



# Brauchen wir „neue Baumarten“ im Klimawandel?

Sven Wagner, TU-Dresden

- I. Baumartenwahl ist ein klassisches Instrument des Waldbaus  
Betriebsziele in Gefahr
  
- II. „Alte Baumarten“ erhalten – welche Optionen bleiben? [Beispiel Buche]
  1. Handlungsspielraum (Angepasstheit, Anpassungsfähigkeit, Waldbau-Systeme)
  2. Ein konservativer Mehrstufenplan zur Waldverjüngung
  
- III. „Neue Baumarten“ nutzen – welche Konditionen beachten? [Beispiel Fichte]
  1. Anforderungen an „neue Baumarten“
  2. Welche Arten und wie werden Informationen beschafft?
  
- IV. Schlussfolgerungen

# I. Baumartenwahl ist ein klassisches Instrument des Waldbaus

Man versteht unter „Baumartenwahl“ die Festlegung des Anteils von Baumarten, sowie deren räumliche Zuordnung zu der Betriebsfläche. Mit der Baumartenwahl bestimmt das Management (die Betriebsleitung) für Jahrzehnte bis Jahrhunderte über die Möglichkeiten der Leistungserbringung und der Risiken des Betriebes. Der Begriff impliziert, dass es eine Wahl gibt.

Bei der Baumartenwahl finden verschiedene Kriterien Anwendung, die hier nicht abschließend gelistet werden können. Die wichtigsten sind:

1. Leistungsdienlichkeit [aktuelle Betriebsziele]
2. Nachhaltigkeit [Standörtliche/ökologische Passfähigkeit, Biodiversität, langfristige Optionen, betriebl. Flexibilität]

Diejenigen Baumarten, die in diesem Prozess Berücksichtigung finden, werden als **Zielbaumarten** bezeichnet.

**Die Baumartenwahl kann mit Kunst- und Naturverjüngung, in Rein- oder in Mischbeständen und in sehr verschiedenen Waldbau-Systemen umgesetzt werden.**

## Zwei Szenarien im Klimawandel: **Betriebsziele!**

1. Die Nutzung „alter Baumarten“ ergibt sich als Weg der Praxis für den Fall, dass Betriebsziele [Leistungen] mit einer bisherigen Baumartenwahl **bei Klimawandel** weiterhin erreichbar sind oder dass mindestens die Annahme besteht, dass sie erreichbar bleiben (Entscheidung bei Unsicherheit).

Eine bisherige Zielbaumart gilt bei realistischem Klimaszenario als Betriebsziel-konform (und es besteht die Option zur Naturverjüngung)[Beispiel: Buche]

„Alte Baumarten“ erhalten – welche Optionen bleiben?

2. Die Nutzung „neuer Baumarten“ ergibt sich als Weg der Praxis für den Fall, dass Betriebsziele [Leistungen] mit einer bisherigen Baumartenwahl **bei Klimawandel** nicht mehr erreichbar sind oder dass mindestens die Annahme besteht, dass sie nicht erreichbar sein werden (Entscheidung bei Unsicherheit).

Eine bisherige Zielbaumart gilt bei realistischem Klimaszenario nicht mehr als Betriebsziel-konform [Beispiel: Fichte]

„Neue Baumarten“ nutzen – welche Konditionen beachten?

### 1. Handlungsspielraum:

#### a) Angepasstheit

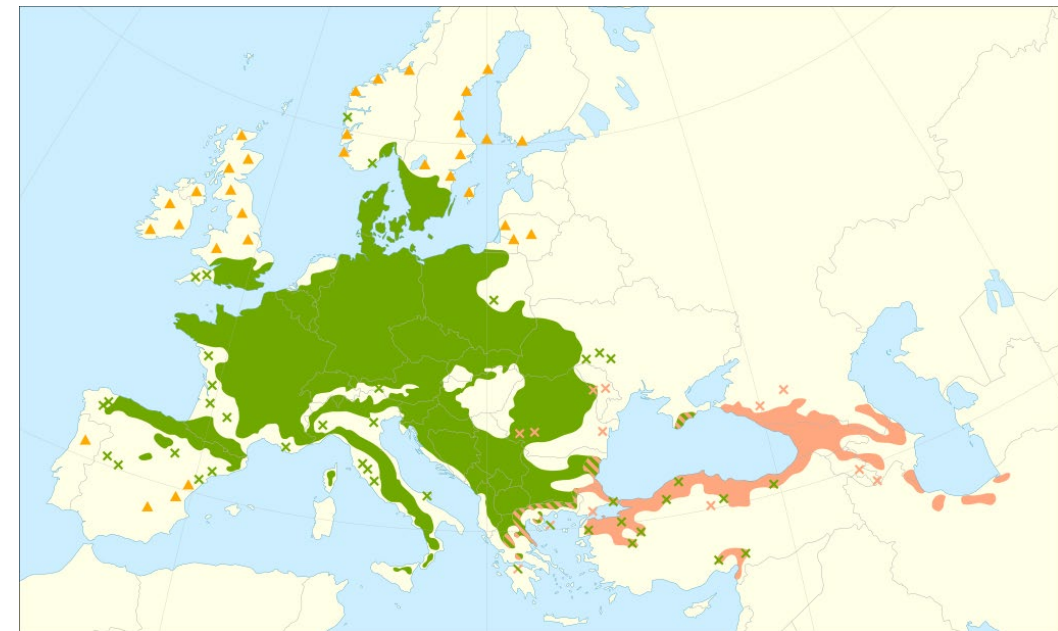
Am Beispiel der Buche (*Fagus sylvatica*) lässt sich zeigen, welche Größenordnung die ökologischen Amplituden europäischer Baumarten haben.

