



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Genetische Anpassung von Waldbäumen unter Gesichtspunkten des Klimawandels

Oliver Gailing

Abteilung Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung

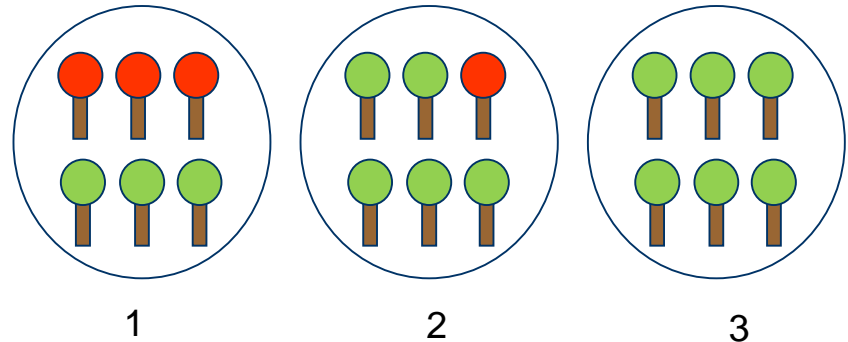
Genetische Anpassung von Waldbäumen unter Gesichtspunkten des Klimawandels

- Anpassungsmechanismen von Waldbäumen an den Klimawandel
- Genetische Basis der evolutionären Anpassung

Grundlagen

Genetische Variation

- Messung genetischer Variation
- Evolutionsfaktoren
 - Selektion
 - Migration
 - Drift
 - Mutation



Gliederung

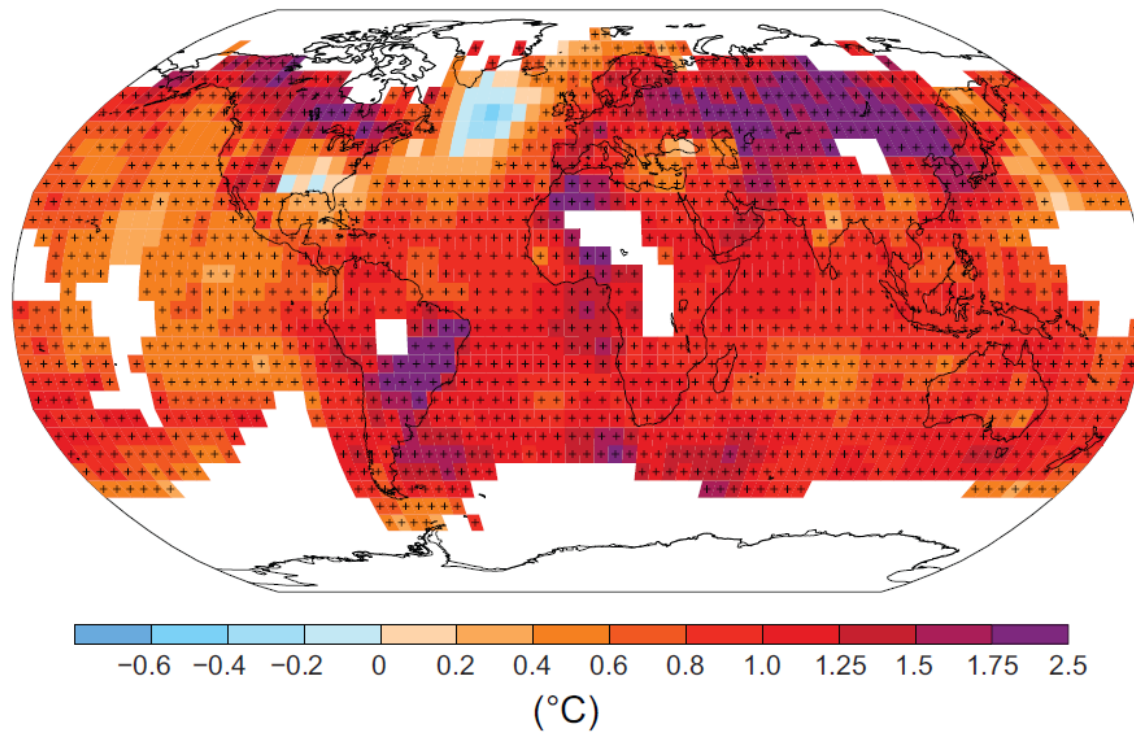
- Klimamodelle
- Anpassung an den Klimawandel
- Genetische Basis der evolutionären Anpassung
- Zusammenfassung und Ausblick

