

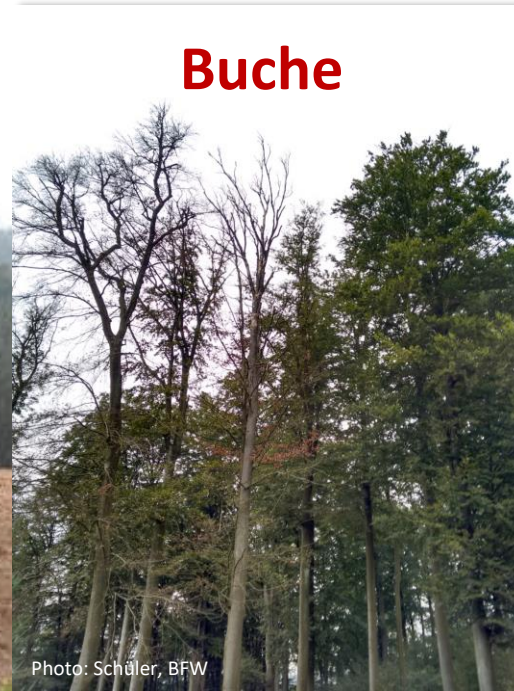
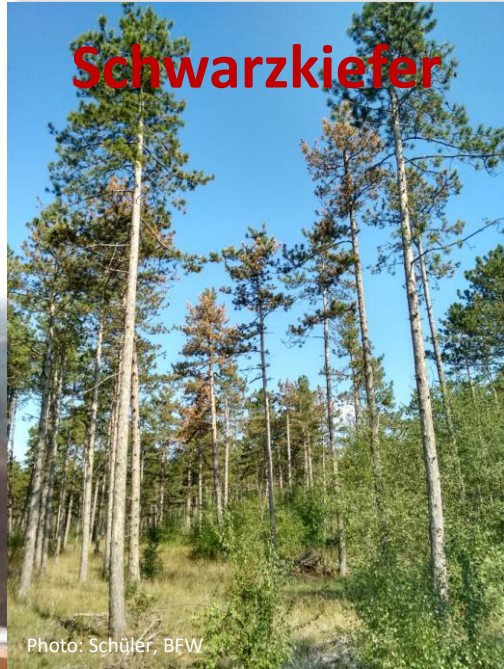
Baumartenwahl im Klimawandel – Welche Rolle können Genetik und nichtheimische Baumarten spielen

Silvio Schüler

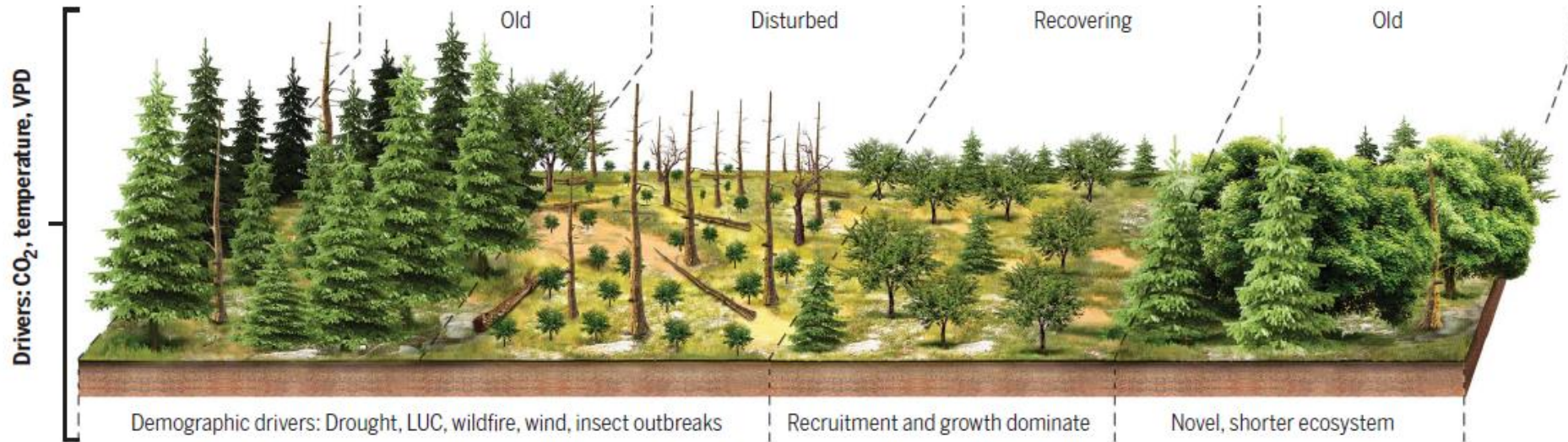
Institut für Waldwachstum, Waldbau und Genetik

Traunkirchen, 04.03.2024

Klimawandel hat Österreichs Wälder erreicht!



Folgen des Klimawandels



A conceptual diagram of the components of forest dynamics and the disturbances that drive them. In the far-left panel, a mature ecosystem is responsive primarily to localized mortality, and the primary drivers of demography are chronically changing variables such as CO₂, temperature, and vapor pressure deficit (VPD). In the next panel, the system is disturbed by fire, insect outbreak, or another large-scale perturbation that removes most of the overstory trees,

and species adapted to rapid postdisturbance recruitment become established. In the third panel, recruitment and growth dominate demographic processes, with mortality increasing over time as competition leads to self-thinning. In the last panel, a mature ecosystem is dominated by species that have replaced the original community in response to chronic environmental changes, leading to a novel ecosystem.

Ein Vergleich mit der Vergangenheit

Fossil le Baumgattungen

60

Östliches Nordamerika

49 (82%)

Latham &
Ricklefs
1993

75

Westliches Nordamerika

35 (47%)

122

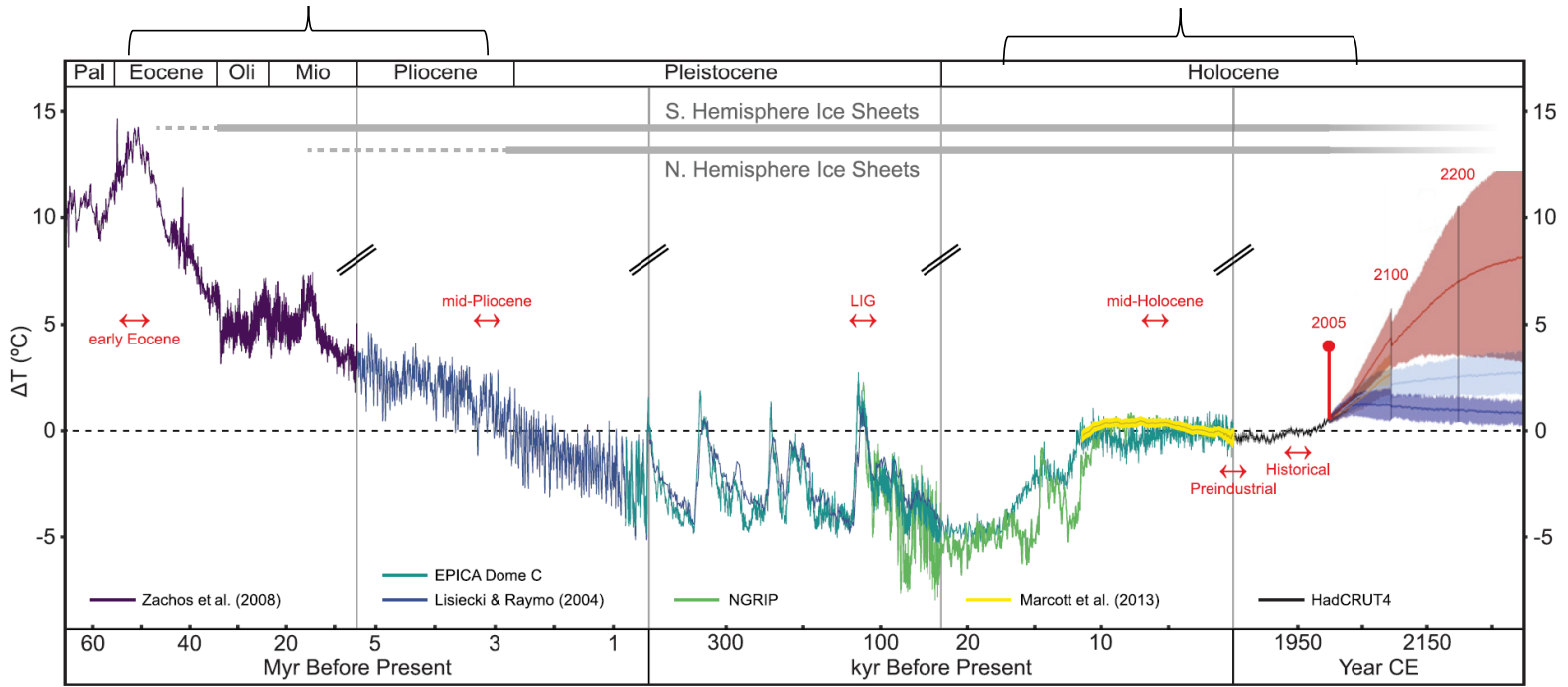
Nord-/Ostasien

117 (96%)

130

Europa

38 (29%)



Ein Vergleich mit der Vergangenheit

Fossil le Baumgattungen

60

Östliches Nordamerika

75

Westliches Nordamerika

Davon haben überlebt

49 (82%)

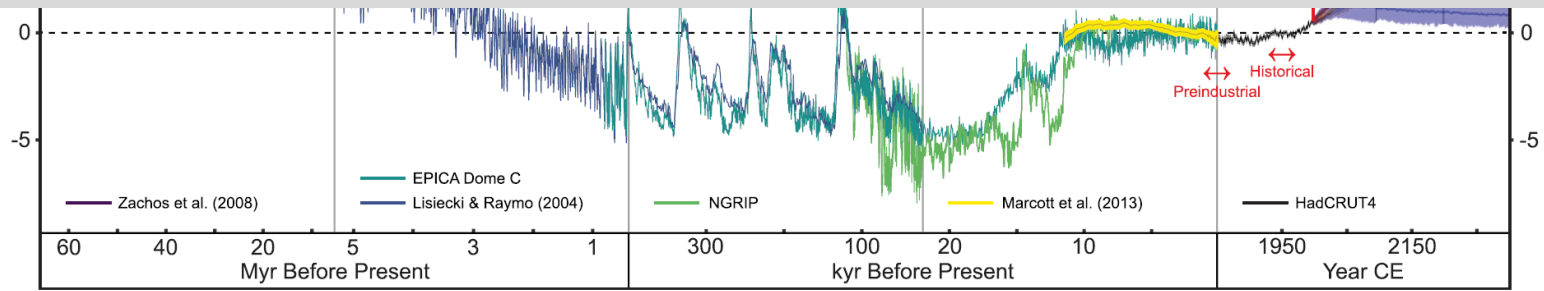
35 (47%)

Latham &
Ricklefs
1993

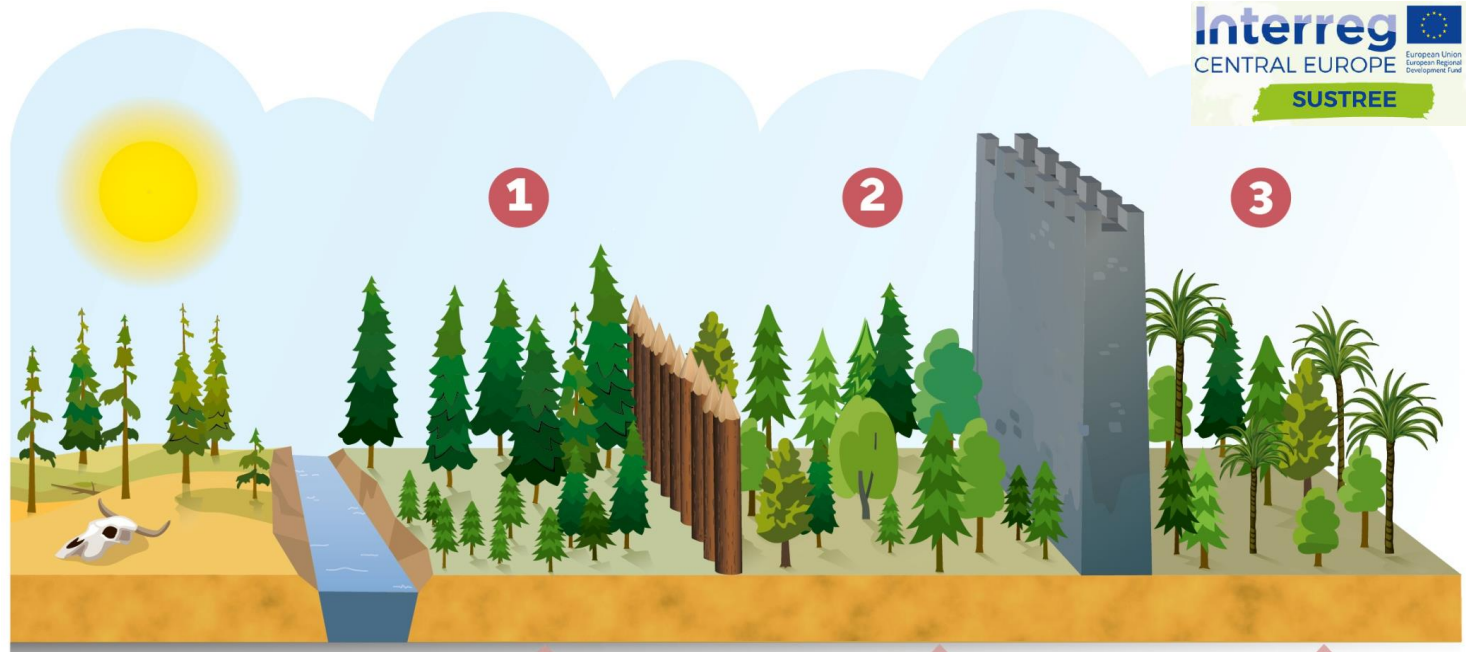
Ein dramatischer Rückgang der Baumartenvielfalt vor der Ankunft des Menschen aufgrund

→ Diskrepanz zwischen den klimatischen Nischen der Baumarten und den sich ändernden Umwelten

→ Verzögerungen bei der Anpassung und Migration



3 Verteidigungslinien zur Erhaltung von Ökosystemleistungen!



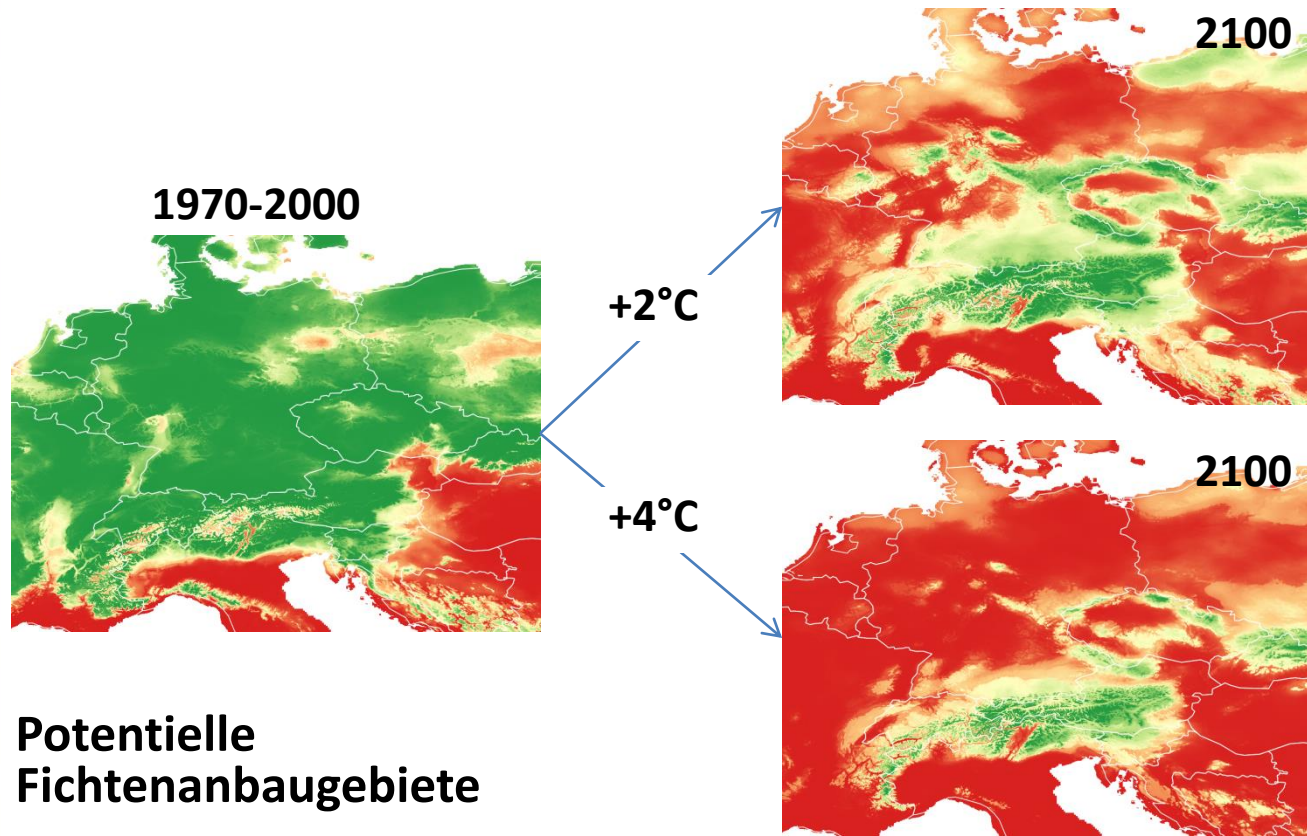
**Assisted Migration,
klimaresistente
Genotypen, stärkere
Durchforstung**

