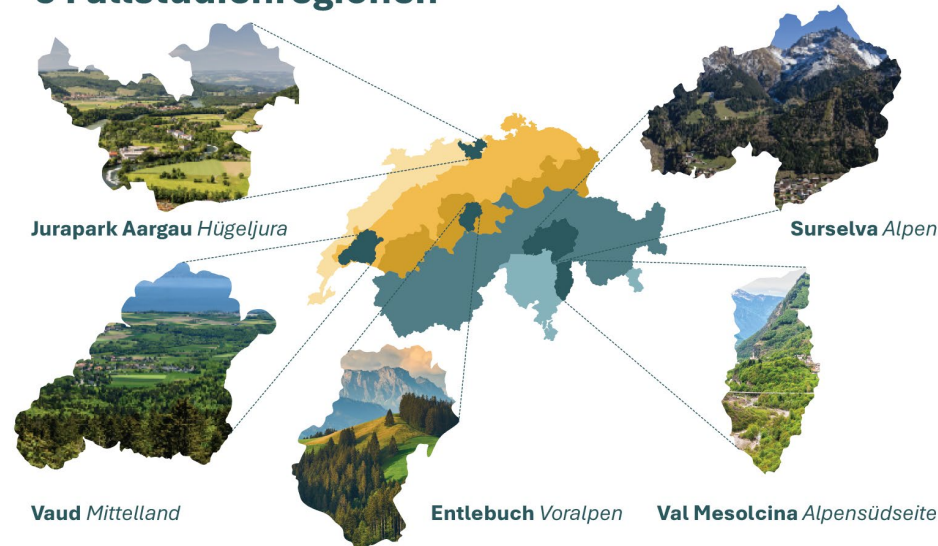
Wertschöpfungskette Wald und Holz

MainWood

Systemanalyse, Perspektiven und Innovation



2 Klima- und 4 Managementszenarien
5 Fallstudienregionen



MainWood

Konferenz

8. Dezember 2026

ETH Zürich, Audimax

A photograph of a forest with tall, thin trees and a ground covered in moss and fallen leaves. The text "Danke für Ihre Aufmerksamkeit" is overlaid in white.

**Danke
für Ihre Aufmerksamkeit**



Haben Fichte und Tanne noch eine Zukunft?

**Potenziale und Grenzen unserer Baumarten
und ihrer Provenienzen unter Klimawandel**

Fragen?