Gliederung

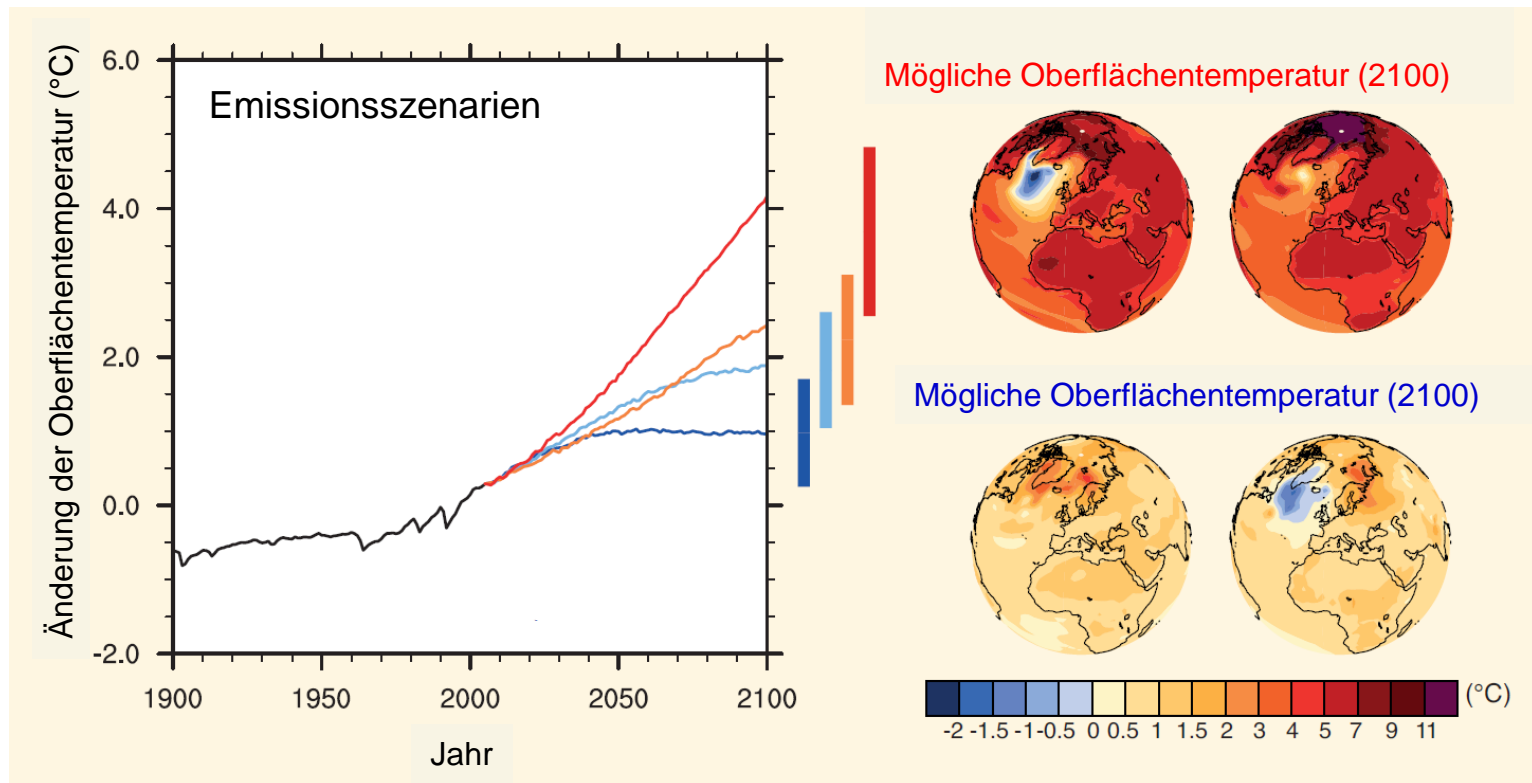
- Klimamodelle
- Anpassung an den Klimawandel
- Genetische Basis der evolutionären Anpassung
- Zusammenfassung und Ausblick