**Pflanzung anderer
heimischer
Baumarten und
Mischbestände**

**Pflanzung von
nicht-heimischen
Baumarten**

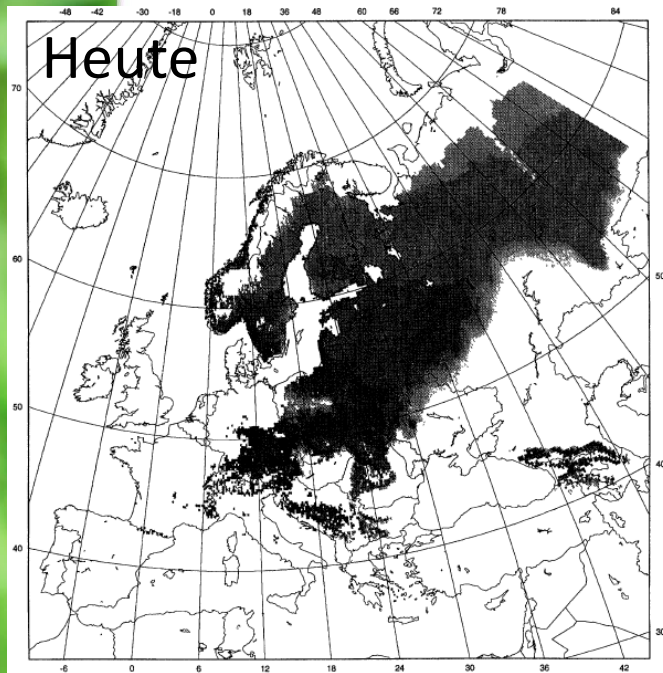
Klimawandel: Negative Folgen

➔ Rückgang der Anbauflächen in Mitteleuropa



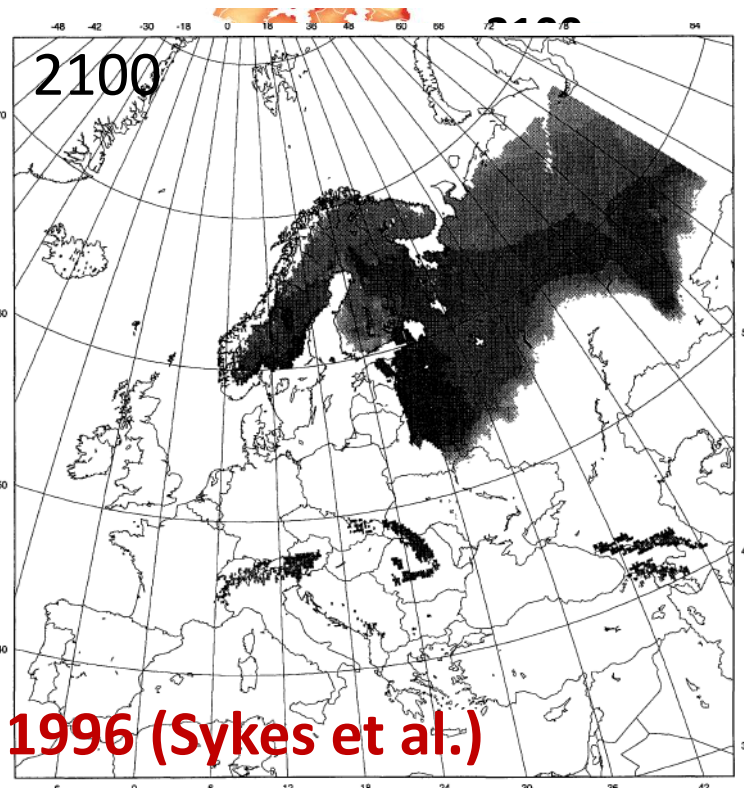
Klimawandel: Negative Folgen

➔ Rückgang der Anbauflächen in Mitteleuropa



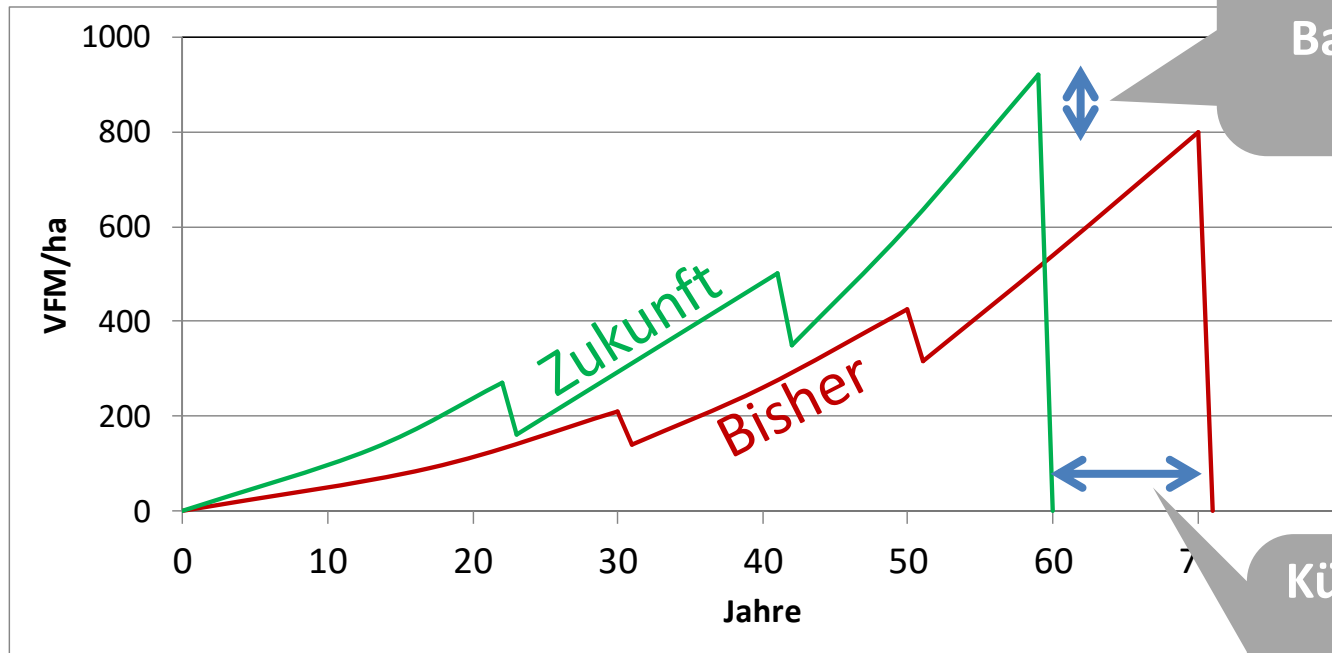
+2°C

+4°C



Erste Klimahüllen für Fichte 1996 (Sykes et al.)

Auf geringerer Fläche mehr Holz in kürzerer Zeit produzieren!

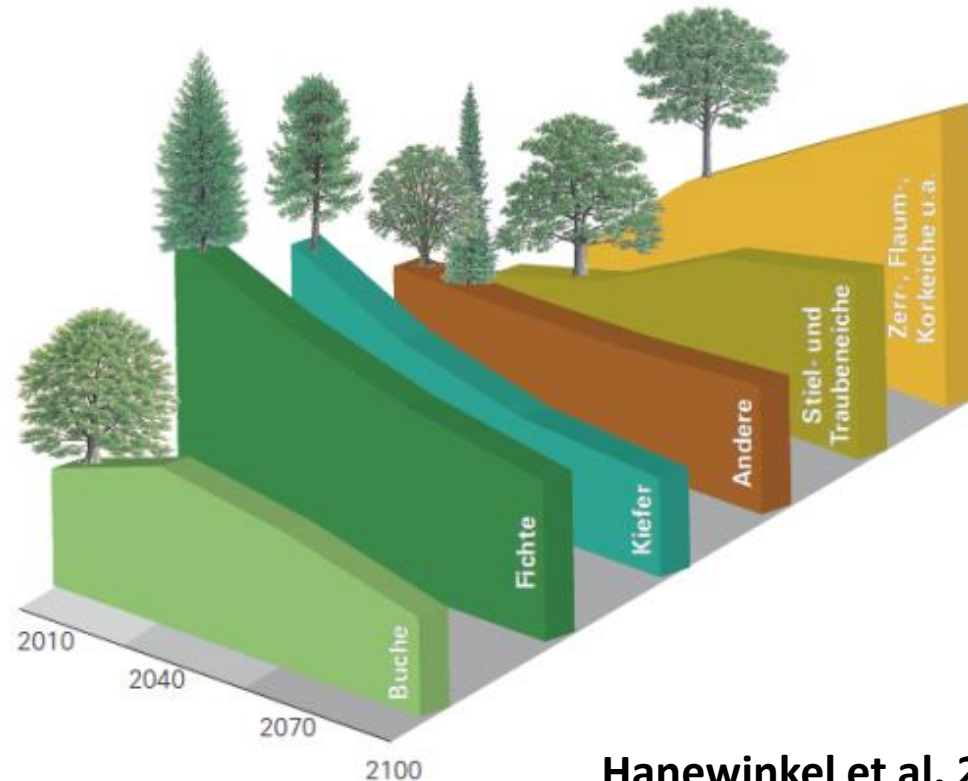


Höhere Leistung
durch wüchsigere
Baumarten und
Züchtung

Kürzerer Umtrieb
durch
angepassten
Waldbau

Klimawandel: Negative Folgen

Änderungen potentielle Anbauflächen Baumarten Europa



Hanewinkel et al. 2012

Baumartenampel auf www.klimafitterwald.at



WALD IM BILD

FRAGEN & ANTWORTEN

BAUMARTENAMPEL ^{beta}

BERATERSUCHE

KLIMAFITTE WALDPORTEALE ^{at}

Baumartenampel

Informationen

Finden Sie Ihren Standort

Klicken Sie in die Karte, um eine Höhenzone innerhalb eines Wuchsgebietes zu wählen.

Standort - Informationen

Seehöhe 900 - 1200 m ü.A.
Wuchsgebiet 9.2 - Waldviertel

Hinweis: Die Eignungswerte bewerten ausschließlich die Klimaparameter - siehe Informationsreiter

Baumart

Eignung im Zeitraum 2080 - 2100

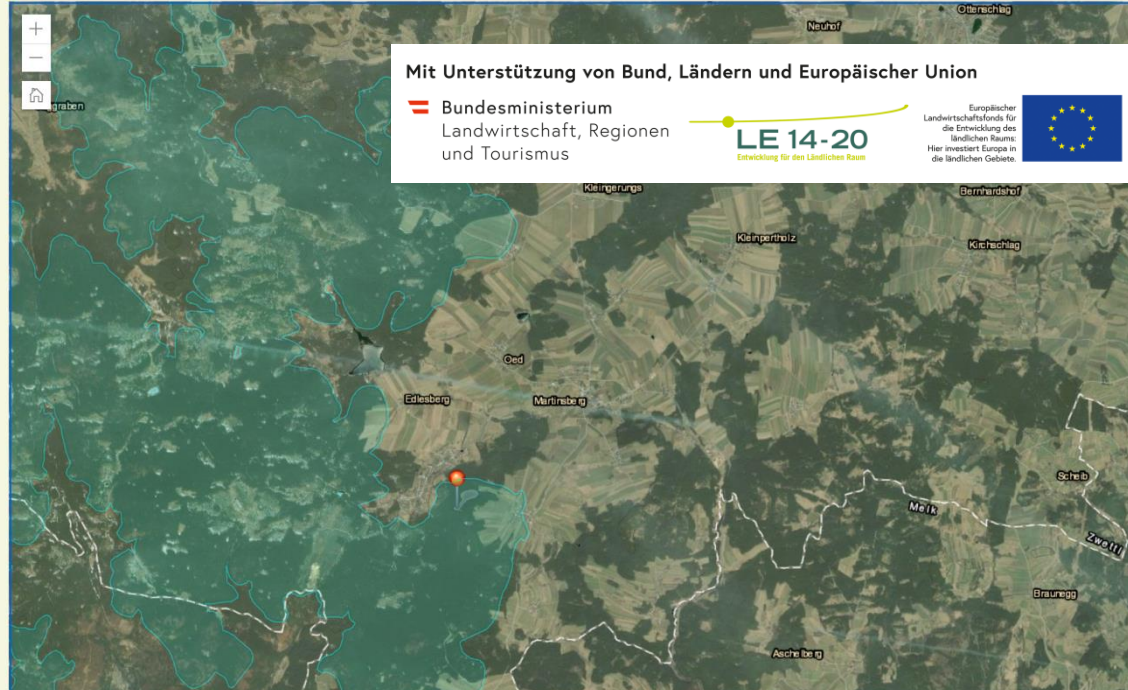
Fichte	● ● ● ● ●
Waldkiefer	● ● ● ● ●
Lärche	● ● ● ● ●
Tanne	● ● ● ● ●
Buche	● ● ● ● ●
Stieleiche	● ● ● ● ●
Traubeneiche	● ● ● ● ●
Bergahorn	● ● ● ● ●
Schwarzkiefer	● ● ● ● ●
Vogelkirsche	● ● ● ● ●
Birke	● ● ● ● ●
Esche	● ● ● ● ●
Hainbuche	● ● ● ● ●
Schwarzerle	● ● ● ● ●
Winterlinde	● ● ● ● ●
Zirbe	● ● ● ● ●

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

LE 14-20
Entwicklung für den ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investieren Europa in
die ländlichen Gebiete.



Umsetzung in Assisted Migration?

kalt



- In div. Ländern schon in Umsetzung begriffen: S, CA, USA, ...
- In Teilen CA und USA ist Umsetzung bereits gesetzlich verankert .
- Europa...

warm



Ex – situ
Erhaltung

Quelle: Aitken & Bemmels (2016)



Projekt SUSTREE:

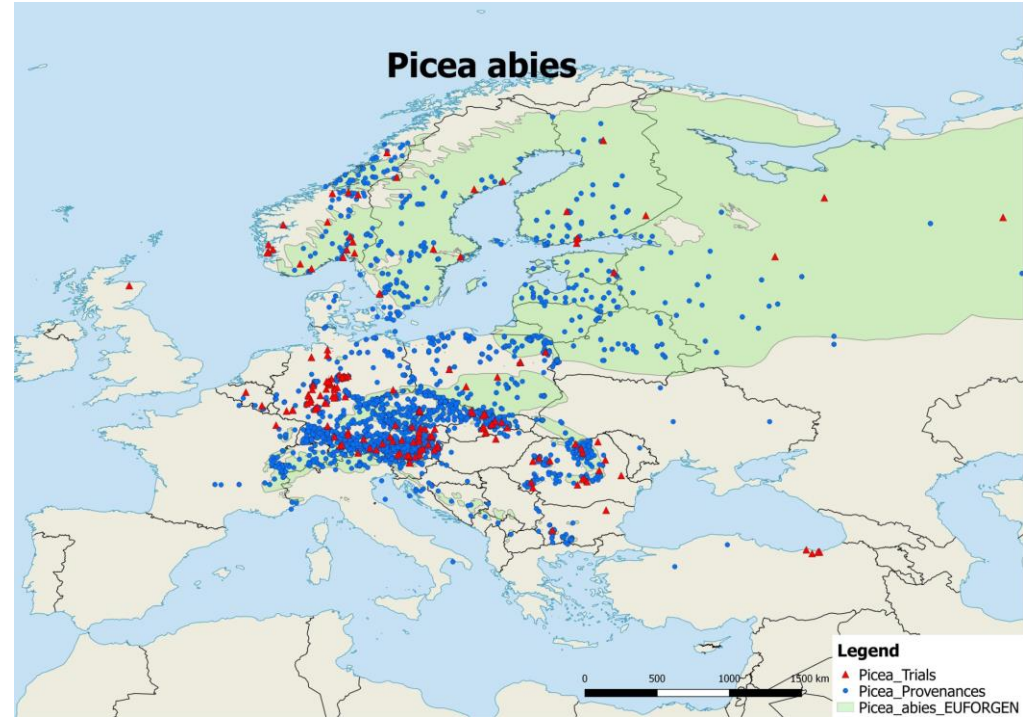
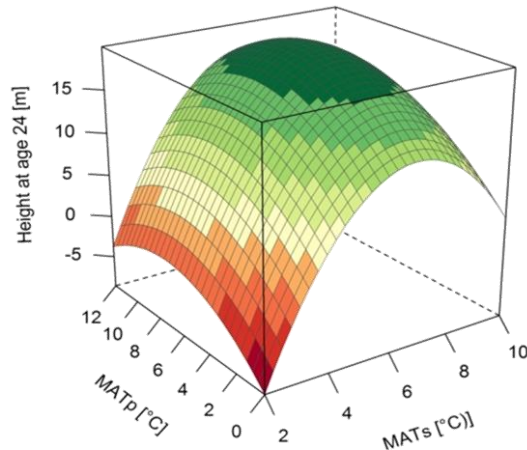
- Harmonisierte Datenbank für Herkunftsversuche aus ganz Europa

Species	Nr. of Trials
Abies alba	45
Fagus sylvatica	31
Larix decidua	52
Picea abies	247
Pinus sylvestris	136
Quercus petraea	31
Quercus robur	45
Sum	587



Assisted migration

- Harmonisierte Datenbank für Herkunftsversuche
- Universelle Klima-Response Modelle