Die Baumart kommt von Südschweden bis Spanien und dem Balkan in verschiedenen Provenienzen vor.

**MAP** (**M**ean **A**nnual **P**recipitation) schwankt zwischen 500 und 1500mm und

**MAT** (**M**ean **A**nnual **T**emperature) zwischen 5,9 und 13,4°C.

Solche Spannen ( $\approx 7^\circ\text{C}$  bei der MAT) könnten bezüglich einer Veränderung der MAT am Einzelstandort von  $2^\circ\text{C}$  in sofern ermutigend sein, dass genügend genetisch vielfältiges Material (ohne züchterische Eingriffe) zur Verwendung im Wald zur Verfügung steht.



Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J., 2017. Chorological maps for the main European woody species. Data in Brief 12, 662-666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>

### 1. Handlungsspielraum:

#### a) Angepasstheit

(Vereinfachte Annahmen für die folgenden Überlegungen)

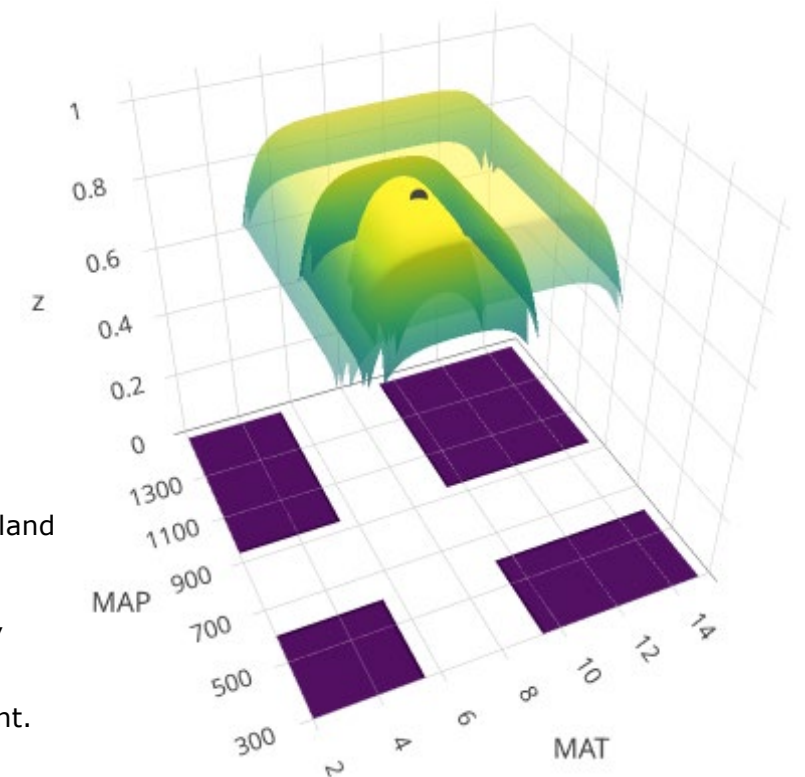
Wir können das ökologische Potenzial einer Art in etwa aus ihren realisierten Vorkommen in der Natur *plus* den Erfahrungen aus künstlichen Anbauten heraus abschätzen (Klimahüllen).

Das Potenzial einer Art setzt sich aus dem einzelner Herkünfte zusammen. Die einzelnen Herkünfte einer Art innerhalb der natürlichen Verbreitung weisen ein im Vergleich zur ganzen Art – spezialisiertes – jedoch eingeschränktes ökologisches Potenzial auf. Das eingeschränkte ökologische Potenzial einer Herkunft kann grob mit 2/3 des Artpotenzials angenommen<sup>1</sup> werden.