Globale Klimamodelle

Änderung der Erdoberflächentemperatur von 1901-2012



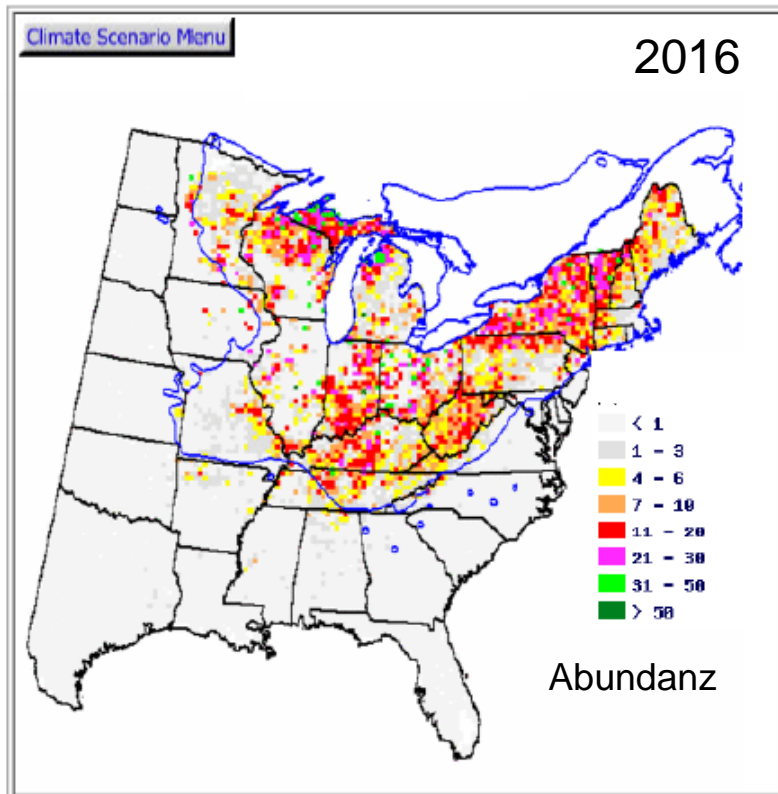
Globale Klimamodelle



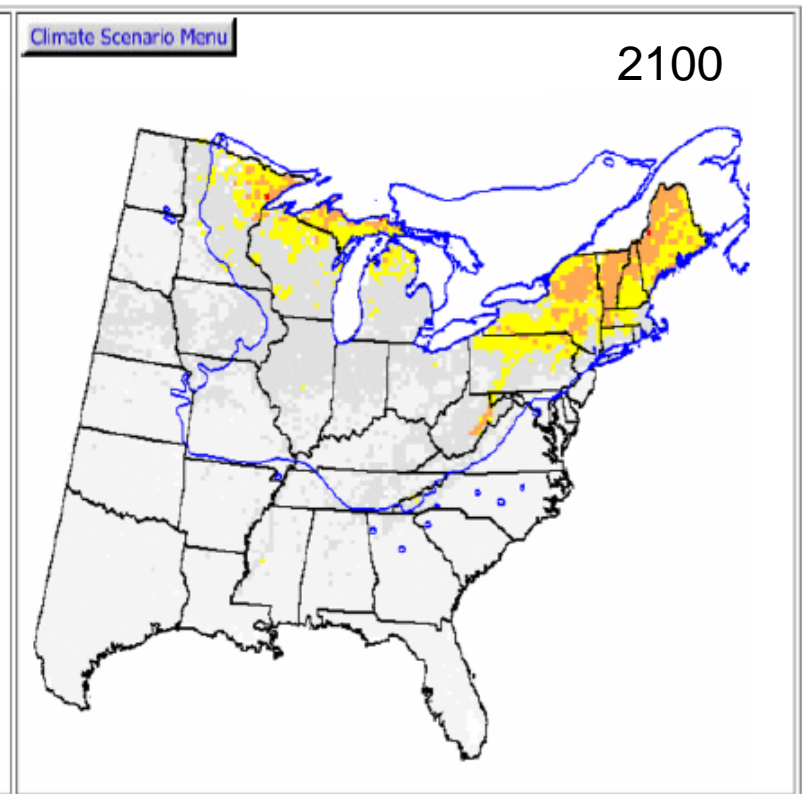
Quelle: IPCC (2013)

Modellierung bioklimatischer Areale – *Acer saccharum*

Inventurdaten



Prognose – Hohes Emissionsszenario



Gliederung

- Klimamodelle
- Anpassung an den Klimawandel
- Genetische Basis der evolutionären Anpassung
- Zusammenfassung und Ausblick

Biotische und abiotische Stressfaktoren

- Trockenstress
- Temperaturerhöhung
- Wetterextreme
- Pathogene (Pilze, Schadinsekten)