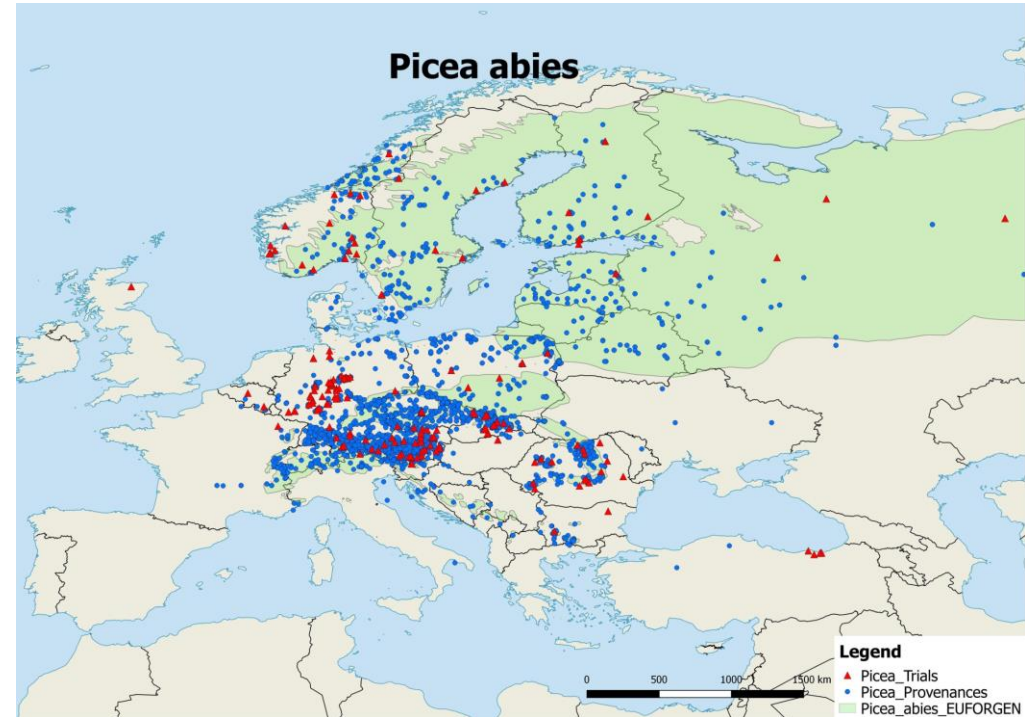


247 Versuche und mehr als 1000 getestete
Herkünfte

Assisted migration

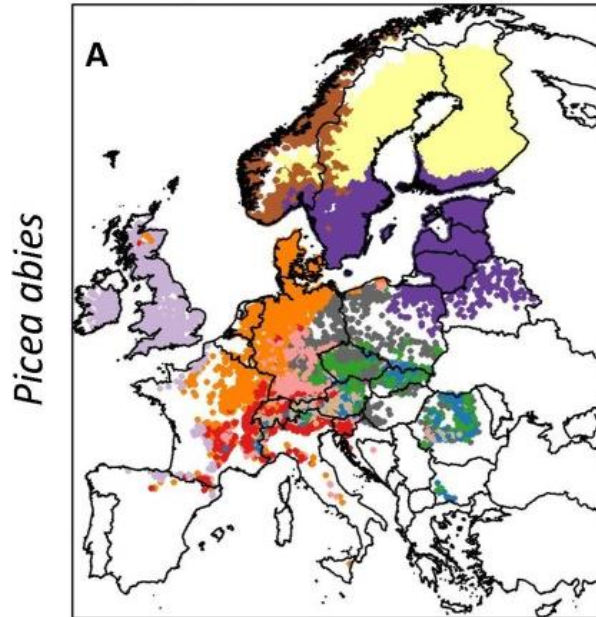
- Harmonisierte Datenbank für Herkunftsversuche
- Universelle Klima-Response Modelle

Site	
PPT_at	Mean autumn precipitation
MCMT	Mean coldest month temperature
FFP	Longest frost-free period
SHM	Summer heat:moisture index
TD	Continentality
Provenance location	
PPT_at	Mean autumn precipitation
PPT_sp	Mean spring precipitation
MCMT	Mean coldest month temperature
bFFP	Begining of FFP
EMT	Extreme minimum Temperature
TD	Continentality



247 Versuche und mehr als 1000 getestete
Herkünfte

Seed provenance clusters

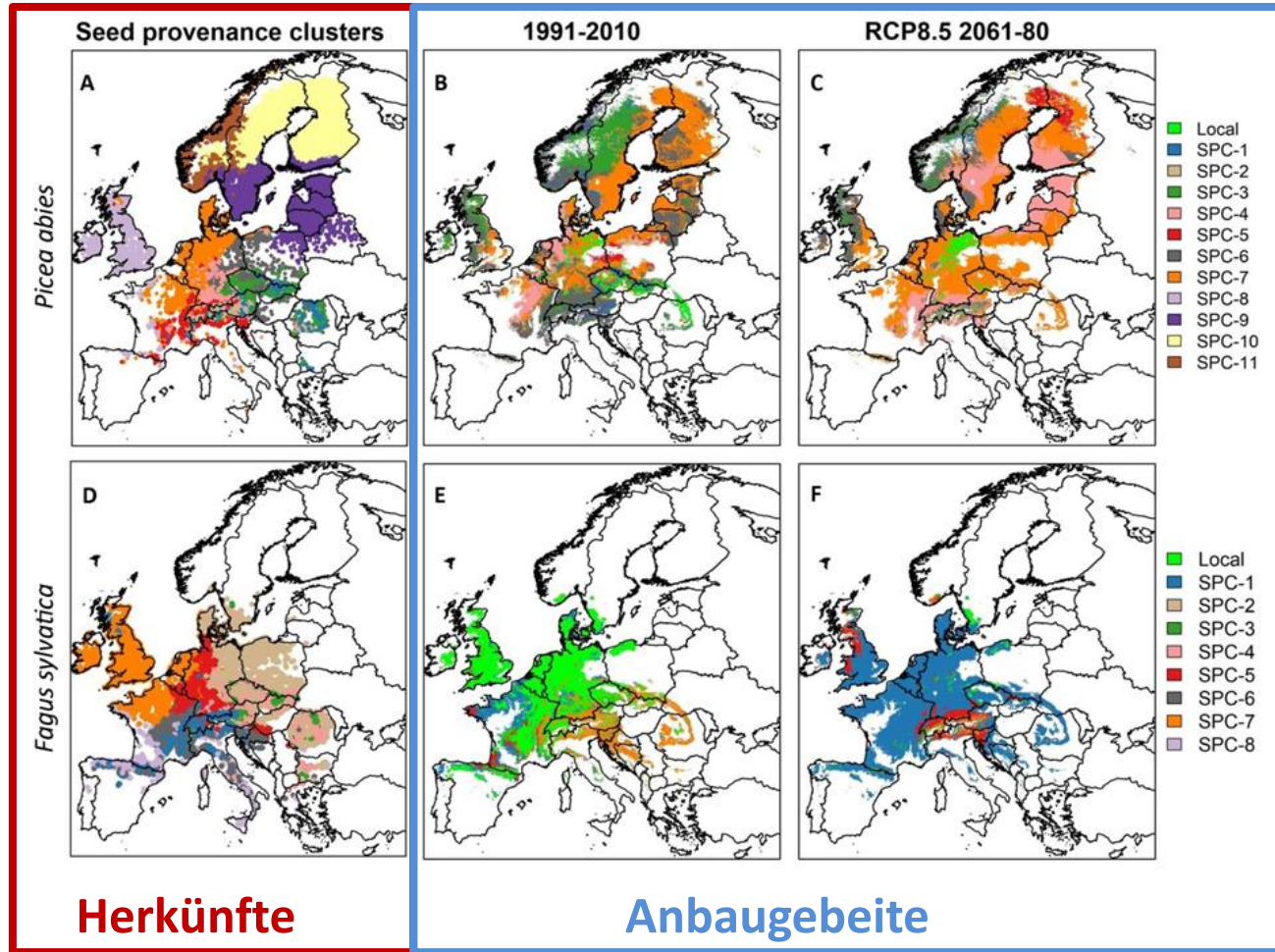


Cluster for
Picea abies

Mean climate of clusters

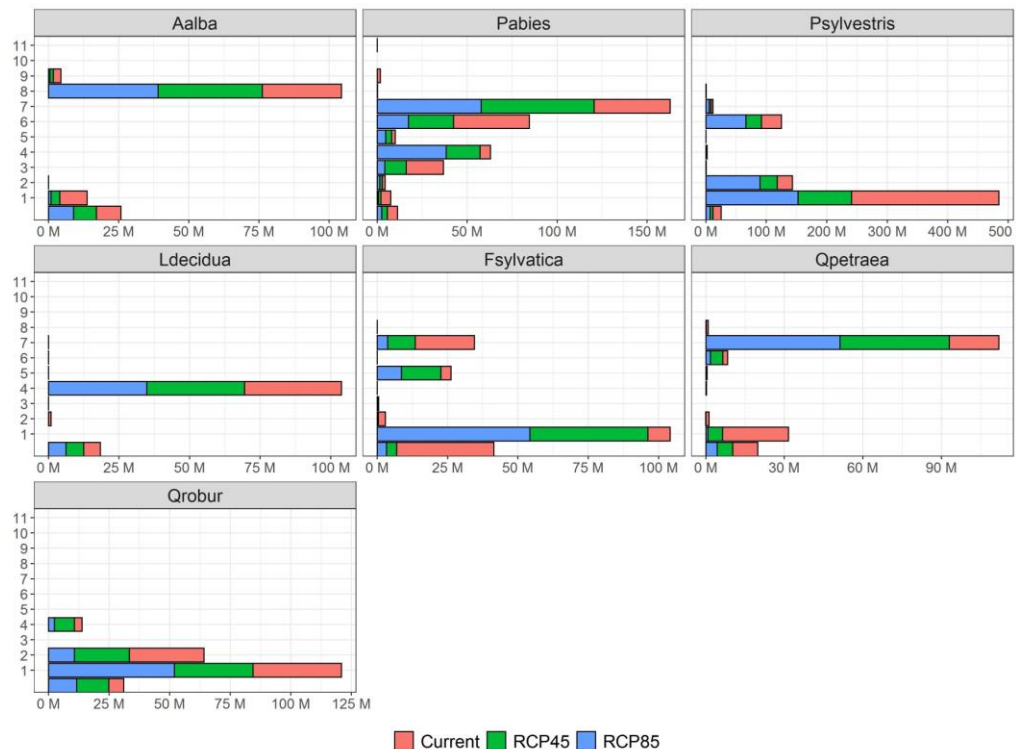
Cluster	MCMT	FFP	SHM	TD	PPT_sp	bFFP	EMT
1	-5.77	150.57	28.17	28.18	228.70	125.26	-31.87
2	-5.93	123.22	19.68	26.92	290.84	143.52	-33.66
3	-4.35	168.11	40.72	28.72	151.81	115.93	-28.67
4	-3.00	174.85	39.19	26.05	202.61	114.68	-26.09
5	-2.48	166.63	24.29	24.71	329.88	121.23	-27.15
6	-3.36	184.75	50.95	28.50	128.77	107.74	-26.75
7	-0.97	195.30	47.56	20.68	168.61	104.87	-22.58
8	2.24	204.16	42.89	7.08	215.60	100.41	-18.09
9	-6.17	161.23	51.42	26.59	120.87	118.68	-31.65
10	-11.56	112.16	49.23	31.19	108.16	146.13	-39.87
11	-7.43	125.99	30.75	20.88	195.09	139.55	-33.65

Assisted migration



Anbauempfehlungen verfügbar für 7 Baumarten

- Weißtanne
- Buche
- Lärche
- Fichte
- Stieleiche
- Traubeneiche
- Weißkiefer



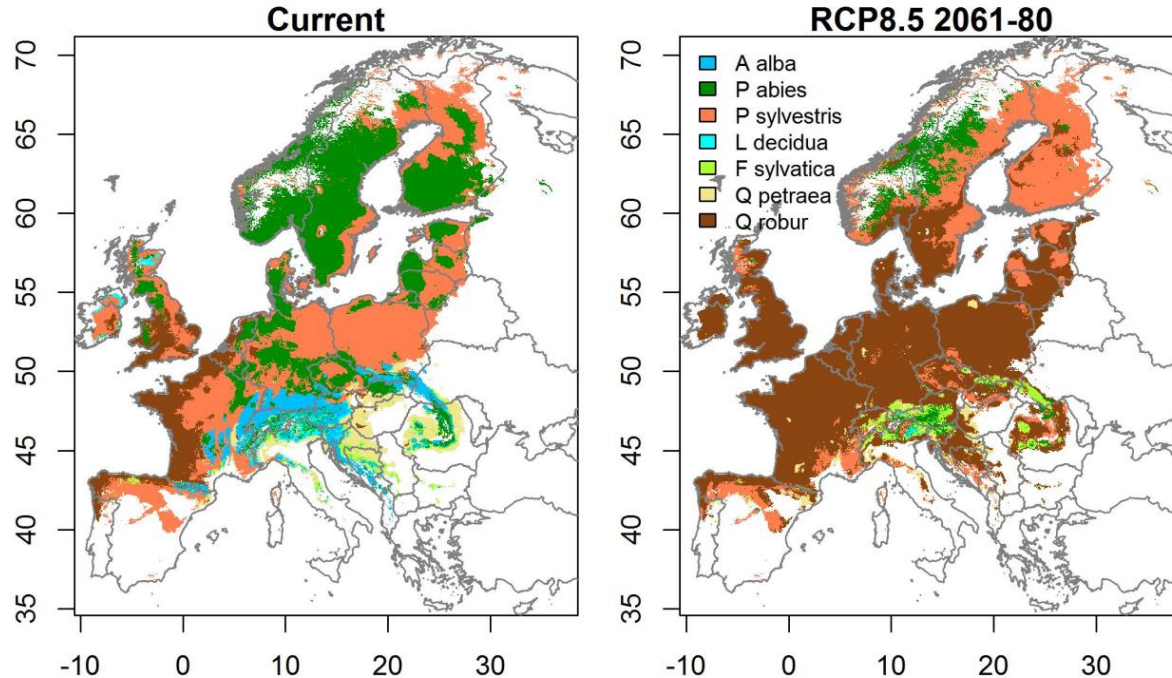
Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern

Wie viel Kohlenstoff könnten europäische Wälder aufnehmen, wenn die richtigen Herkünfte gepflanzt werden?

Annahmen:

- Klimafitte Wälder mit Baumarten, die für das künftige Klima geeignet sind
- Auswirkung von Neuaufforstung/Wiederbewaldung bis zum Alter von 40 Jahren
- Nur aktuelle Waldfläche, keine Neuaufforstung

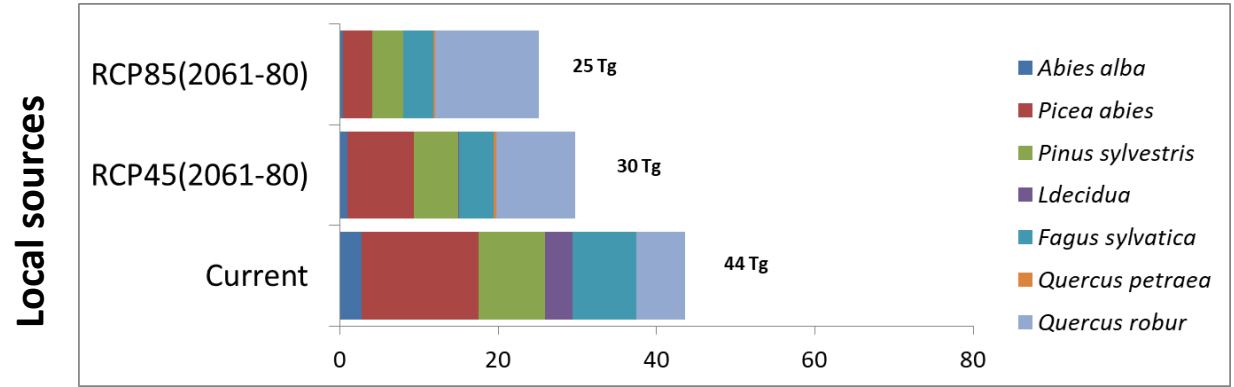
Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern



Baumartenverbreitungsmodelle von Chakraborty et al. 2021

Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern

Vergleich:
Lokale Herkünfte

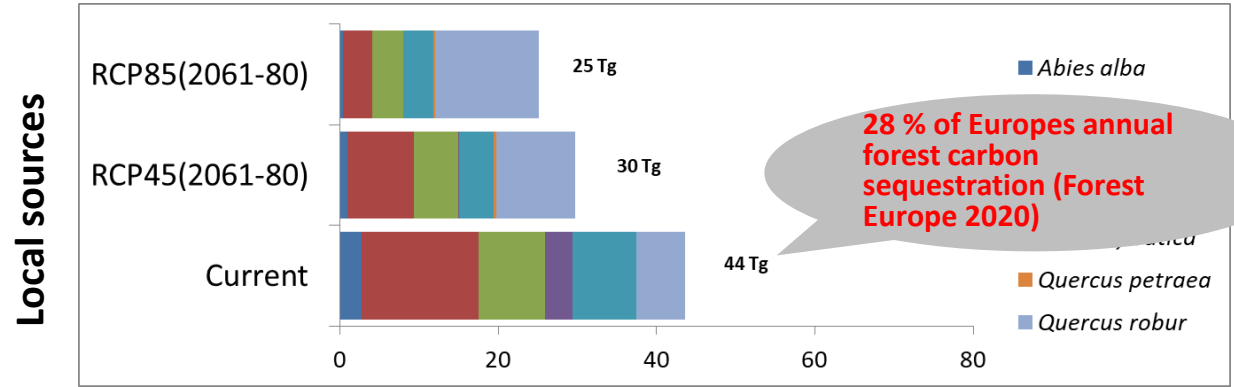


Chakraborty et al. (under review)

Annual Carbon Sequestration in Million Tonnes or Terragram in above ground living biomass of **Age Classes I+II (until 40 years)**

Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern

Vergleich:
Lokale Herkünfte

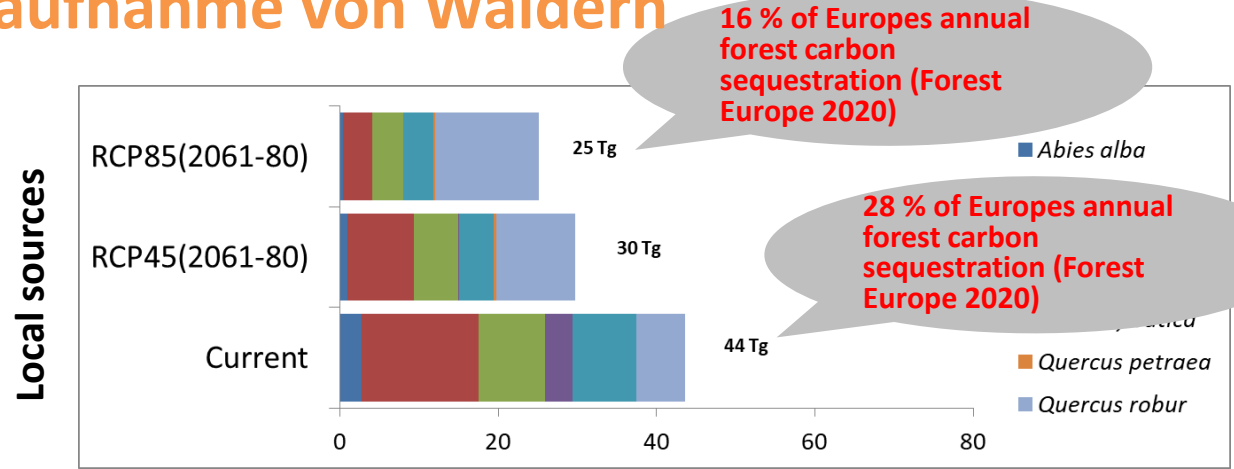


Chakraborty et al. (under review)

Annual Carbon Sequestration in Million Tonnes or Terragram in above ground living biomass of **Age Classes I+II (until 40 years)**

Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern

Vergleich:
Lokale Herkünfte



Chakraborty et al. (under review)

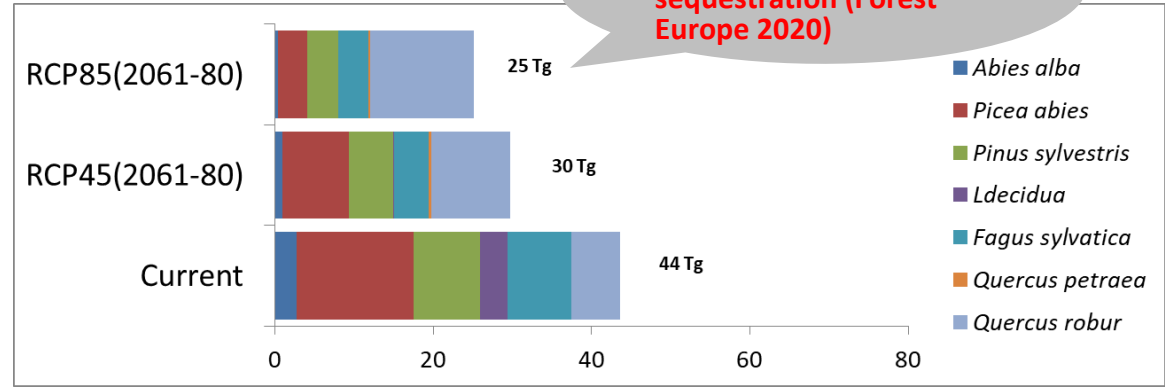
Annual Carbon Sequestration in Million Tonnes or Terragram in above ground living biomass of **Age Classes I+II (until 40 years)**

Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern

16 % of Europe's annual forest carbon sequestration (Forest Europe 2020)

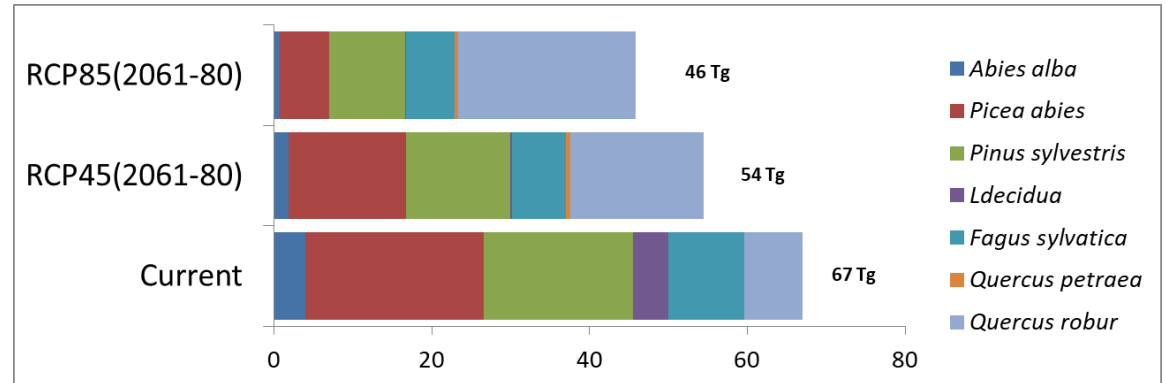
Vergleich:
Lokale Herkünfte

Local sources



Assisted Migration

Best sources

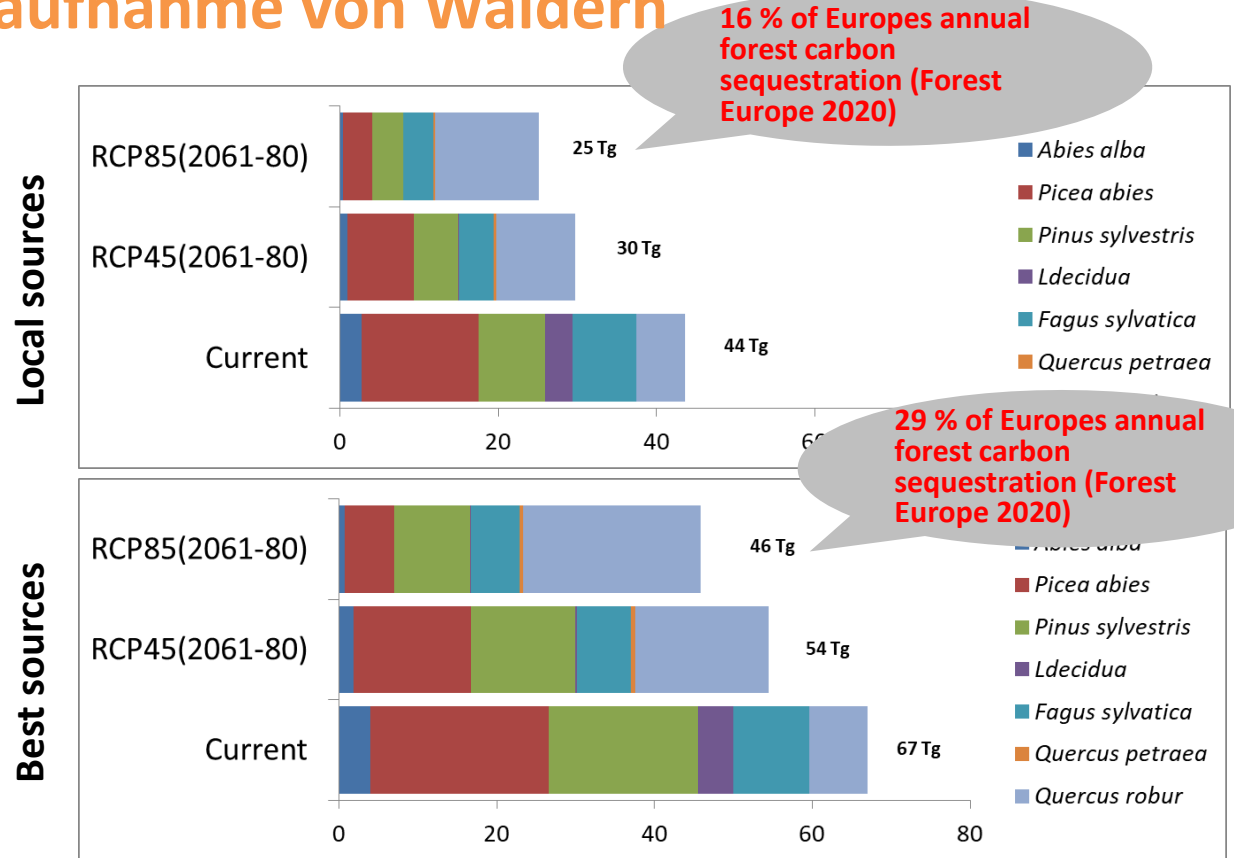


Annual Carbon Sequestration in Million Tonnes or Terragram in above ground living biomass of **Age Classes I+II (until 40 years)**

Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern

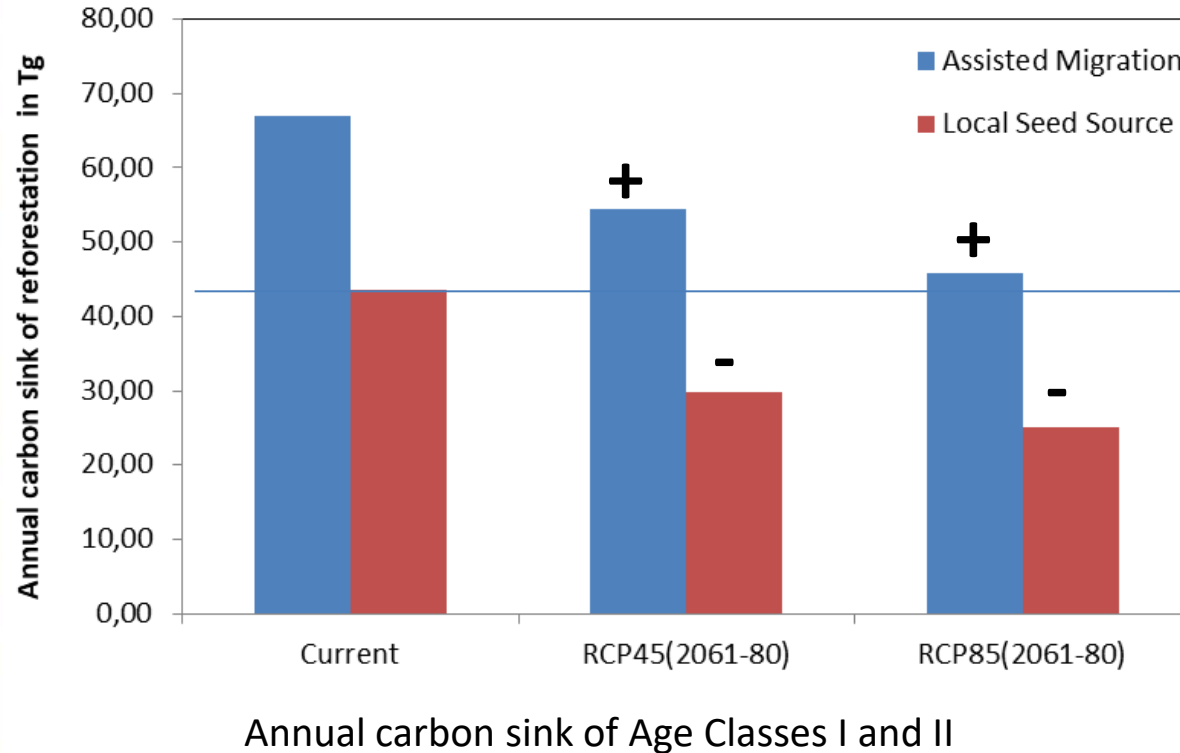
Vergleich:
Lokale Herkünfte

Assisted Migration



Annual Carbon Sequestration in Million Tonnes or Terragram in above ground living biomass of **Age Classes I+II (until 40 years)**

Auswirkungen von Assisted Migration auf die Kohlenstoffaufnahme von Wäldern



Europes annual forest carbon sequestration average 2010-2020 (Forest Europe 2020):