Das Potenzial einer Herkunft setzt sich aus dem einzelner Bestände zusammen. Das ökologische Potenzial eines einzelnen Bestandes innerhalb einer Herkunft ist nochmals eingeschränkt. Es gibt zu der Größenordnung der Einschränkung dazu m.W. keine fundierten wissenschaftlichen Untersuchungen. Deshalb nehmen wir an, dass dieses Potenzial etwa 2/3 dessen der jeweiligen Herkunft umfasst.

Die ökologischen Amplituden der Europäischen Buche auf den Ebenen:

Art,  
Herkunft (Deutschland),  
Einzelbestand (Deutschland)



Die Markierung (schwarz) kennzeichnet für Deutschland mittlere Verhältnisse von MAT = 7,7°C MAP = 775mm (Eisenach, Fulda, Kassel)

Mit „Z“ ist Vitalität gemeint.

1: Aufgrund der Untersuchungen z.B. von Rehfeldt et al. (1999) an *Pinus contorta*

### 1. Handlungsspielraum: b) Anpassungsfähigkeit

Im Rahmen forstwirtschaftlicher Tätigkeit ergeben sich vor allem bei der **Naturverjüngung** im Bestand viele Ansätze, die Anpassungsfähigkeit von Baumarten/Populationen zu nutzen:

„Evolutionäre Resilienz bezieht sich sowohl auf die Fähigkeit von Populationen, in ihrem derzeitigen Zustand zu verharren (analog zur Resistenz in der ökologischen Literatur) als auch auf die Fähigkeit, sich als Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen evolutionär anzupassen (Gunderson 2000; Thrush et al. 2009).“ Sgrò et al., 2018

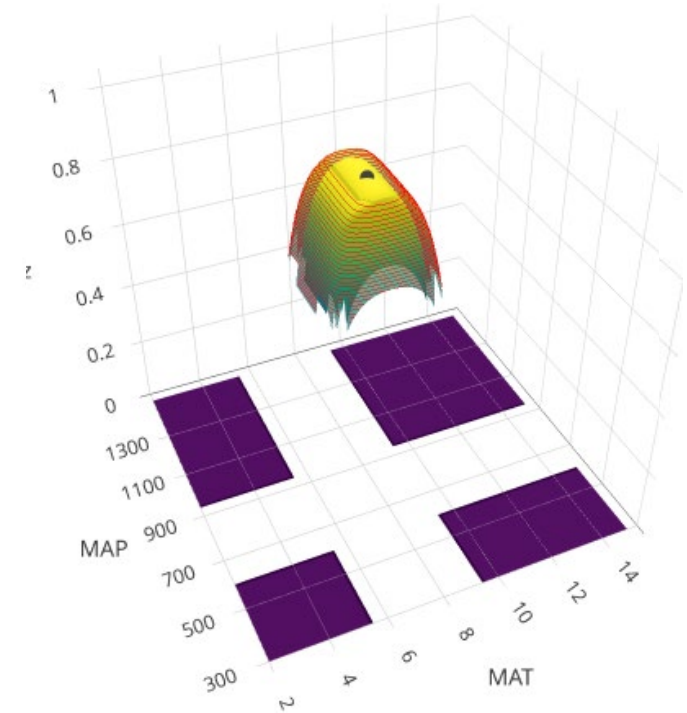
„Das Potenzial für physiologische, epigenetische und ganz besonders evolutionäre Anpassungen ist insbesondere dann hoch, wenn eine naturnahe Reproduktion erfolgt, bei der eine hohe Anzahl von Genotypen eine geeignete Basis für Anpassungsprozesse darstellt. Unter diesem Aspekt ist daher keinesfalls eine Abkehr von der Naturverjüngung hin zur Pflanzung tatsächlich oder nur vermeintlich angepassten Vermehrungsgutes als Antwort auf den Klimawandel zu empfehlen.“ Finkeldey & Hattemer, 2010

### 1. Handlungsspielraum: b) Anpassungsfähigkeit

Ein Vorteil der **Naturverjüngung** im Bestand (bei sexueller Vermehrung) kann sich vor allem

- bei langen Verjüngungszeiträumen, die die Teilnahme möglichst vieler Individuen am Verjüngungsprozess gewährleisten (Rekombinationen)
- aufgrund von somatischen Mutationen in den Baumkronen (Plomion et al., 2018)
- aufgrund der Aktivität von Endophyten
- aufgrund epigenetischer Effekte

ergeben.





### 1. Handlungsspielraum:

#### c) Waldbau-Systeme (Ungleichaltrigkeit, Mischungen, Durchforstungen...)

Es wird gerade sehr viel über Behandlungsstrategien (Buche!) nachgedacht, um vorausschauend alte Bäume für die Verjüngungsphase vorzubereiten und die Leistungsfähigkeit bis ins hohe Alter zu erhalten.

Gesichert erscheint die Erkenntnis, dass ein langes Dichthalten verbunden mit einer plötzlichen Freistellung (z.B. Schirmschlag) im Alter zu massiven Vitalitätsverlusten führt.