Asiatischer Eschenprachtkäfer,
Agrilus planipennis



D. Cappaert, MSU

Adaptive Merkmale

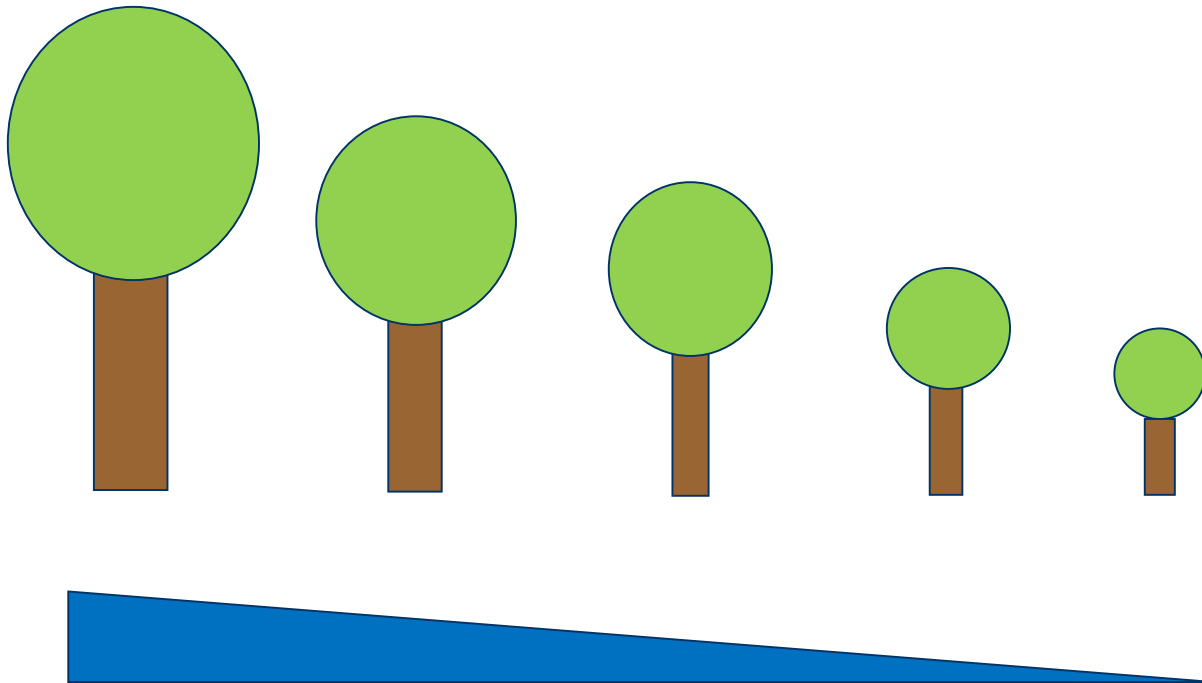
- Trockenresistenz - Wassernutzungseffizienz
- Kälteresistenz - Knospenbildung, Blattaustrieb
- Pathogenresistenz

Anpassung an den Klimawandel

- Phänotypische Plastizität durch physiologische Anpassung
- Evolutionäre Anpassung durch natürliche Selektion
- Migration/Genfluss - Samen, Pollen

Phänotypische Plastizität

Ein Genotyp – unterschiedliche Umwelten

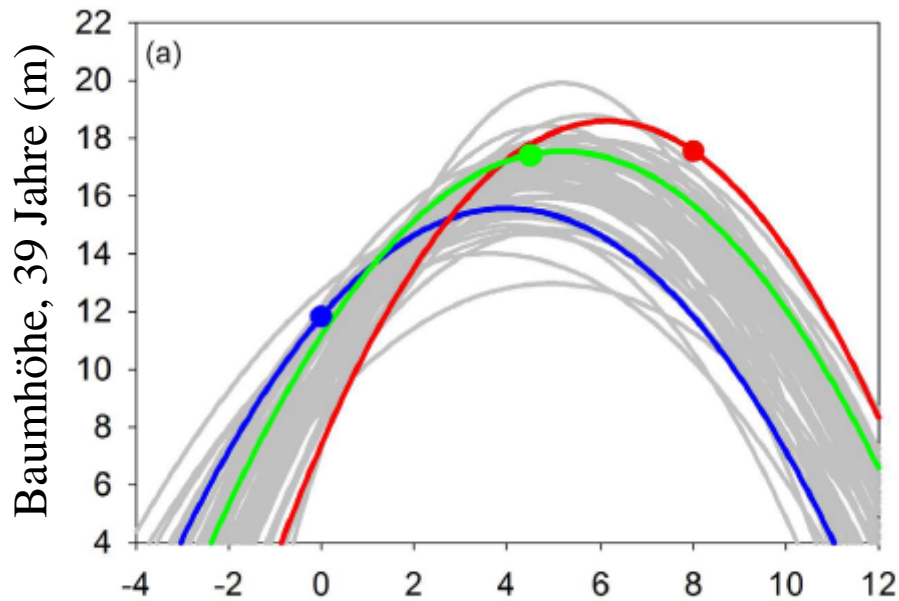


Wasserverfügbarkeit



Photo: Oliver Gailing

Phänotypische Plastizität



Mittlere Jahrestemperatur, Herkunftsversuch (°C)

Pedlar & McKenney (2017)