155 Tg/year

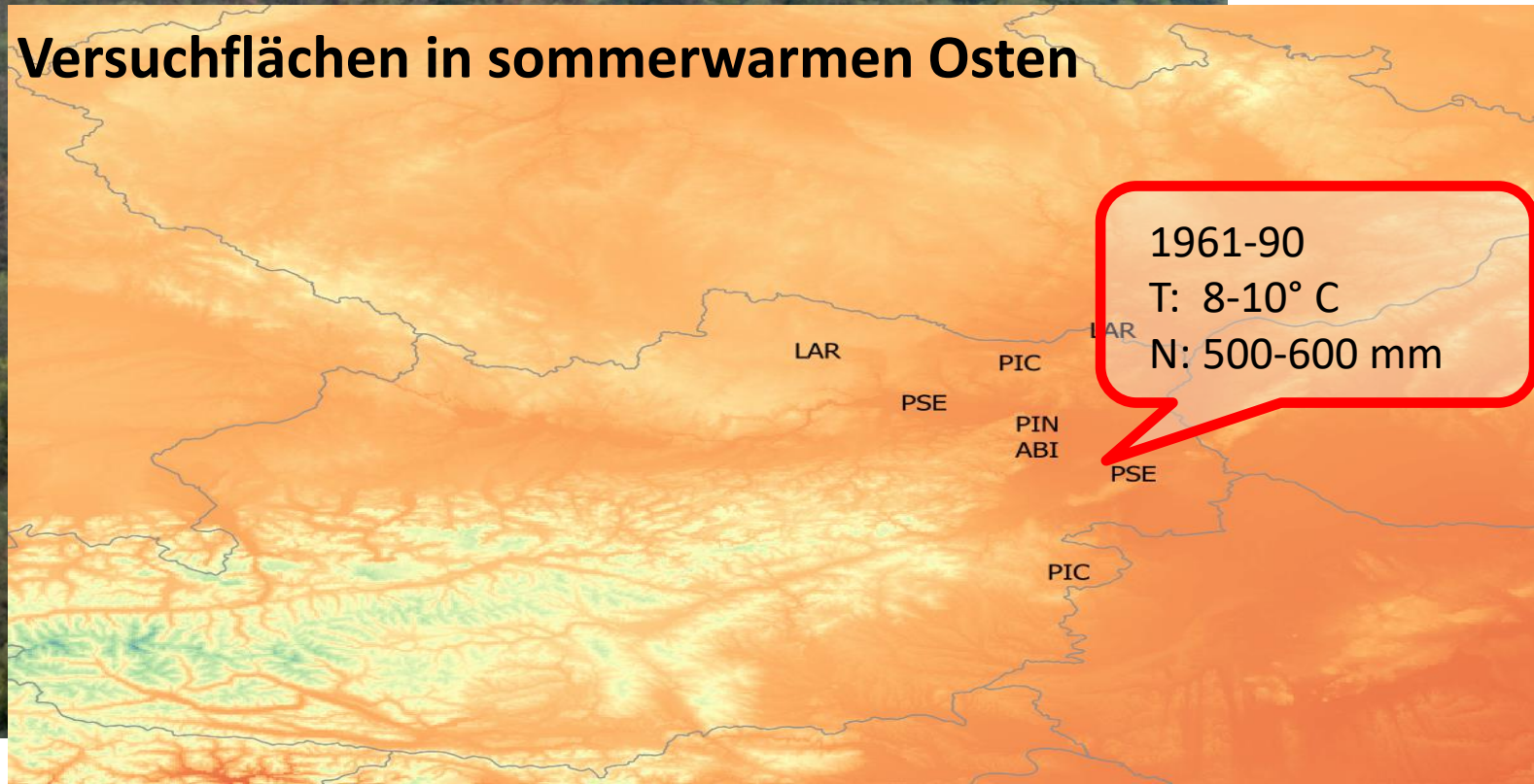


www.seed4forest.org

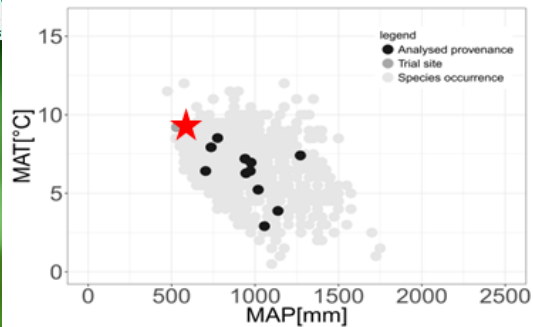


Trockenheit in Österreich

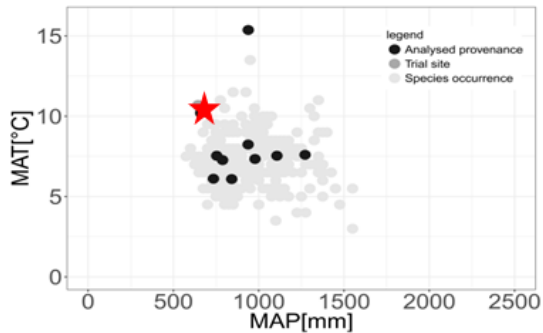
Versuchflächen in sommerwarmen Osten



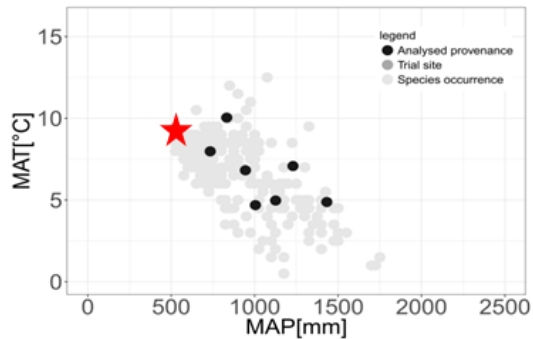
a) *Picea abies*



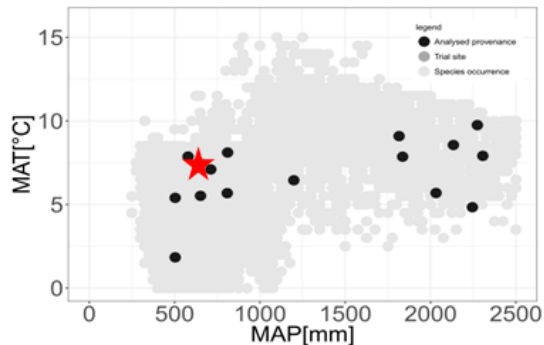
b) *Abies alba*



c) *Larix decidua*



d) *Pseudotsuga menziesii*



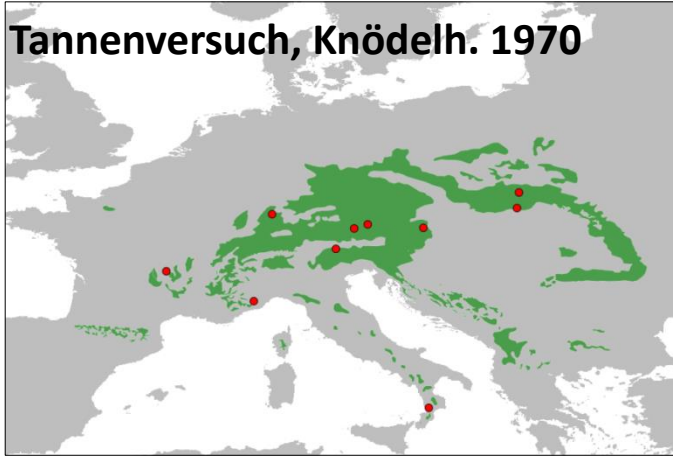
armen Osten

1961-90
T: 8-10° C
N: 500-600 mm

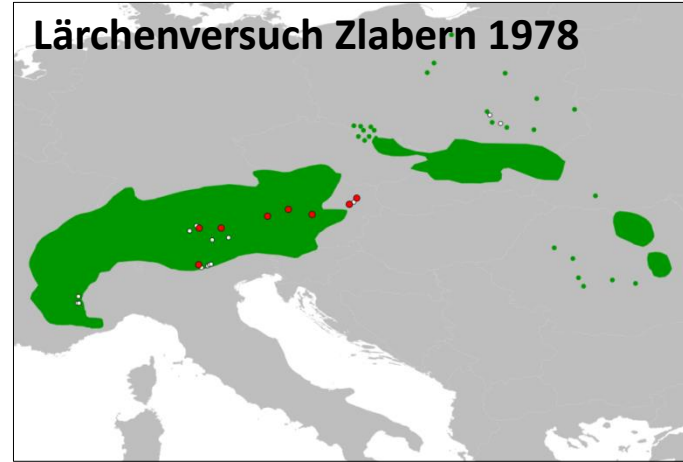
LAR
PSE
PIC
PIN
ABI
PSE
PIC

Verschiedene Herkünfte

Tannenversuch, Knödelh. 1970



Lärchenversuch Zlabern 1978



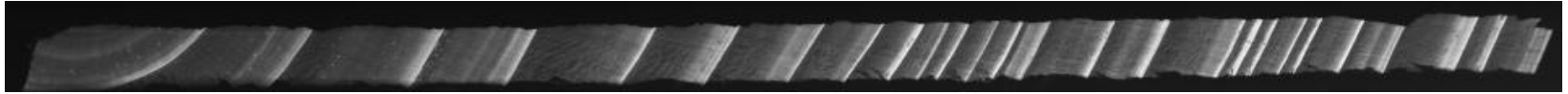
Fichtenversuch Porrau 1978



Douglasienv. Traismauer 1976



Methode

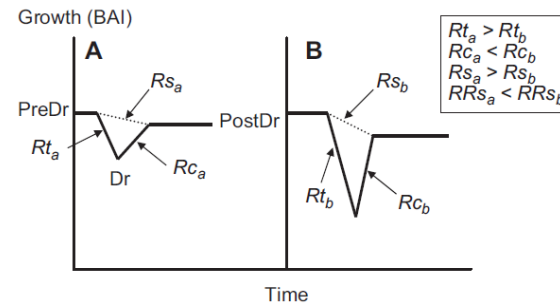


Röntgenanalyse von Bohrkernen

- 9-16 Herkünfte / Baumart
- 10-30 Bäume/Herkunft

Maße für Trockenreaktion (Lloret et al. 2011)

- Resistenz
- Erholung
- Resistenz – Frühholz
- Resistenz – Spätholz



Geeignete Versuchsflächen

Trockenheiten klassifiziert nach dem SPI, dem standardisierten Niederschlagsindex (McKee *et al.*, 1993)

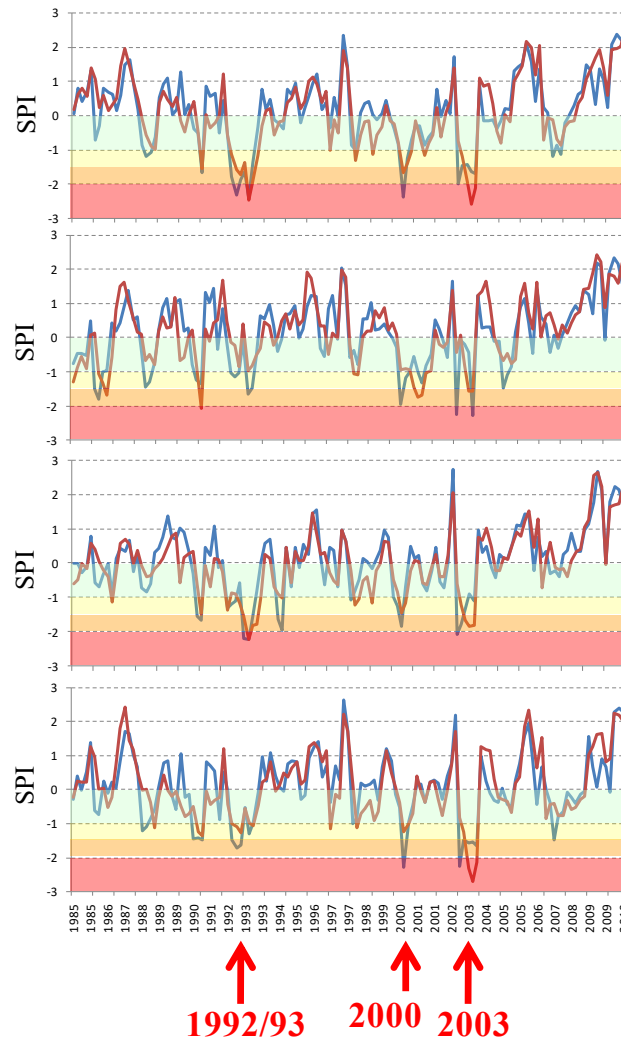
SPI – Definition

Leichte Trockenheit

Moderate Trockenheit

Schwere Trockenheit

Extreme Trockenheit



**Fichtenversuch
Porrau**

**Tannenversuch
Knödelhütte**

**Douglasiensversuch
Traismauer**

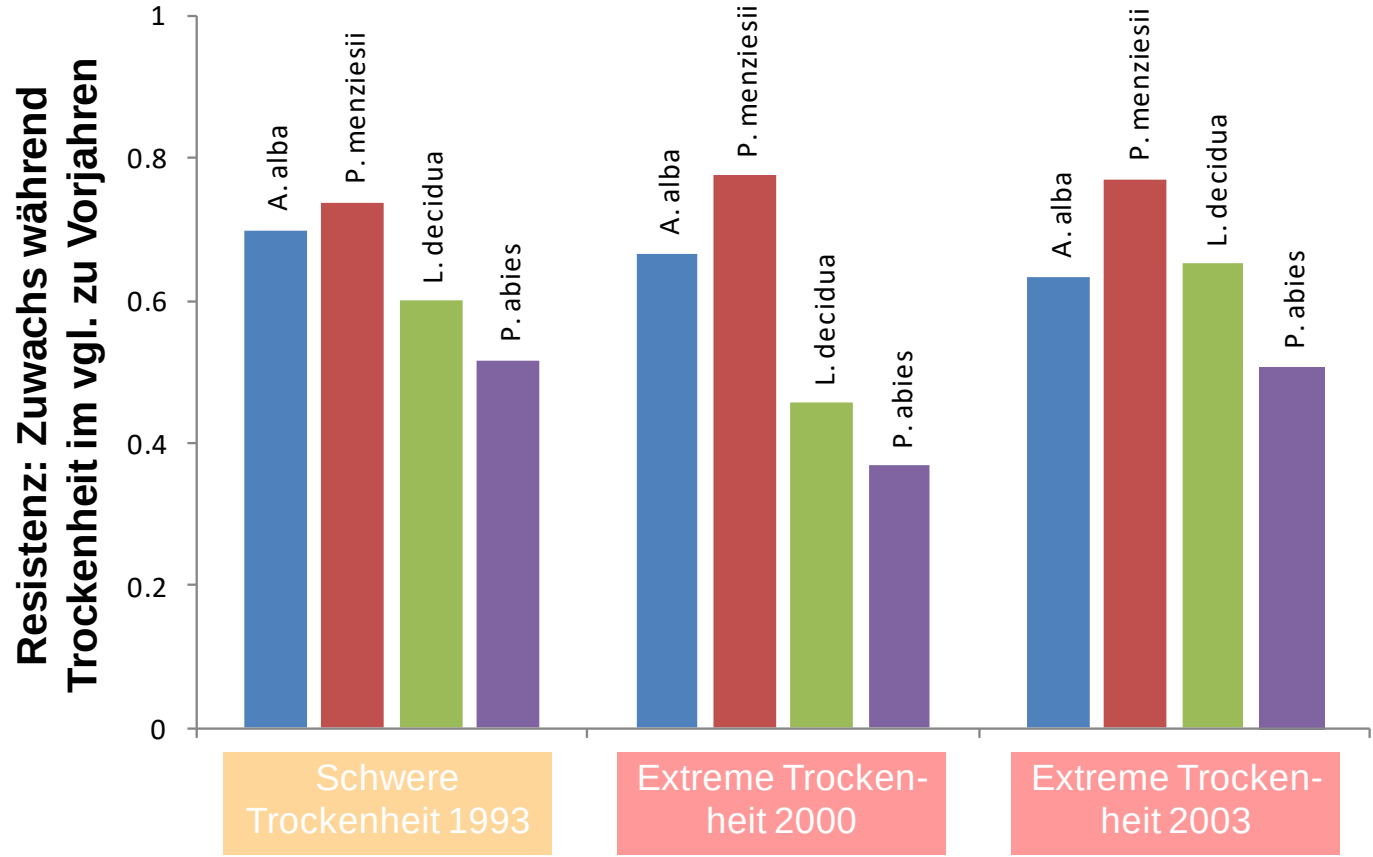
**Lärchenversuch
Zlabern**

1992/93

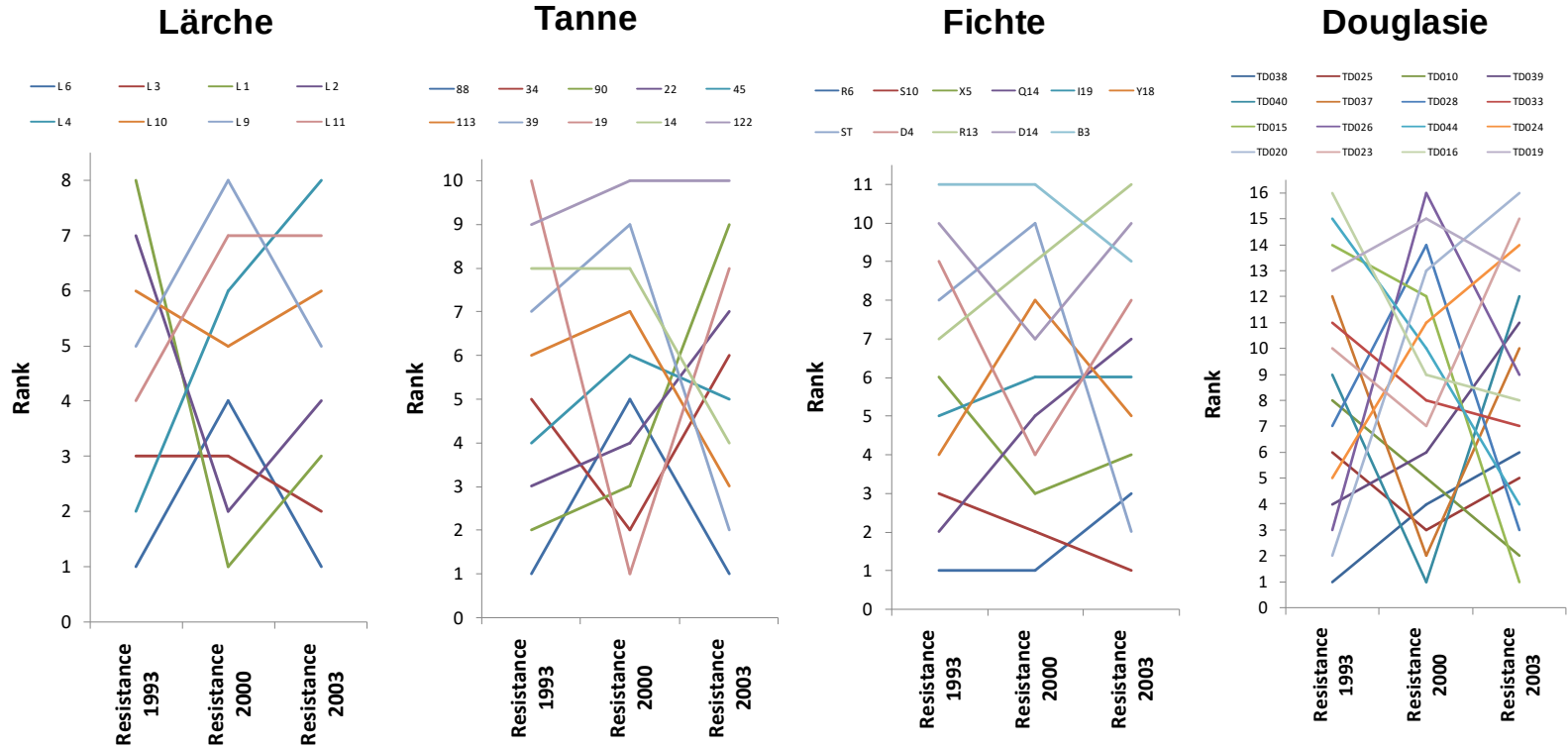
2000

2003

Unterschiede zwischen Baumarten: Resistenz



Stabilität der Herkünfte: Resistenz

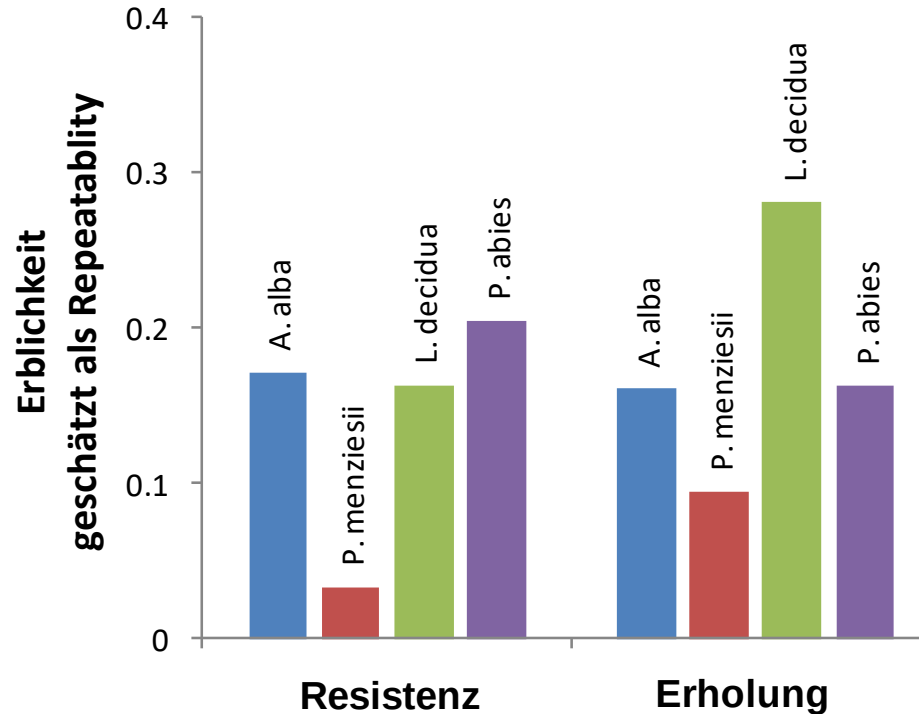


Fichtenherkünfte am stabilsten, gefolgt von Lärche

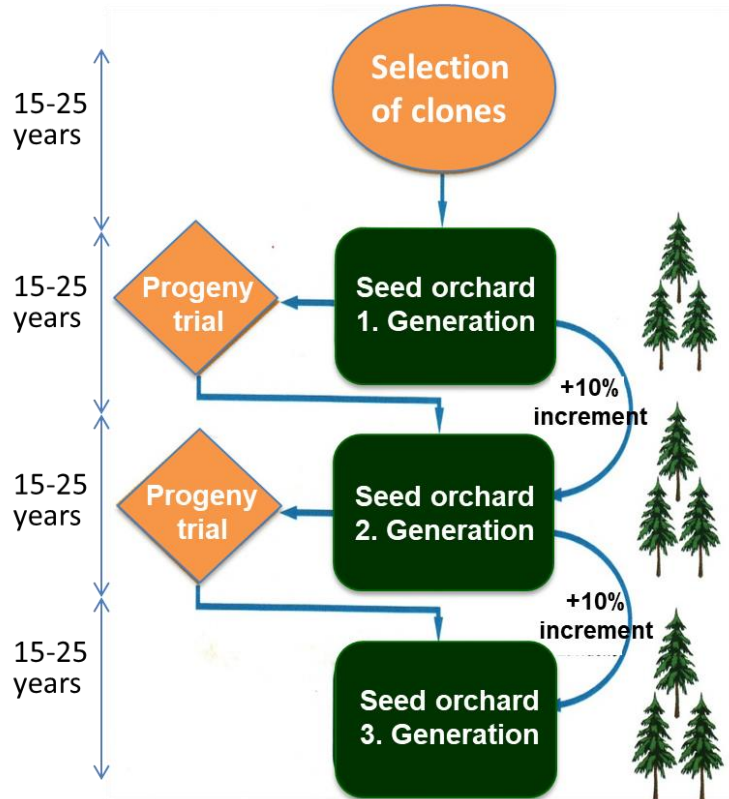
Variation innerhalb der Herkünfte

Erblichkeit der Trockenreaktion

➔ Voraussetzung für erfolgreiche Züchtung und lokale Anpassung



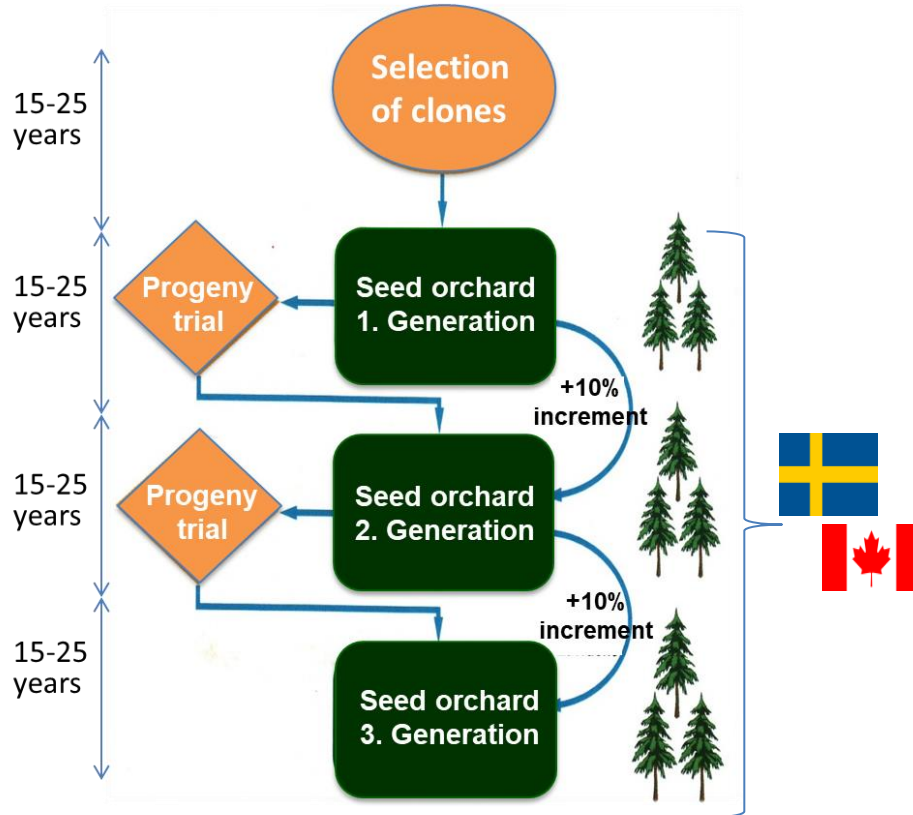
Umsetzung in der Forstpflanzenzüchtung?