Um aber zu Verjüngen, muss aufgelichtet werden.  
Eventuell müssen daher früher beginnende und länger dauernde Verjüngungszeiträume angestrebt werden.

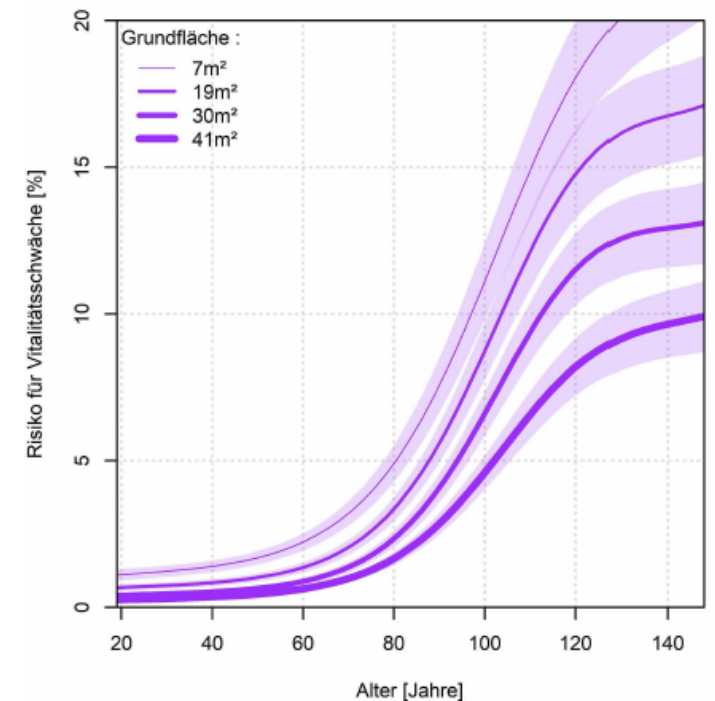


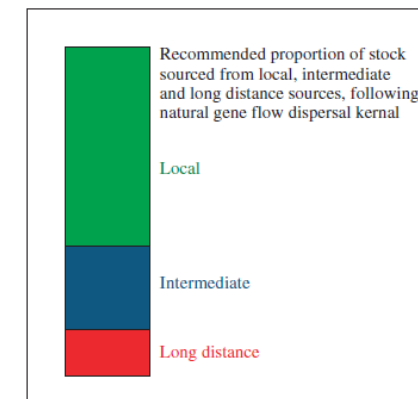
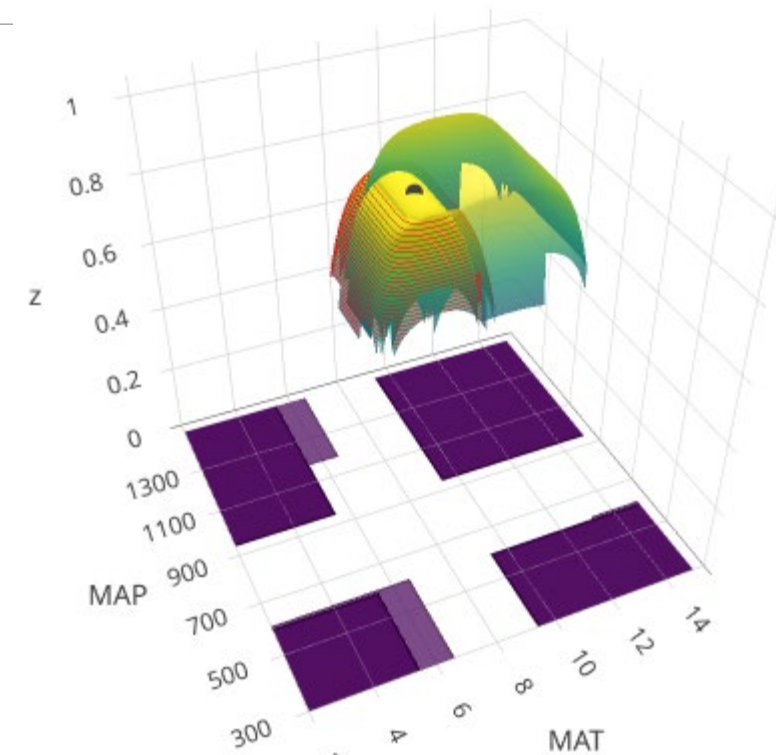
Abb. 4a: Entwicklung des Risikos für eine Vitalitätsschwäche mit Blick auf die Faktoren Alter und Dichte

### 2. Ein konservativer Mehrstufenplan zur Waldverjüngung

[mit dem Primat des Erhalts einer am Standort gegebenen Baumart]

Folgende Maßnahmen (z.B. Sgrò et al., 2011):

1. Naturverjüngung in möglichst großen Populationen und langen Verjüngungszeiträumen
2. Über Kunstverjüngung Hinzunahme externer Provenienzen derselben Baumart (Translokation): composite provenancing, predictive provenancing, admixture provenancing (Breed et al., 2013)
3. Waldbau-Systeme anpassen
4. Alternative „alte Baumarten“ dazu nehmen. Eichen, Linden, Obstarten, Elsbeere...