Pinus banksiana,
Baraga Plains, Michigan,
Photo: O. Gailing

Evolutionäre Anpassung

Änderung genetischer Variationsmuster durch natürliche Selektion

Hohe Genetische
Variation

=

Hohes Evolutionäres
Anpassungspotential

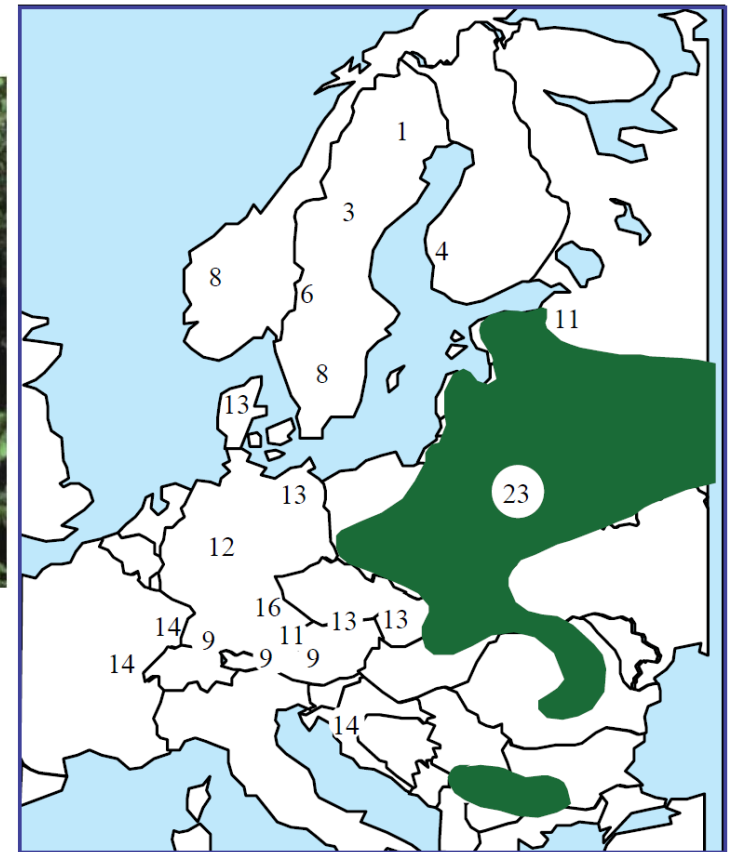
Keine Evolution ohne genetische Variation!

Evolutionäre Anpassung - Blattaustrieb



Picea abies Herkünfte in Schweden
(59° 30' nördliche Breite)

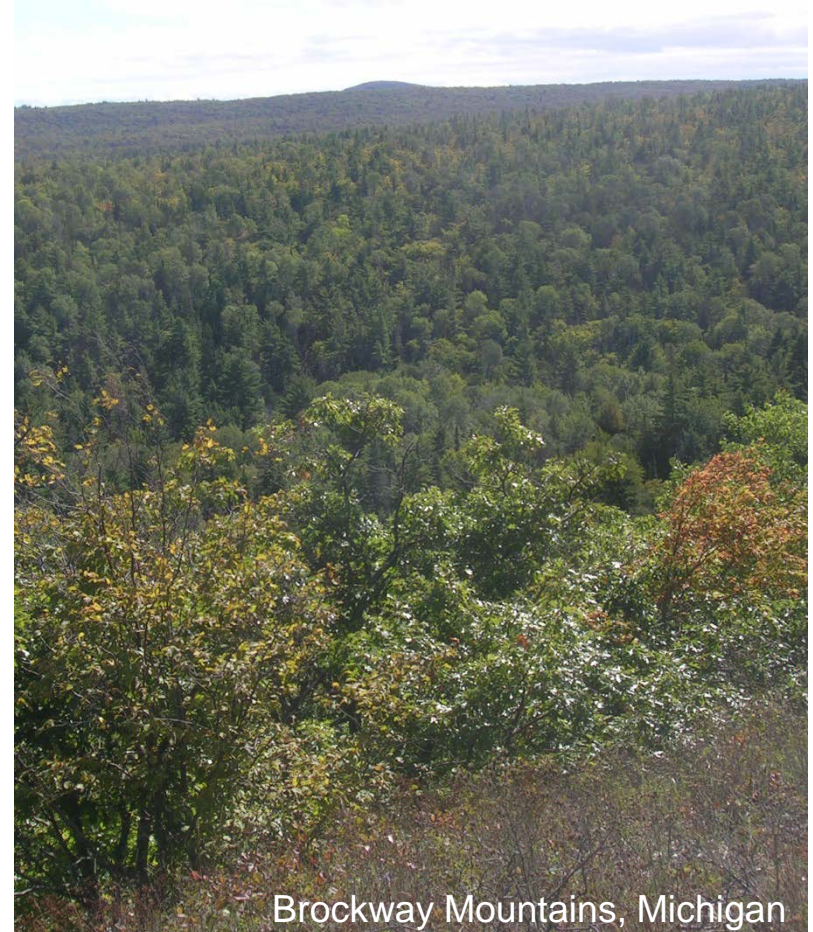
Quelle: Eriksson et al. (2006)



früh (1) – spät (23)

Migration und Genfluss

- Seltene Fernverbreitung der Samen (diploider Embryo)
- Effiziente Fernverbreitung von Pollen (♂ Gamet)
- Migrationsraten: 100 - 700 m pro Jahr