Traditionelle Züchtung

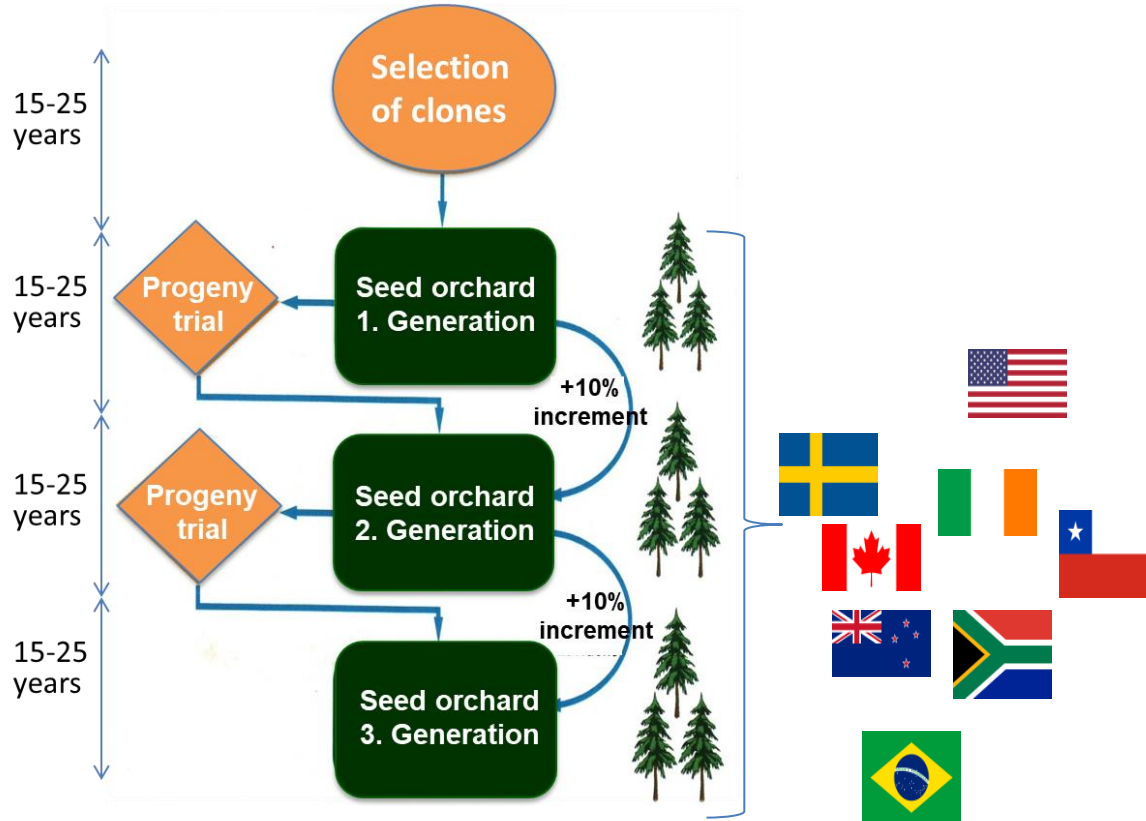


Umsetzung in der Forstpflanzenzüchtung?



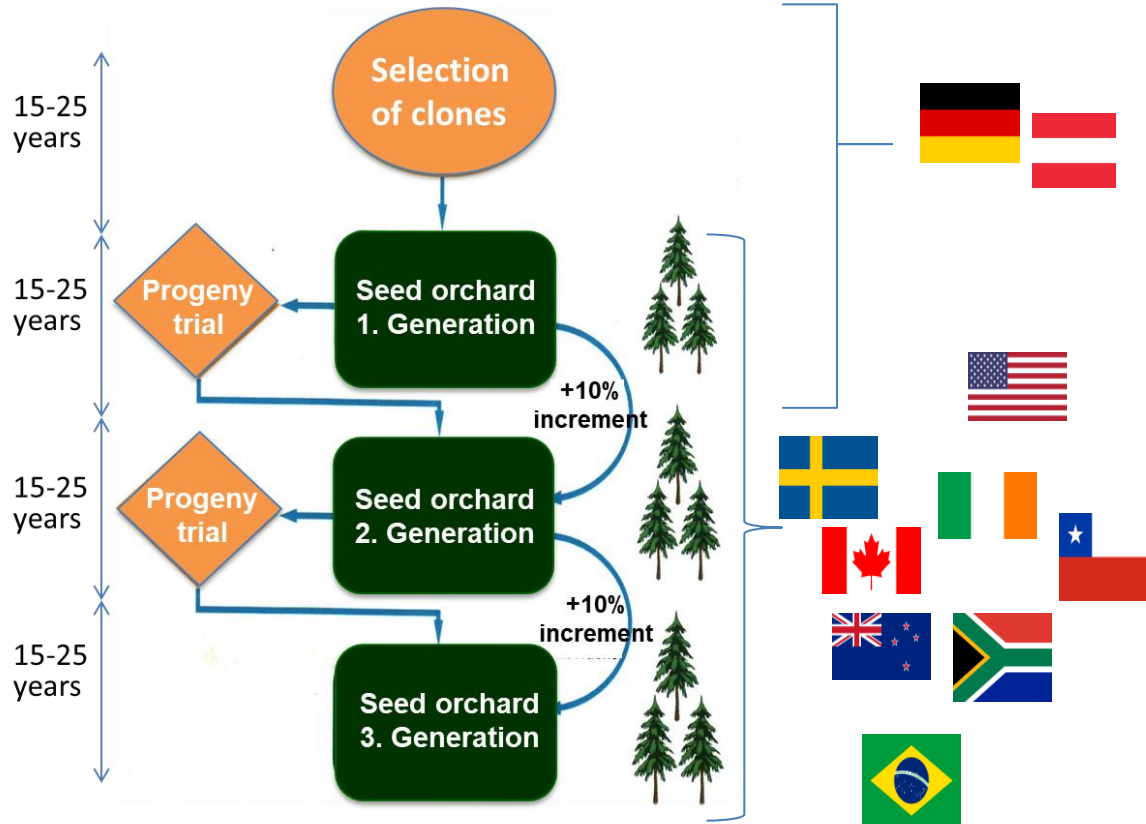
Traditionelle Züchtung

Umsetzung in der Forstpflanzenzüchtung?



Traditionelle Züchtung

Umsetzung in der Forstpflanzenzüchtung?



Traditionelle Züchtung

Genet. Res., Camb. (2009), **91**, pp. 111–120. © Cambridge University Press 2009
doi:10.1017/S001667230900007X Printed in the United Kingdom

111

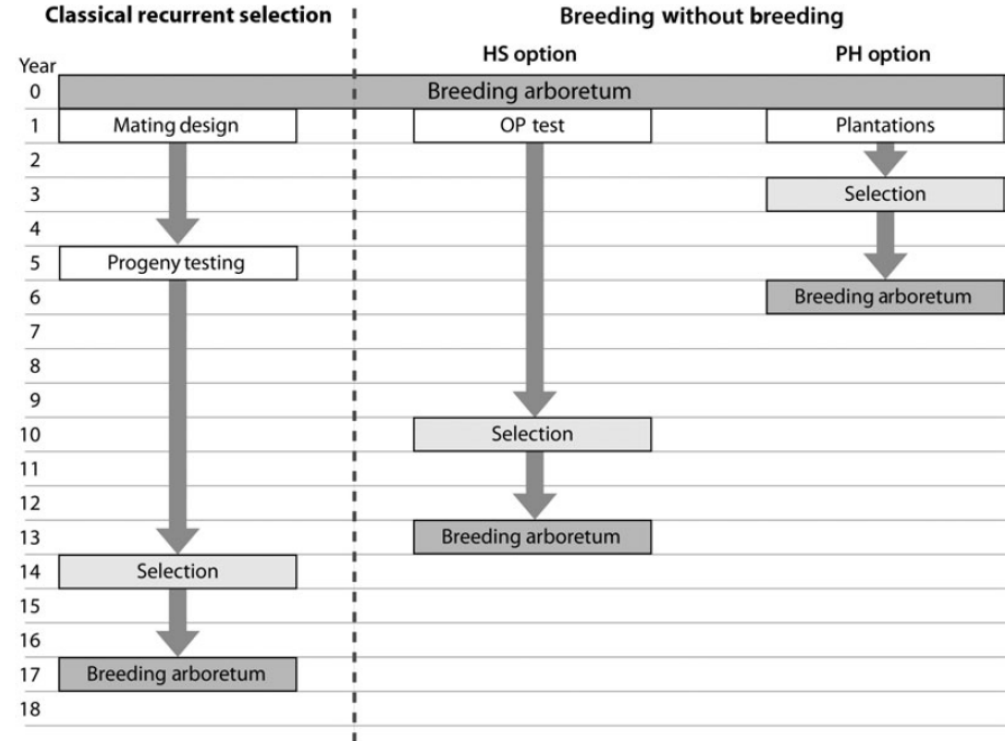
Breeding without breeding

YOUSRY A. EL-KASSABY^{1*} AND MILAN LSTIBŮREK²

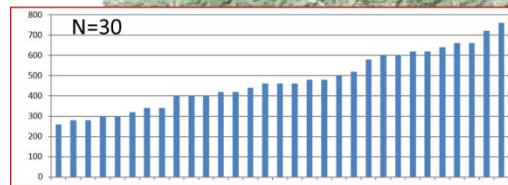
¹Department of Forest Sciences, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada V6T 1

²Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Prague, 165 21 Cze

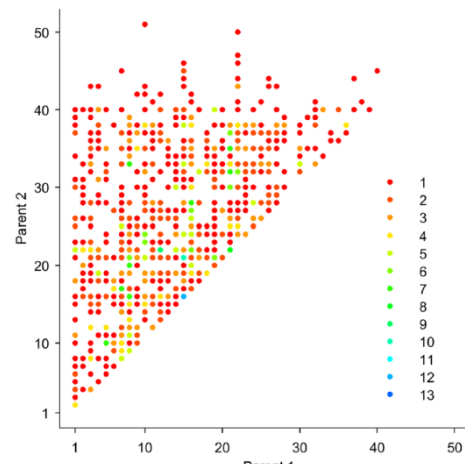
(Received 10 September 2008 and in revised form 30 October 2008 and 14 January 2009)



Züchtung ohne Kreuzung



Verbesserte
Samenplantation mit
besserem Wachstum,
höherer Holzdichte und
besserer Stammform



Rekonstruktion der
Elternschaften

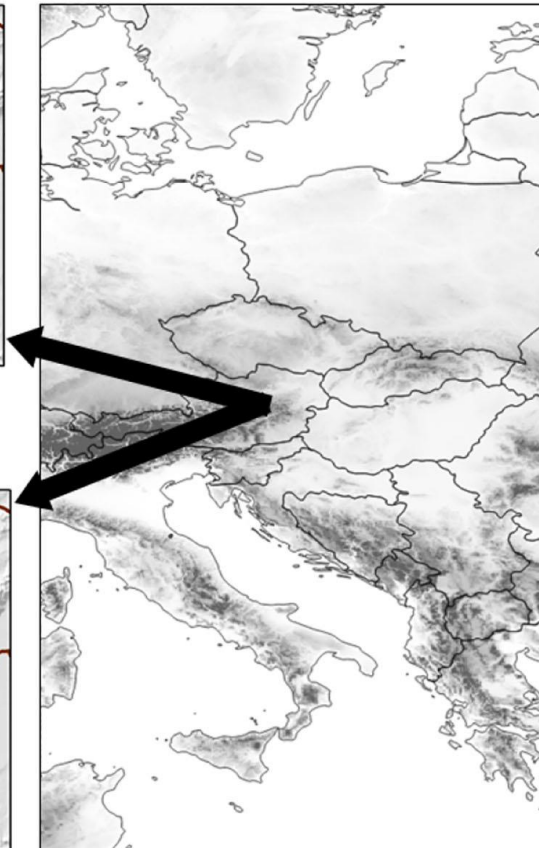
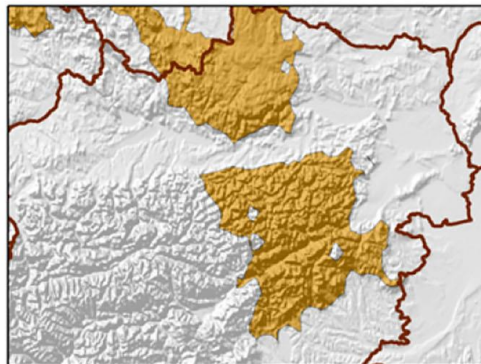
Züchtung ohne Kreuzung

Veränderte
Anbauregionen

Current climate

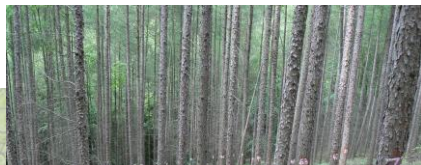


Future climate



Züchtung ohne Kreuzung

ORIGINAL RESEARCH
published: 13 February 2020
doi: 10.3389/fgene.2020.00028



ORIGINAL RESEARCH
published: 23 November 2021
doi: 10.3389/fgene.2021.758221



In Situ Genetic Evaluation of European Larch Across Climatic Regions Using Marker-Based Pedigree Reconstruction

Milan Lstibůrek^{1*}, Silvio Schueler², Yousry A. El-Kassaby³, Gary R. Hodge⁴, Jan Stejskal¹, Jiří Korecký¹, Petr Škorpík⁵, Heino Konrad⁵ and Thomas Geburek⁵

OPEN ACCESS

Edited by:

Charles Chen,
Oklahoma State University,
United States

¹ Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Praha, Czechia, ² Department of Forest Growth and Silviculture, Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape (BRW), Wien, Austria, ³ Department of Forest and Conservation Sciences, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada, ⁴ Department of Forestry and Environmental Resources, North Carolina State University, Raleigh, NC, United States, ⁵ Department of Forest Genetics, Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape (BRW), Wien, Austria

Accelerating Adaptation of Forest Trees to Climate Change Using Individual Tree Response Functions

Valérie Poupon¹, Debojyoti Chakraborty², Jan Stejskal¹, Heino Konrad³, Silvio Schueler^{2†} and Milan Lstibůrek^{1†*}

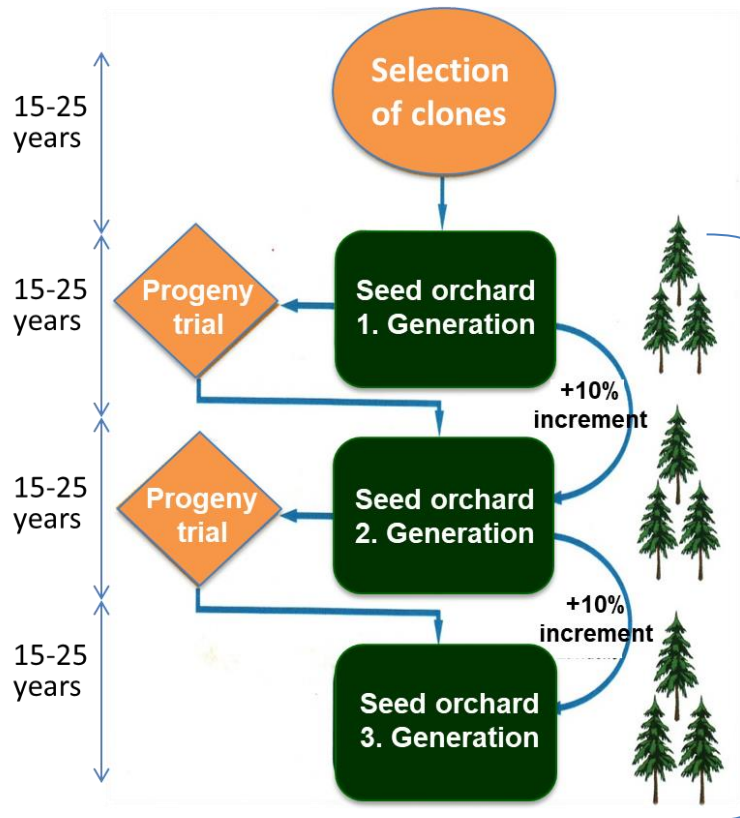
¹ Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Prague, Czechia, ² Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, Department of Forest Growth, Silviculture & Genetics, Vienna, Austria, ³ Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, Department of Forest Biodiversity and Nature Conservation, Vienna, Austria