### III. „Neue Baumarten“ nutzen – welche Konditionen beachten?

Bei Klimawandel können verschiedene Betriebsziele [Leistungen] bei der gegebenen Baumartenwahl und –ausstattung leiden: Ertrag (Fichte fällt aus; Buche und Eichen verlieren an Vitalität/Zuwachs), visuelle Ästhetik (Fichte versagt). **Die neuen Baumarten sollen die Betriebsziele auf mindestens gleichem Niveau gewährleisten. Kunstverjüngung ist i.d. Regel erforderlich.**

In diesem Vortrag ist es kein Thema, dass eine neue Baumart gewählt wird, weil sie Eigenschaften mitbringt, die auch **ohne Klimawandel** für bestimmte Leistungen als vorteilhaft angesehen werden. Dass das im Zweifel schwer zu trennen ist, ist klar.

## 1. Anforderungen an „neue Baumarten“

- In der Waldwirtschaft sind die von Otto (1993) angelegten Kriterien Standard (Standortsanpassung, Bodenpfleglichkeit, keine neuen Krankheiten, Mischbarkeit, keine Anfälligkeit, Naturverjüngungsoption, Waldstrukturen). Eine „Invasivität“ sucht man in seinem Prüfkatalog vergebens, sie war aber in „Mischbarkeit“ enthalten.
- Diese Kriterien müssten nun ergänzt werden. Mindestens muss die „Standortsanpassung“ um eine „Klimawandel-Komponente“ erweitert werden: Welche Eigenschaften sind diesbezüglich bekannt?
- Eine noch weitergehende Variante wäre es, Kriterien für sogen. „novel ecosystems“ (unter Beteiligung ggf. mehrerer neuer Baumarten) zu entwickeln: Welche Aspekte der Beherrschbarkeit, der Wechselwirkungen aber auch der Leistungsfähigkeit sollten zum Tragen kommen?

ten des arten die beste Streuzersetzung und gute Durchwurzelung. Sie hat in

Baumarten	Standorts- Anpassung	Boden- Pfleglichkeit	keine Krankheits- Verbreitung	keine Anfälligkeit	Mischbarkeit	Naturverjüngung	Waldstrukturen
Douglasie ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	++	+	++	+	+	++	++
Jap. Lärche ( <i>Larix kaempferi</i> )	+	--	+	+	++	-+	+
Roteiche ( <i>Quercus rubra</i> )	++	++	?	--	++	+	-?
Küstentanne ( <i>Abies grandis</i> )	+	+ -	++	++	++	+	-?
Strobe ( <i>Pinus strobus</i> )	++	-+	+	--	-+	++	-+
Paz. Edeltanne ( <i>Abies procera</i> )	+	?	?+	?+	?	?+	?+
Sitkafichte ( <i>Picea sitchensis</i> )	+ -	--	+	--	+	?	-?
Hemlocktanne ( <i>Tsuga heterophylla</i> )	+ -	--	?	?	--	++	+
Riesenlebensbaum ( <i>Thuja plicata</i> )	+	++	?	? -	?	?	?
Spätblühende Traubenkirsche ( <i>Prunus serotina</i> )	++	++	?	?	--	--	-

+ = positiv      - = negativ      -- = äußerst negativ  
++ = sehr positiv      -- = sehr negativ      ? = ungeklärte Fragen

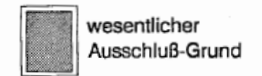


Abb. 2: Gründe für den Anbau bzw. Ausschluß fremdländischer Baumarten im praktischen Waldbau.

## 2. Welche Arten und wie werden Informationen beschafft?

Welche „neuen Baumarten“?