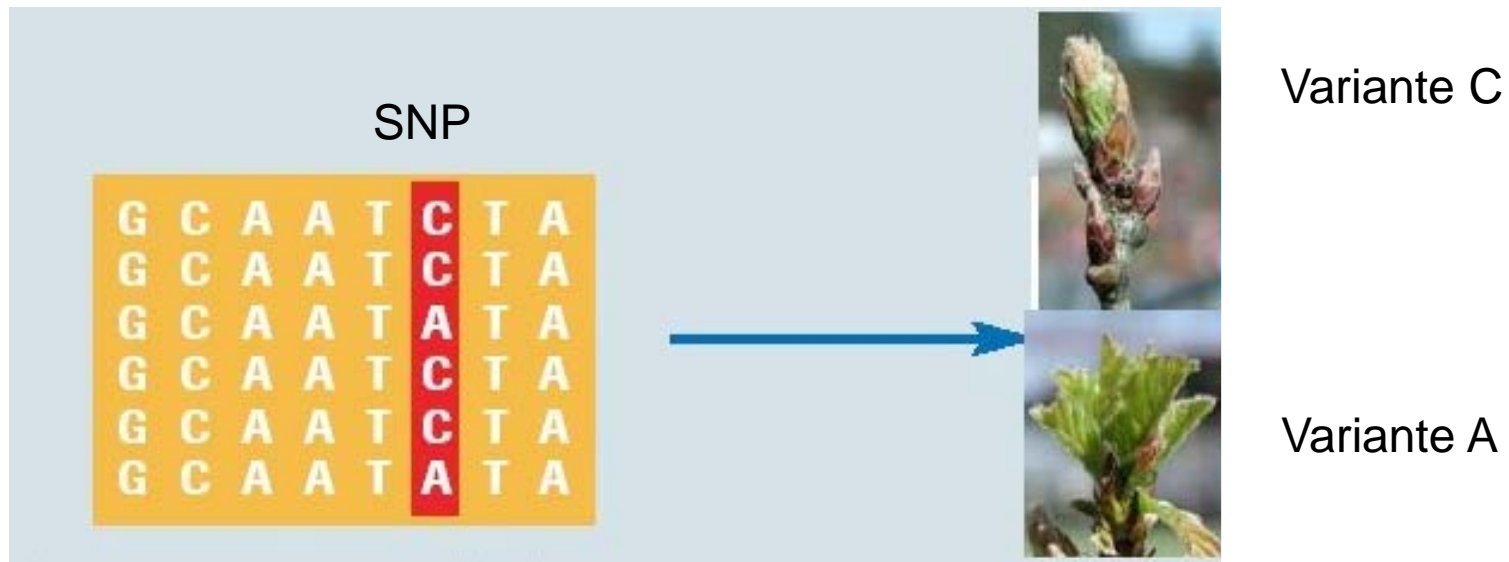
Brockway Mountains, Michigan

Gliederung

- Klimamodelle
- Anpassung an den Klimawandel
- Genetische Basis der evolutionären Anpassung
- Zusammenfassung und Ausblick

Genetische Basis adaptiver Variation

Assoziationsstudien



Variation einzelner Nukleotid-Bausteine
Single Nucleotide Polymorphism (SNP)

Anpassung durch Hybridisierung?