In forest tree breeding, assisted migration has been proposed to accelerate the adaptive response to climate change. Response functions are currently fitted across multiple

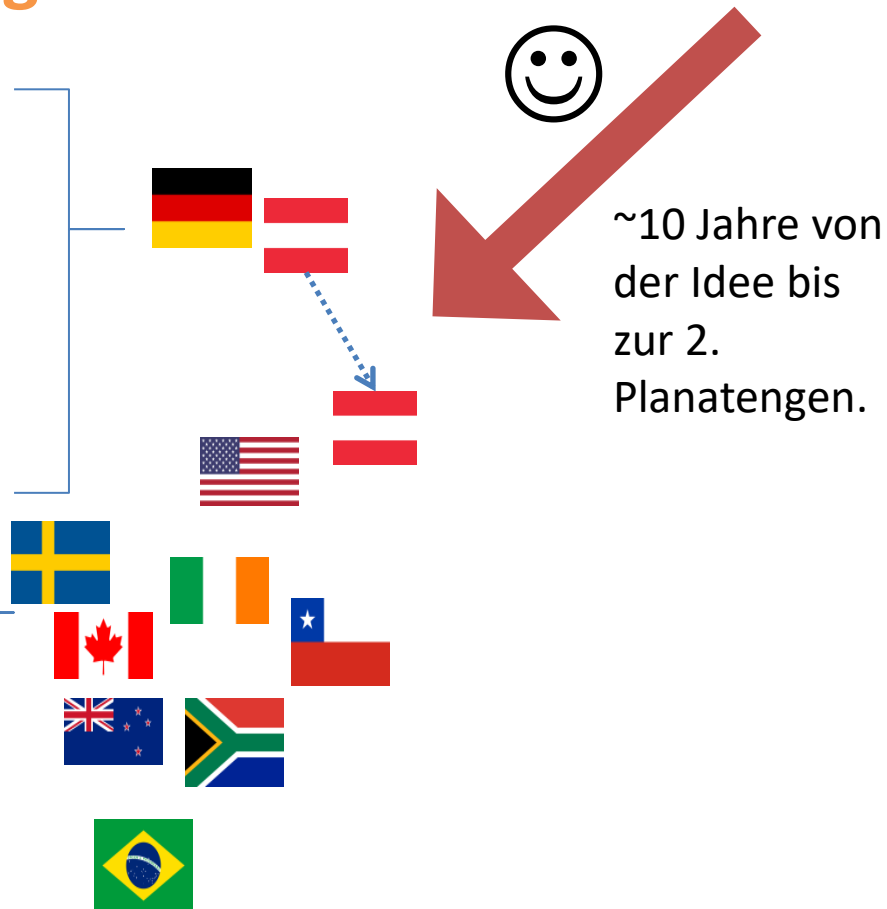
FFG-Projekt : Lärche XXL – Steigerung der Leistungsfähigkeit bei der Baumart Lärche



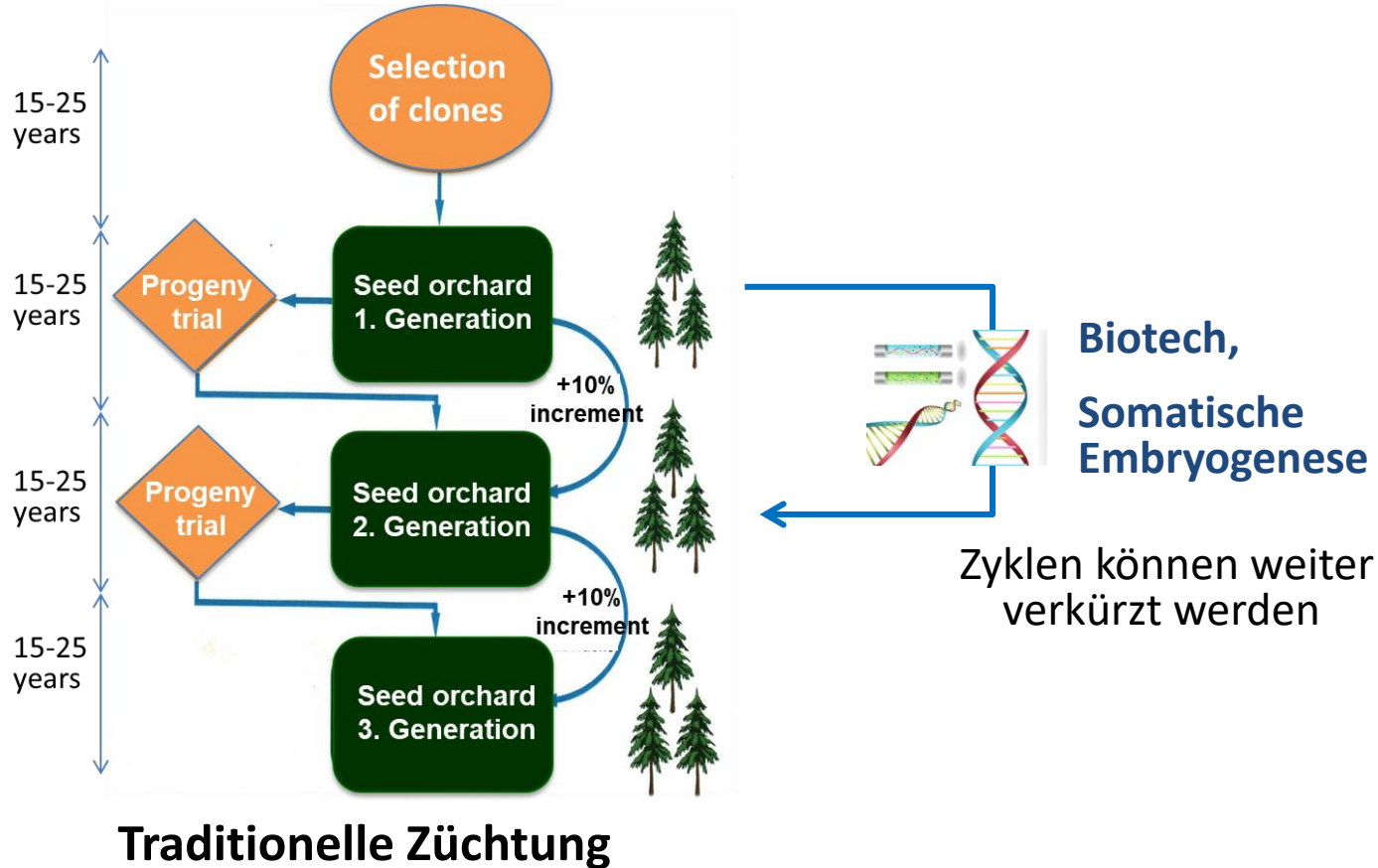
Züchtung ohne Kreuzung



Traditionelle Züchtung



Umsetzung in der Forstpflanzenzüchtung?



Schnellerer Transfer von Zucht-/Selektionsergebnissen durch somatische Embryogenese

Projekt: „ Beschleunigung von Züchtungsaktivitäten der FICHTE und Überführung erster Ergebnisse in die Forstpraxis durch Bereitstellung ausgewählter Genotypen als SE-vermehrte Forst-Containerpflanzen“



Nicht-heimische Baumarten

Nicht-heimische Baumarten

Ziele:

- Baumarteneignung?
- Waldbauliche Konzepte zur Integration!
- Bestandesbegründung
- Invasivität

Gastbaumarten			
Douglasie	SEITE 4	Robinie	SEITE 12
Roteiche	SEITE 6	Riesenlebensbaum	SEITE 14
Küstentanne	SEITE 8	Baumhasel	SEITE 16
Schwarznuß	SEITE 10		



UNSERE WÄLDER

Neue Baumarten

Kaum ein anderes Thema wird in der europäischen Forstwirtschaft heißer diskutiert als die Frage der Gastbaumarten, der Fremdländer oder Neobiota, wie sie vom Naturschutz oft bezeichnet werden



Gleditschie

Fotos: LKNÖ



Platane



Mammutbaum

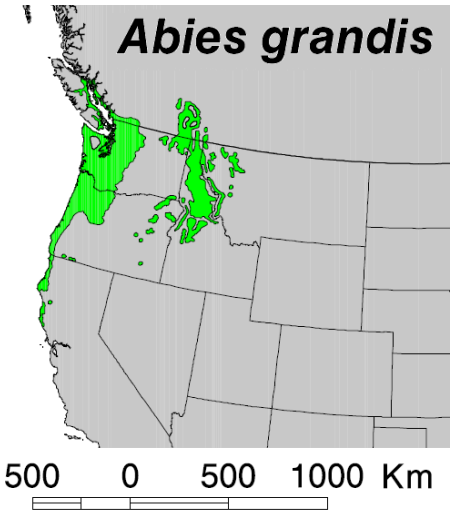
Küstentanne

- bis auf 1200 m Seehöhe
- in 40-50 Jahren fertig
- Hallimasch gefährdet

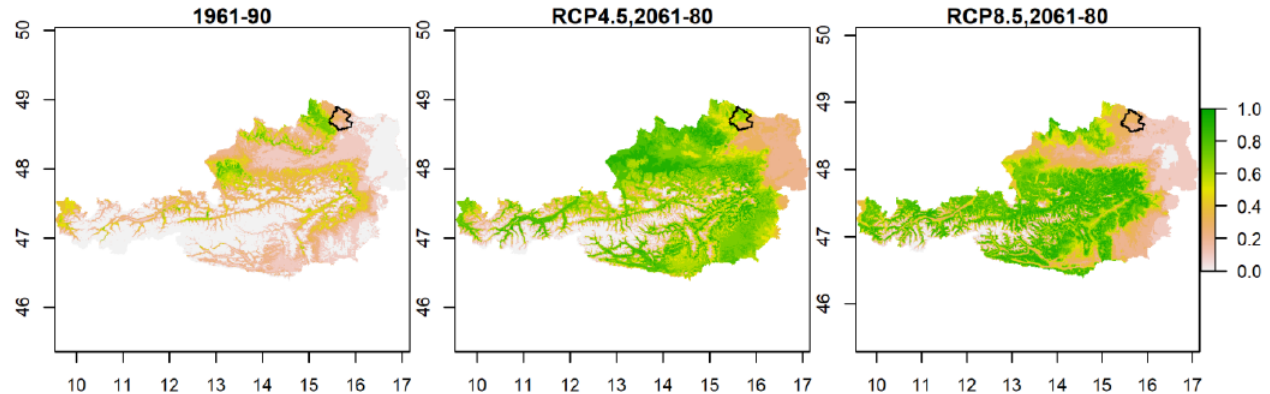


Küstentanne

- Stammt aus den Nordwesten Amerikas
- Bisher vor allem in tieferen Lagen als Fichtenersatz genutzt
- Zukünftig eher im Gebirge geeignet



Eignung
heute und im
Klimawandel

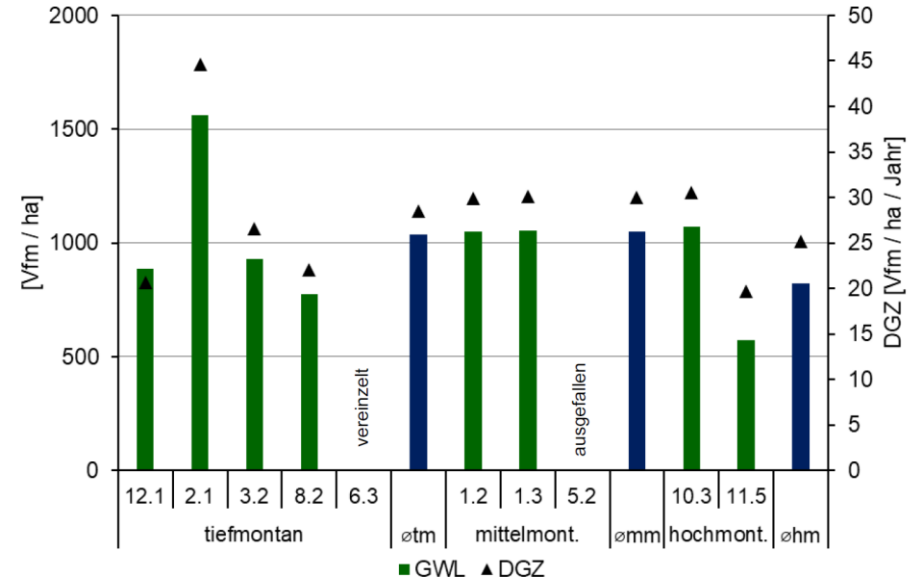


- Überzeugt auch in höheren Lagen
- Diplomarbeit Steindl: untersuchte 10 Flächen im Alter von 35 Jahren
- 80% der Flächen noch vorhanden
- Gesamtwuchsleistung zwischen **800 und 1050 Vhm/ha!**

Waldbauliche Analyse des Wuchsverhaltens gebietsfremder
 Baumarten auf Demonstrationsflächen in der tief- bis
 subalpinen Waldhöhenstufe Österreichs

verfasst von
 Christian STEINDL, BSc

Im Rahmen des Masterstudiums
 Forstwissenschaften



750 m

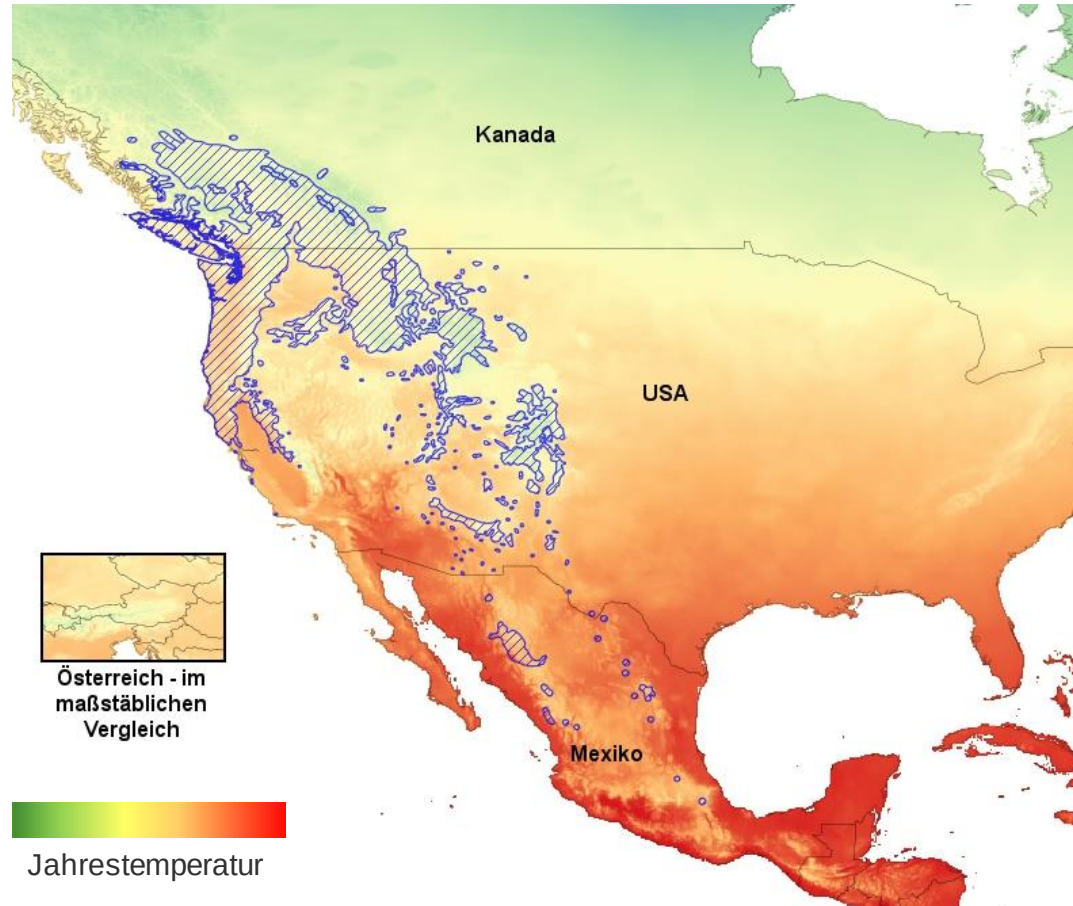


1250 m

Douglasie

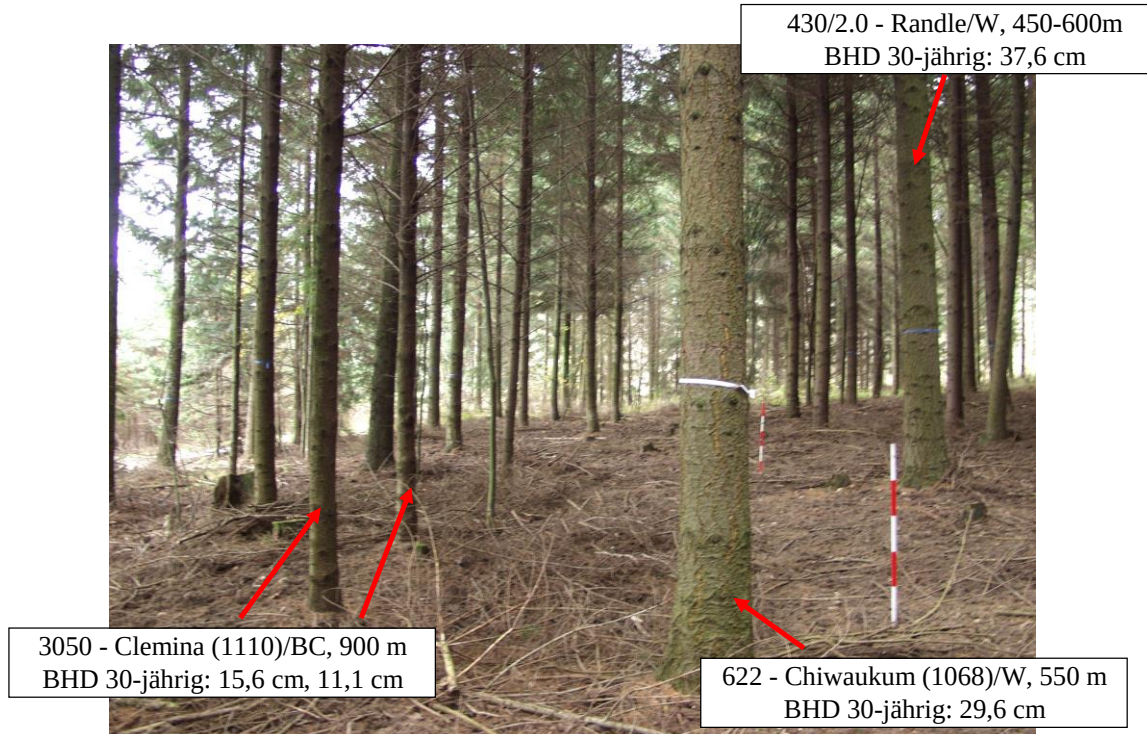


Douglasie



Douglasie – Herkunftswahl entscheidend

Wuchsleistung

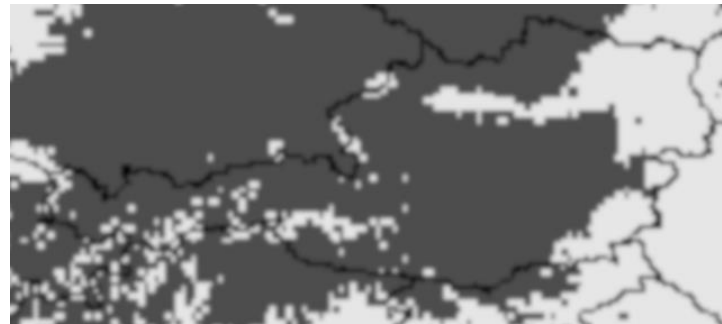


Douglasie – Veränderung der Anbaueignung

1990-2010



2080 (RCP 8.5)