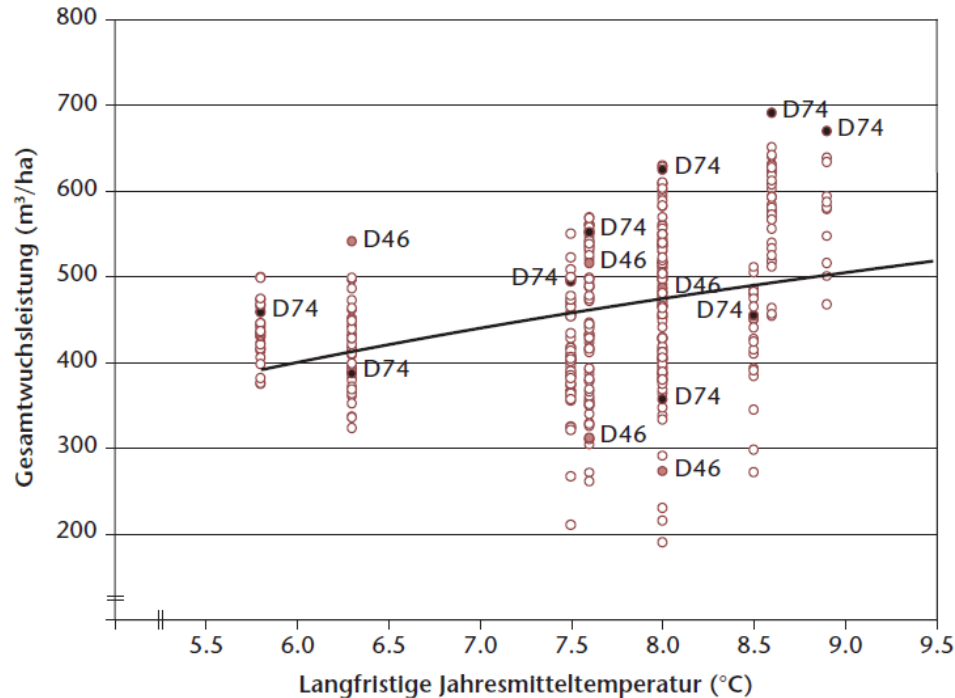
**Douglasie**, Roteiche, Robinie, Westl. Hemlocktanne, Libanonzeder, Orientbuche, Baumhasel, Esskastanie, Zerreiche...

Beispiel Douglasie und die Methoden der Generierung von Erkenntnissen:

Klimavergleich zwischen Ursprungs- und Anbaugebiet, Forstbotanische Gärten, Anbauversuche, Provenienzversuche, Praxisanbauten



## Bsp. Douglasie: b) Klimasensitivität, Provenienzen und Keimlingsentwicklung



In 38-jährigem Provenienzversuch in Nordwestdeutschland erweisen sich einzelne Herkünfte als besonders klimastabil (MAT von 6,0 bis 9,0°C)