Q. ellipsoidalis

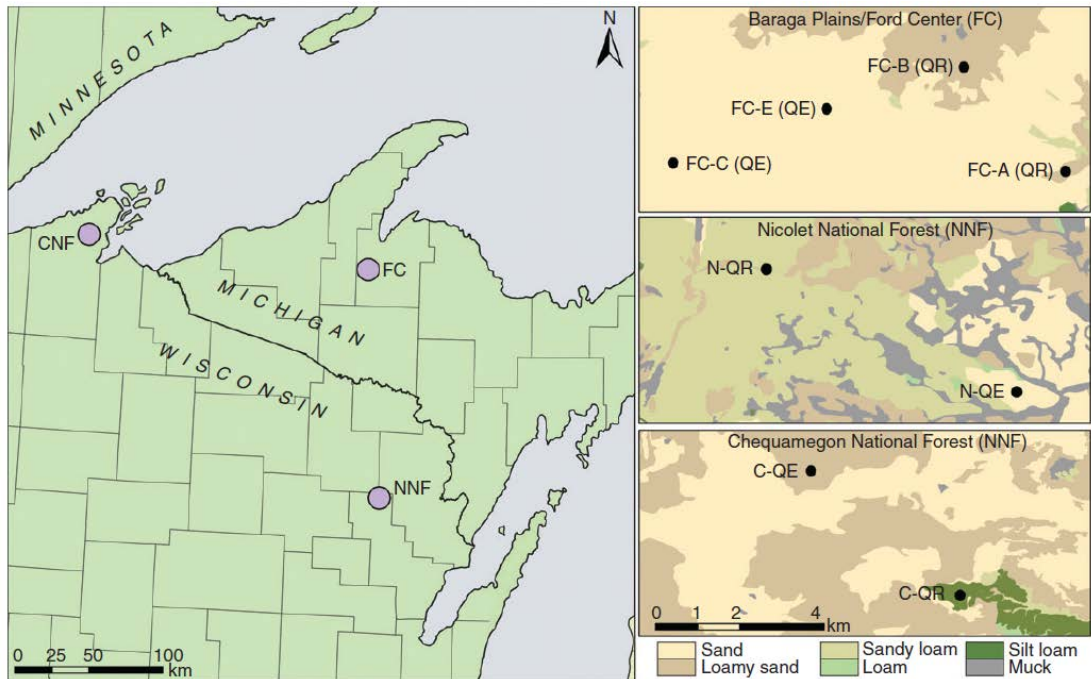
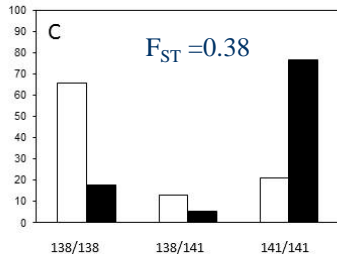
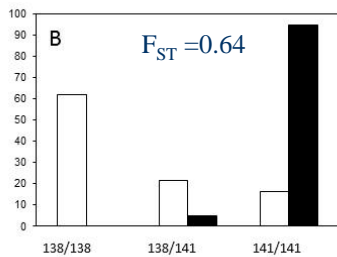
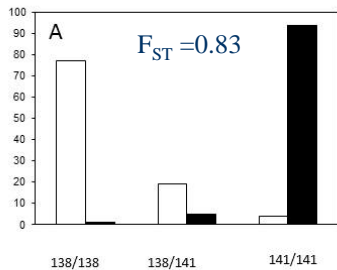
Contact zone

Q. rubra

Gailing, O. & A.L. Curtu. 2014. Interspecific gene flow and maintenance of species integrity in oaks. *Annals of Forest Research* 57: 5-18.

Anpassung durch Hybridisierung?

□ *Q. ellipsoidalis* ■ *Q. rubra*

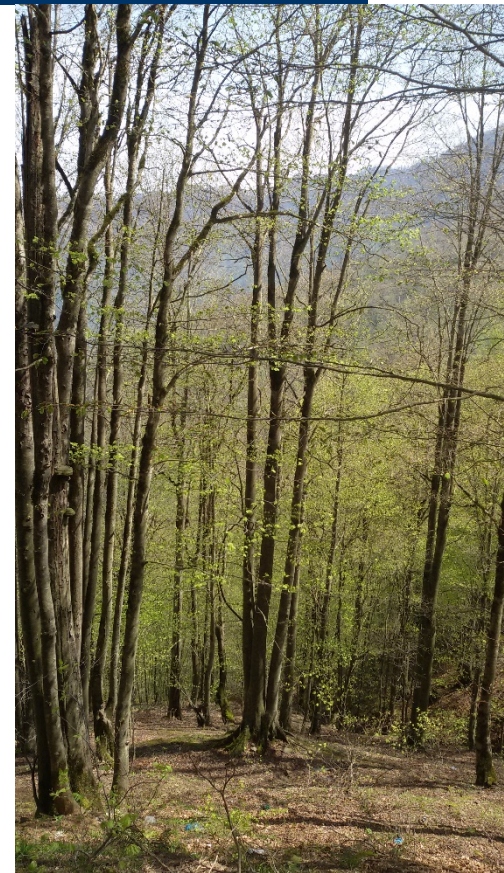


Lind-Riehl, J., Sullivan, A.R. & O. Gailing. 2014. Evidence for selection on a CONSTANS-like gene between two red oak species. *Annals of Botany* 113 (6): 967-975.

Anpassung durch Hybridisierung?