Eignung verschiebt sich von den tieferen Lagen in den Bergwald

Douglasie

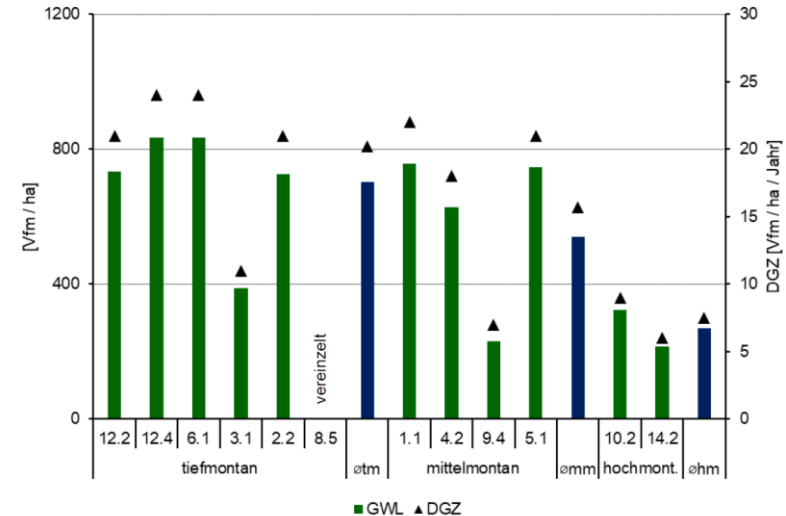
- Überzeugt auch in höheren Lagen
- Diplomarbeit Steindl untersuchte 12 Flächen im Alter von 35 Jahren
- 80% der Flächen noch vorhanden
- Gesamtwuchsleistung zwischen 270 und 704 Vhm/ha!

Masterarbeit

Waldbauliche Analyse des Wuchsverhaltens gebietsfremder Baumarten auf Demonstrationsflächen in der tief- bis subalpinen Waldhöhenstufe Österreichs

verfasst von
Christian STEINDL, BSc

Im Rahmen des Masterstudiums
Forstwissenschaften



750 m

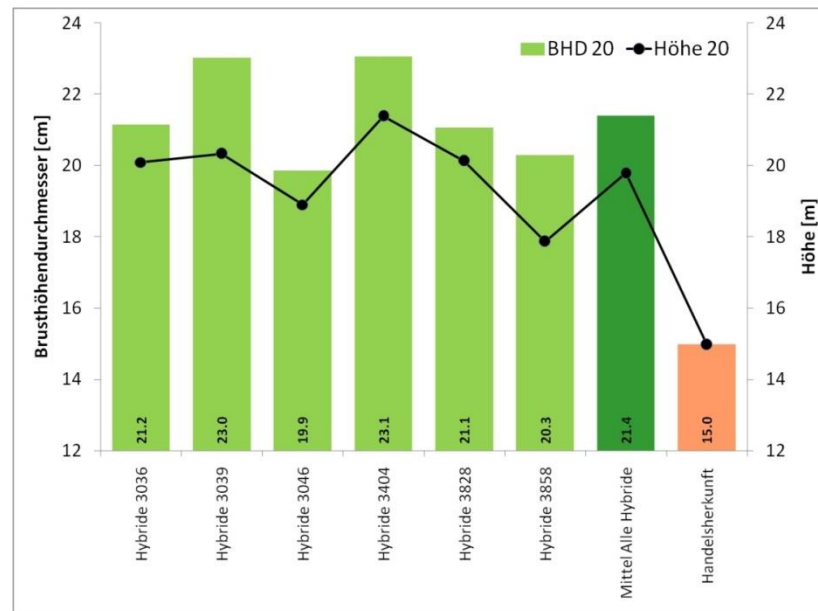


1250 m

Hybridlärche für tiefere Lagen

Hybridlärche im Burgenland / Leithagebirge

- Versuchsanlage 1991
- Messung 20jährig 2010



BHD Hybride: 21,4 cm (19,9-23cm)

Höhe Hybride: 19,8 m (17,9-21,4 m)

BHD Eur. Lärche: 15,0 cm

Höhe Eur. Lärche: 11,9 cm

Umsetzung in Züchtung - Hybridzüchtung



Trees (2021) 35:1467–1484
<https://doi.org/10.1007/s00468-021-02129-4>

ORIGINAL ARTICLE



Physiological and anatomical responses to drought stress differ between two larch species and their hybrid

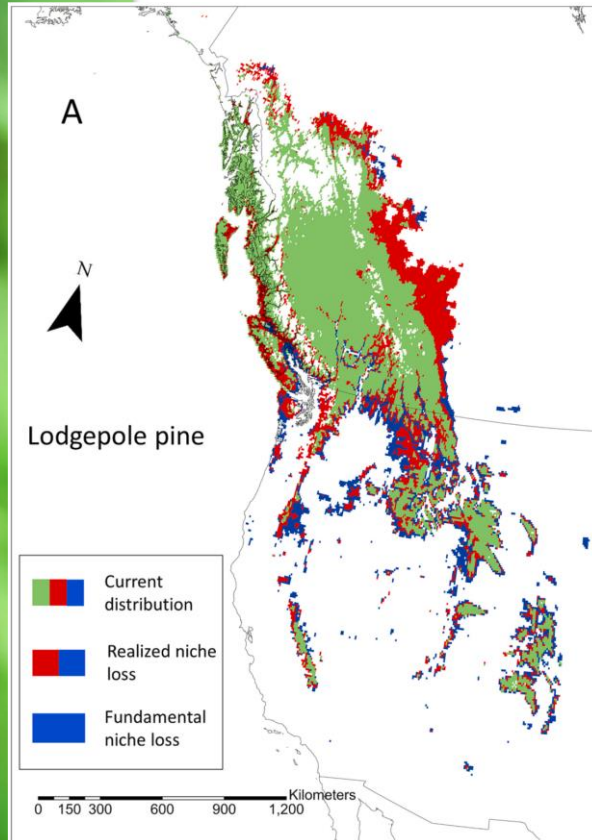
Nadia Sasani¹ · Luc E. Pâques² · Guillaume Boulanger³ · Adya P. Singh¹ · Notburga Gierlinger¹ · Sabine Rosner⁴ · Oliver Brendel³

Conclusion

”... Das beobachtete höhere Wachstum der Hybridlärche, auch unter Trockenheit, und seine höhere Resistenz gegen Krankheiten, unterstützt seine Aufnahme in Tieflandaufforstungen, in denen die Eur. Lärche heimisch ist. ...“

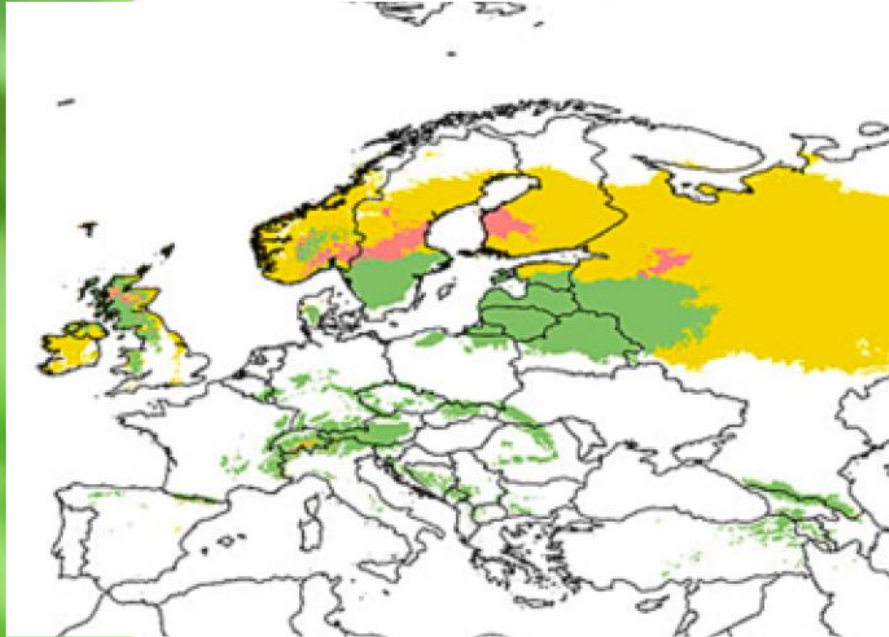


Drehkiefer – *Pinus contorta*



- Wichtigste nicht-heimische Art in Nordeuropa
- In Österreich nur auf wenigen Versuchsflächen

Drehkiefer – *Pinus contorta*



Auch in Zukunft im
Alpenraum geeignet
(Zhao et al. 2023)

Drehkiefer

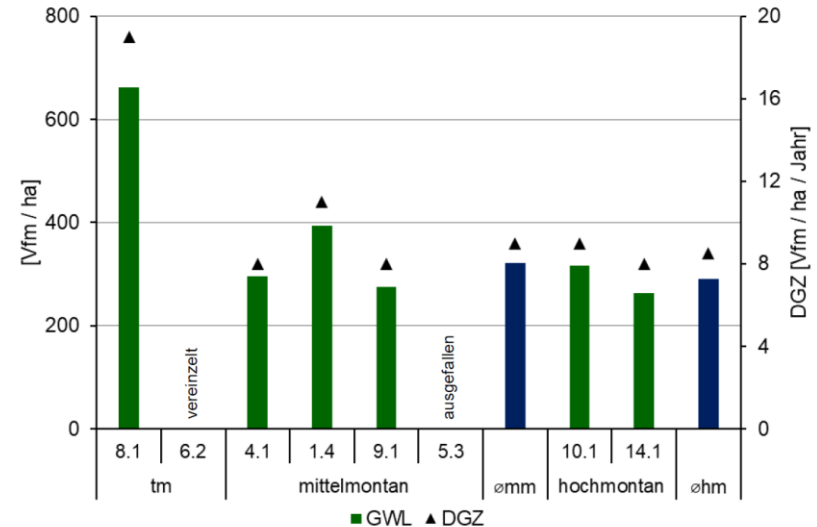
- Überzeugt auch in höheren Lagen
- Diplomarbeit Steindl untersuchte 8 Flächen im Alter von 35 Jahren
- 75% der Flächen noch vorhanden
- Gesamtwuchsleistung zwischen 290 und 660 Vhm/ha

Masterarbeit

Waldbauliche Analyse des Wuchsverhaltens gebietsfremder
 Baumarten auf Demonstrationsflächen in der tief- bis
 subalpinen Waldhöhenstufe Österreichs

verfasst von
 Christian STEINDL, BSc

Im Rahmen des Masterstudiums
 Forstwissenschaften



980 m



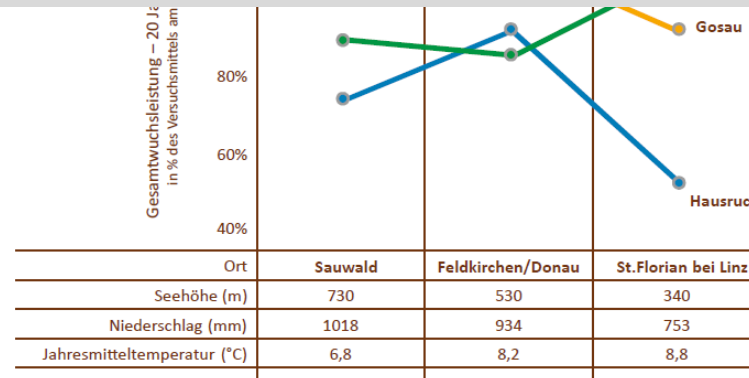
1250 m

Kalabrische Weißtanne St. Florian

- 3 Versuchsflächen der LK Oberösterreich (Dr. Bentz)
- 4 Herkünfte aus Österreich und Kalabrien
- seit 2011 von Land OÖ (DI Jasser) und BFW betreut



Kalabrische Herkünfte derzeit eher für tiefere Lagen



**Jasser –
Forstzeitung März
2016**

Kalabrische Weißtanne St.Florian

- Anlage einer Samenplantage mit kalabrischer Weisstanne
- Reiserernte 2023



LAND
OBERÖSTERREICH

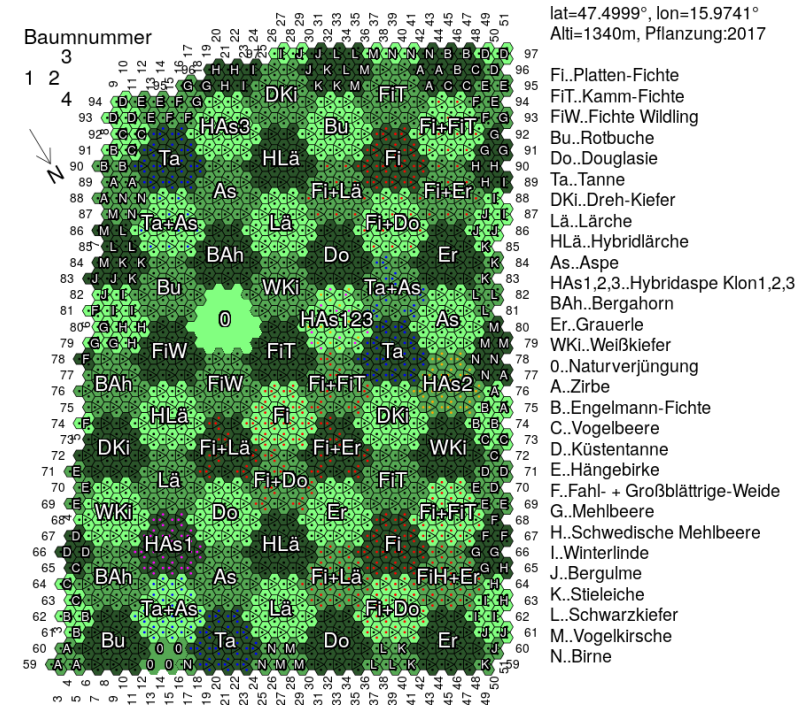


BÄUERLICHE FORSTPFLANZENZÜCHTER

Neue Aufforstung in der Hochlage (ca. 1340 m Seehöhe) am Wechsel,
aufgeforstet 2017/18



Mehr als 30 Baumarten, verschiedene
Herkünfte und Baumartenmischungen



Klimaforschungswald

Neue Aufforstung in der Hochlage (ca. 1340 m Seehöhe) am Wechsel,
aufgeforstet 2017/18



**Weitere Baumartenversuche im Bergwald
notwendig!**



Mehr als 30 Baumarten, verschiedene
Herkünfte und Baumartenmischungen

Schlussfolgerungen

- **Der Klimawandel unterbricht die Verbindung zwischen der lokalen Anpassung von Bäumen und ihrer gegenwärtigen Umwelt**
- **Um die Ökosystemleistungen des Waldes zu sichern, sind Anpassungsmaßnahmen unverzichtbar.**
- **Wissenschaftliche Lösungen für unterstützte Migration und Züchtung von Anpassungen an das künftige Klima und Krankheiten sind dringend erforderlich.**
- **Wissenschaftliche Ergebnisse müssen schneller in Praxis überführt werden (somatische Embryogenese usw.).**
- **Forstpraktiker und Behörden benötigen Unterstützung bei der Umsetzung der Anpassung, falls nötig auch Adaptierungen von gesetztl. Regelungen.**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft

Austria, 1131 Wien
Seckendorff-Gudent-Weg 8
Tel.: +43 1 878 38-0
direktion@bfw.gv.at
<http://www.bfw.ac.at>



<https://www.facebook.com/BundesforschungszentrumWald>



<https://twitter.com/bfwald>



<https://www.youtube.com/user/Waldforschung>