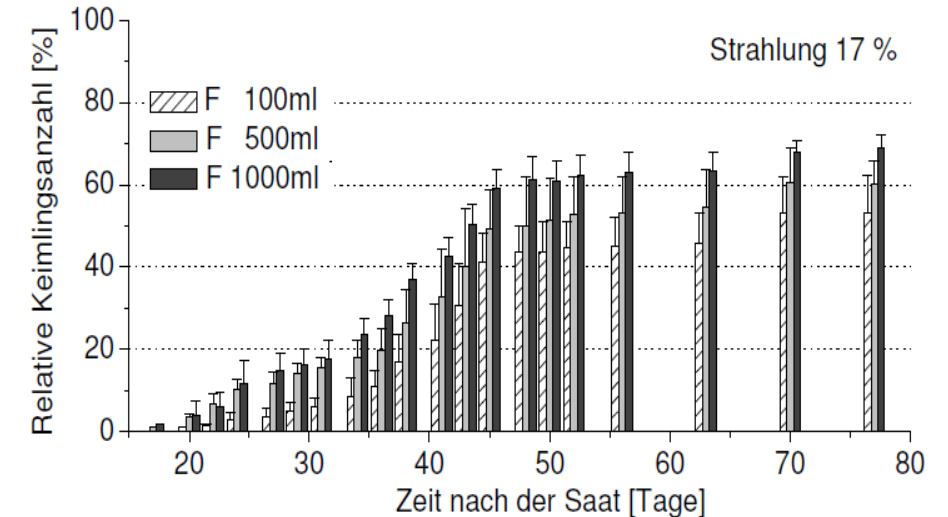


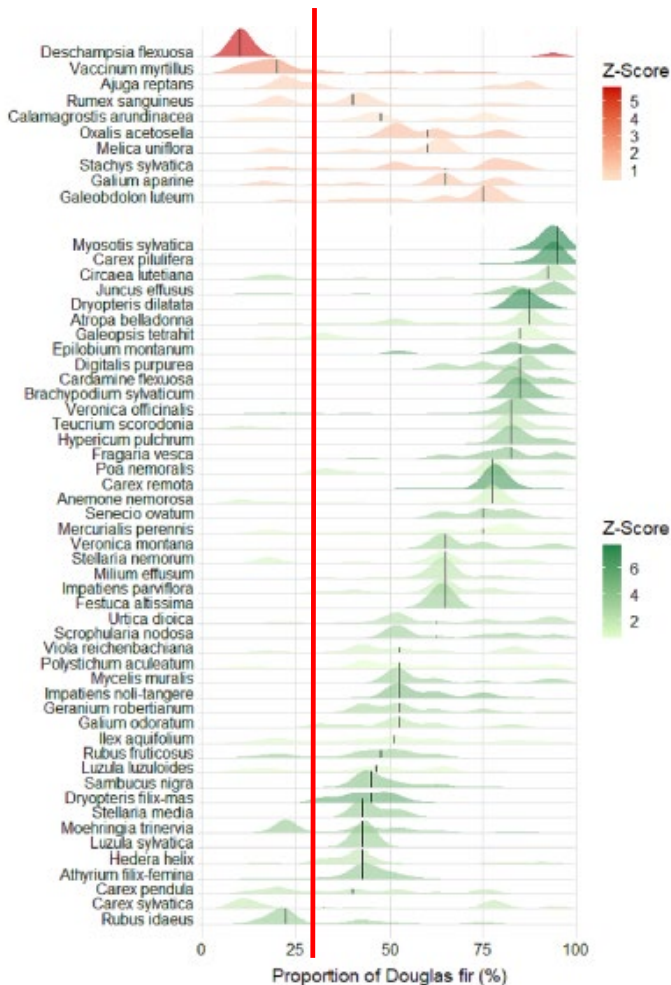
Abb. 3. Entwicklung der relativen Keimlingszahlen für die Douglasienherkunft Darrington auf den Substratschalen des Gewächshauses (Untersuchungszeitraum 06.05. bis 22.07.2008).

Die Keimlinge einzelner Douglasienherkünfte reagieren unterschiedlich stark auf Wasserentzug



# III. „Neue Baumarten“ nutzen – welche Konditionen beachten?

## Bsp. Douglasie: c) Bodenvegetation und Arthropodengemeinschaften...



Bis etwa 30% Beimischung von Douglasie ändert sich so gut wie nichts an der Zusammensetzung der Bodenvegetation.

Bärmann et al., 2023

Rot (z-) kennzeichnet Arten, die entlang des Umweltgradienten (%Douglasie) in ihrer Abundanz/Deckung abnehmen, grün (z+) kennzeichnet dementsprechend Arten die zunehmen. Die farbigen Verteilungskurven zeigen die Wahrscheinlichkeit für die Position der Schwellenwerte (schwarze Linien), ab dem sich die Veränderungen einstellen.

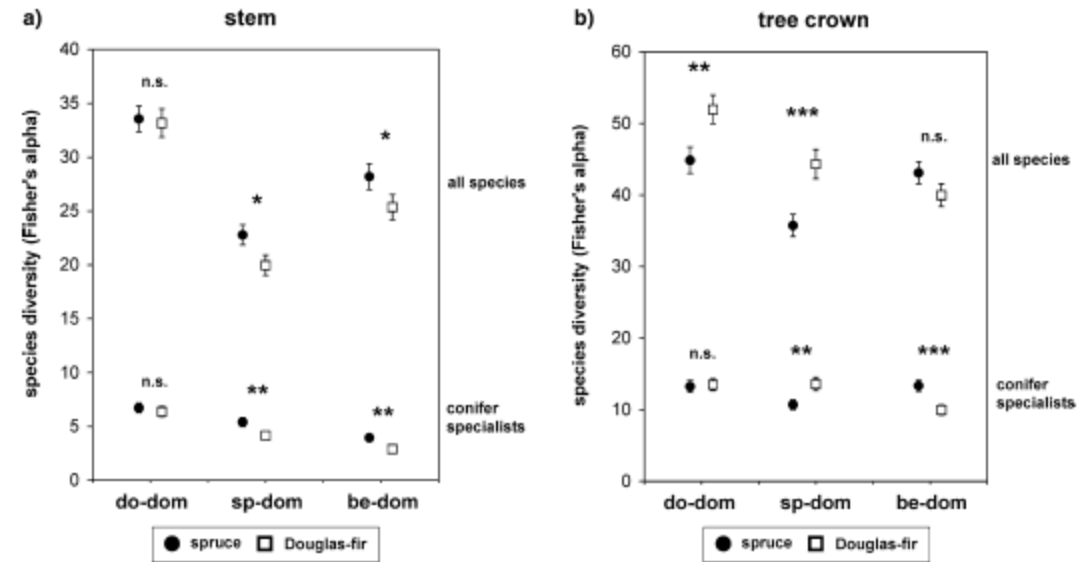


Fig. 2 Arthropod diversity in stem stratum (a) and crown stratum (b) of different stand types (means, standard deviation). *do* Douglas-fir, *sp* spruce, *be* beech, *dom* dominated; *t*-test: \* $P < 0.10$ , \*\* $P < 0.05$ , \*\*\* $P < 0.01$ , *n.s.* – not significant

Die Diversität der Arthropoden am Stamm der Bäume ist bei Douglasie eher geringer als bei Fichte; In den Kronen ist es tendenziell umgekehrt.