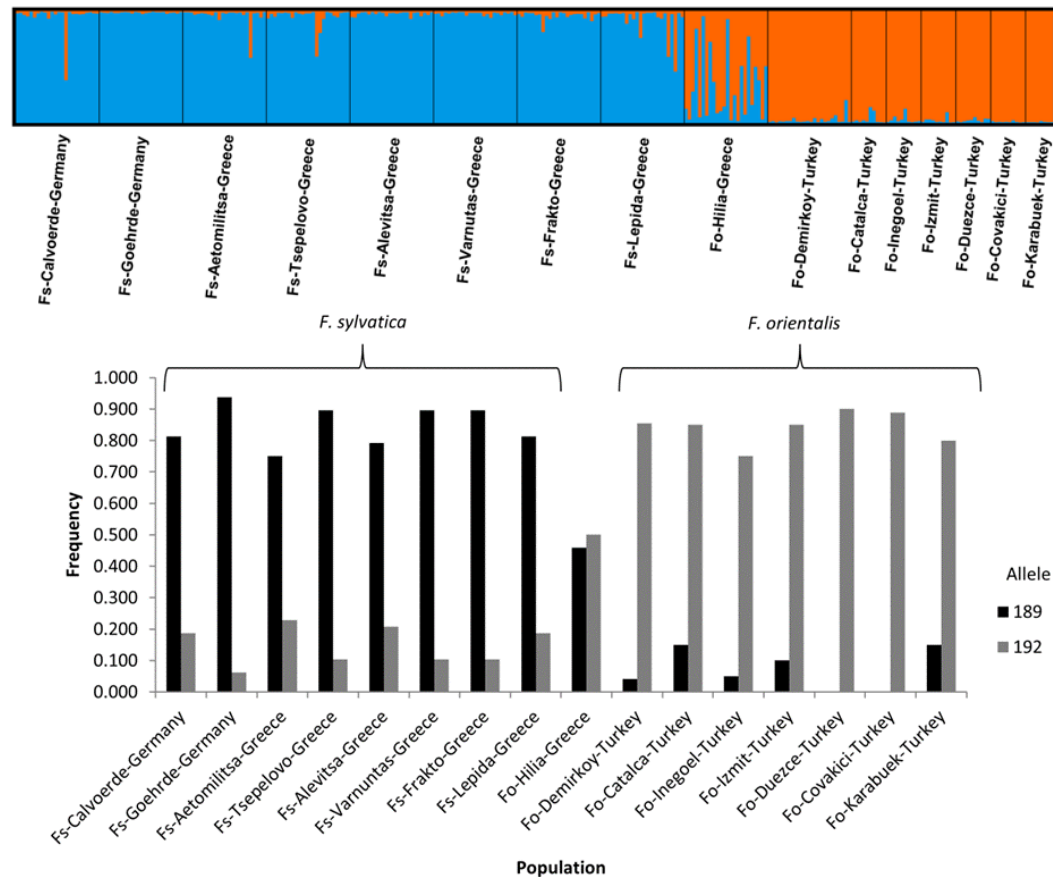


Fagus sylvatica, Hainich



Fagus orientalis, Alborsgebirge, Iran

Anpassung durch Hybridisierung?



Epigenetische Effekte - *Picea abies*

Temperatur während der Embryonalentwicklung

18 °C (normal)

23 °C (+ 5 °C)

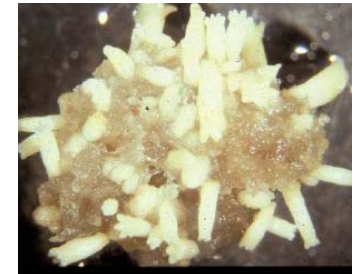
Frühe Knospenbildung

Späte Knospenbildung

Somatische Embryogenese

Hohe Frosthärte

Geringe Frosthärte



Gliederung

- Klimamodelle
- Anpassung an den Klimawandel
- Genetische Basis der evolutionären Anpassung
- Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Beträchtliche adaptive genetische Variation und phänotypische Plastizität
- Hohe Anpassungsfähigkeit an variable Umweltbedingungen
- Hohe Ausbreitungskapazität

Prognose

- Auswirkungen sind abhängig vom Anpassungspotential und der Ausbreitungskapazität einzelner Baumarten
- Negative Auswirkungen vor Allem für Arten mit geringer Trocken- und Wärmeresistenz

Ausblick

Sind die evolutionäre Anpassungsfähigkeit und die Ausbreitungskapazität ausreichend für die langfristige Erhaltung und hohe Produktivität unserer Wälder?

Maßnahmen

- Wahl geeigneter Herkünfte und Baumarten
- Förderung einer hohen genetischen Diversität



**Herzlichen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Literatur

- Eriksson, G., Ekberg, I., and Clapham, D. 2006. An introduction to Forest Genetics. Second edition. SLU, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, Y. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley, editors. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lind-Riehl, J.F., Sullivan, A.R. and Gailing, O. 2014. Evidence for selection on a CONSTANS-like gene between two red oak species. *Ann. Bot.* 113: 967-975.
- Prasad, A.M., Iverson, L.R., Matthews, S., and Peters, M. 2007. A Climate Change Atlas for 134 Forest Tree Species of the Eastern United States [database]. Page: <http://www.nrs.fs.fed.us/atlas/tree>. Northern Research Station, USDA Forest Service, Delaware, Ohio.
- Pedlar, J.H. and McKenney, D.W. 2017. Assessing the anticipated growth response of northern conifer populations to a warming climate. *Sci Rep* 7: 43881.
- Skrøppa, T., Tollefsrud, M.M., Sperisen, C., and Johnsen, O. 2010. Rapid change in adaptive performance from one generation to the next in *Picea abies*-Central European trees in a Nordic environment. *Tree Genet. Genomes* 6: 93-99.