Bei unter 30% Douglasie in Buche kann die typische Artenvielfalt von Standort und Buchenwaldgesellschaft erhalten werden.

Gossner & Ammer, 2006



Brauchen wir „neue Baumarten“ im Klimawandel?

Es kommt darauf an:

Bei der Annahme von moderatem Klimawandel ( $\approx 2^\circ$ ) gibt es Möglichkeiten, eine bisherige Zielbaumart zu halten (Naturverjüngungsoption). Das erfordert allerdings zusätzlich die Einbeziehung trocken toleranter Herkünfte. Deren Beschaffung und Kunstverjüngung könnte ein Problem werden.

⇒ **Erst Fremdherkunft einbeziehen, dann alternative „alte Baumart“, dann „neue Baumart“!** (Vergl. Bayern, Rh.-Pfalz...)

„Neue Baumarten“ sind vor allem dann gefragt, wenn Betriebsziele (inkl. Waldumbauziele) mit den „alten Baumarten“ nicht mehr erreicht werden **können**. Das ist vor allem auf marginalen Standorten und bei dem **Betriebsziel Ertragsorientierung** mit Nadelholzproduktion der Fall. Weitere Forschung ist erforderlich.

**In diesen Fällen sind Mischungen – von „neuen“ und „alten“ Baumarten – dringend zu empfehlen. Die Forschung konnte bisher ganz überwiegend zeigen, dass solche Beimischungen („neue Baumarten“ < 30%) ökologisch verträglich sind.**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Heinrich Cotta

- Bärmann, L.; Kaufmann, S.; Weimann, S. & Hauck, M.; 2023: Future forests and biodiversity: Effects of Douglas fir introduction into temperate beech forests on plant diversity. *Forest Ecology and Management* <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121286>
- Breed, M.F.; Stead, M.G.; Ottewell, K.M.; Gardner, M.G. & Lowe, A.J.; 2013: Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conserv Genet* 14 1–10 DOI 10.1007/s10592-012-0425-z
- Caudullo, G., Welk, E., San-Miguel-Ayanz, J., 2017. Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief* 12, 662-666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>
- Finkeldey, R. & Hattemer, H.H.; 2010: Genetische Variation in Wäldern – Wo stehen wir? *Forstarchiv* 81, 123-129 DOI 10.2376/0300-4112-81-123
- Gossner, M. & Ammer, U.; 2006: The effects of Douglas-fir on tree-specific arthropod communities in mixed species stands with European beech and Norway spruce. *Eur J Forest Res* 125: 221–235 DOI 10.1007/s10342-006-0113-y
- Huth, F.; Körner, A.; Lemke, C.; Karge, A.; Wollmerstädt, J.; Wagner, S.; Hartig, M. & Knörzer, D.; 2011: Untersuchungen zur Keimung und Keimlingsentwicklung der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) in Abhängigkeit von Feuchte und Strahlung – ein Gewächshausversuch. *Forstarchiv* 82, 108-119 DOI 10.4432/0300-4112-82-108
- Otto, H.-J.; 1987: Skizze eines optimalen Douglasienwaldbaues in Nordwestdeutschland. *Der Forst- und Holzwirt* 42 (19) 515-522
- Otto, H.-J.; 1993: Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung. *Forst und Holz* 48 (16) 454-456
- Plomion et al., 2018: Oak genome reveals facets of long lifespan. *NATURE PLANTS* 4 440–452 <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0172-3>
- Rehfeldt, G.E.; Ying, C.C.; Spittlehouse, D.L. & Hamilton, Jr., D.A.; 1999: Genetic Responses to Climate in *Pinus contorta*: Niche Breadth, Climate Change, and Reforestation. *Ecological Monographs* 69 (3) 375-407 <https://www.jstor.org/stable/2657162>
- Sgrò, C.M.; Lowe, A.J.; & Hoffmann, A.A.; 2011: Building evolutionary resilience for conserving biodiversity under climate change. *Evolutionary Applications* 4 326-337 doi:10.1111/j.1752-4571.2010.00157.x
- Thurm, E.A.; Jansen, M.; Jütte, K.; Martin, J.; Voth, W.; Wirner, M. & Gehlhar, U.; 2022: Die Buchenvitalitätsschwäche in Mecklenburg-Vorpommern. *AFZ/Der Wald*
- Weller, A.; 2012: Douglasien-Provenienzversuch von 1961 in Nordwestdeutschland: Ergebnisse nach 38 Jahren. *Schweiz Z Forstwes* 163 (3) 105–114 doi: 10.3188/szf.2012.0105