









Wie wirken sich die Klimaänderungen für den Wald und die Waldbewirtschaftung aus? Einblicke in die Wald-/Baumartenforschung

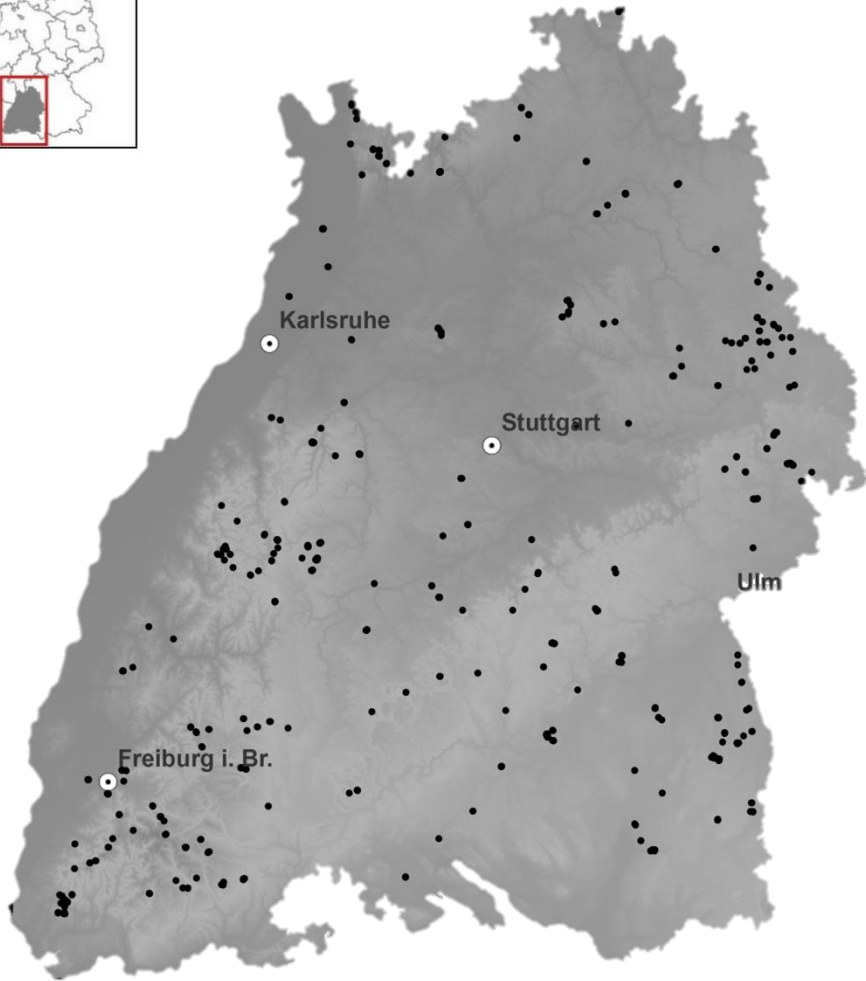
PD Dr. Axel Albrecht

+ Dr. Ahssem Almehasneh, Dr. Angela de Avila, Dr. Franka Brüchert, Dr. Hans-Gerhard Michiels, Dr. Dominik Cullmann, Jonas Hinze, Manuel Händel, Benjamin Häring, Dr. Mareike Hirsch, Dr. Markus Kautz, Prof. Dr. Ulrich Kohnle, Dr. Heike Puhlmann, Björn Rheinbay, Simon Schulte, Thilo Wolf, Dr. Chaofang Yue...)

LVN – Zukunftsforum Naturschutz 2021: Klimawandel in Baden-Württemberg

Stuttgart, 13. November 2021

FVA?



- ✓ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (*MLR, UM*)
- ✓ aktuell 370 Beschäftigte
- ✓ 8 Abteilungen
- ✓ Praxisnahe Forschung
- ✓ Entscheidungsunterstützung
- ✓ Monitoring der Waldressourcen
- ✓ Axel Albrecht: Forstwissenschaftler, seit 2005 an der FVA
- ✓ 2013 Koordination Klimafolgenforschung

Wald spielt Doppelrolle im Klimawandel

Opfer

- *Wachstumverluste*
- *Dürre und Insektenschäden*
- *Stürme*



Helfer

Deutsche Wälder und deren Nutzung mindern derzeit die jährlichen Treibhausgas-Emissionen um ca. 14%

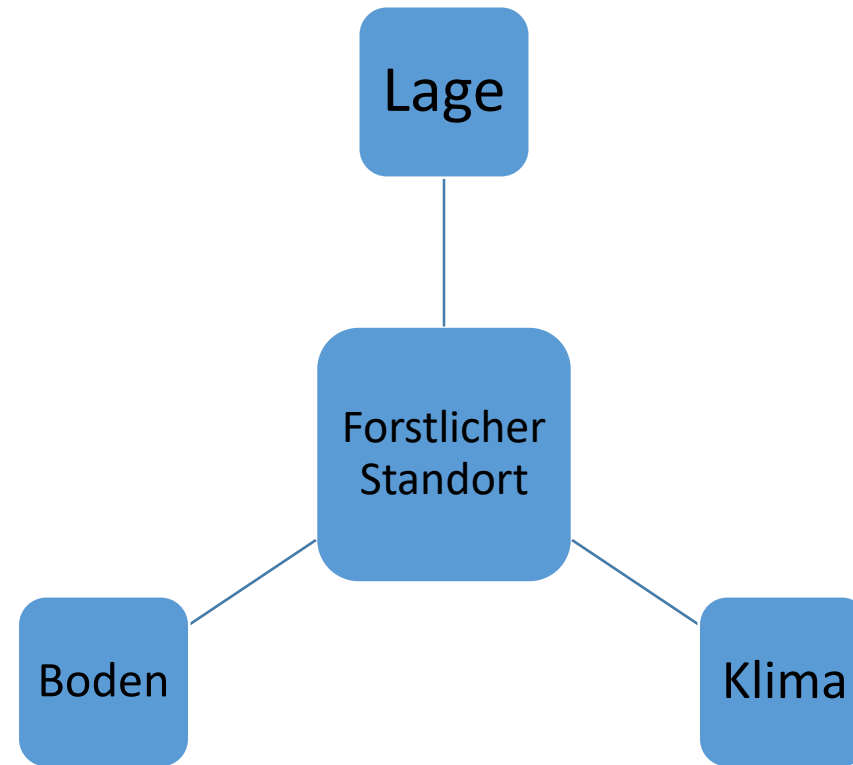
 Wissenschaftlicher Beirat
für Agrarpolitik, Ernährung und
gesundheitlichen Verbraucherschutz
beim Bundesministerium für
Ernährung und Landwirtschaft

 Wissenschaftlicher Beirat
für Waldpolitik
beim Bundesministerium für
Ernährung und Landwirtschaft

**Klimaschutz in der Land- und
Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten
Bereichen Ernährung und Holzverwendung**

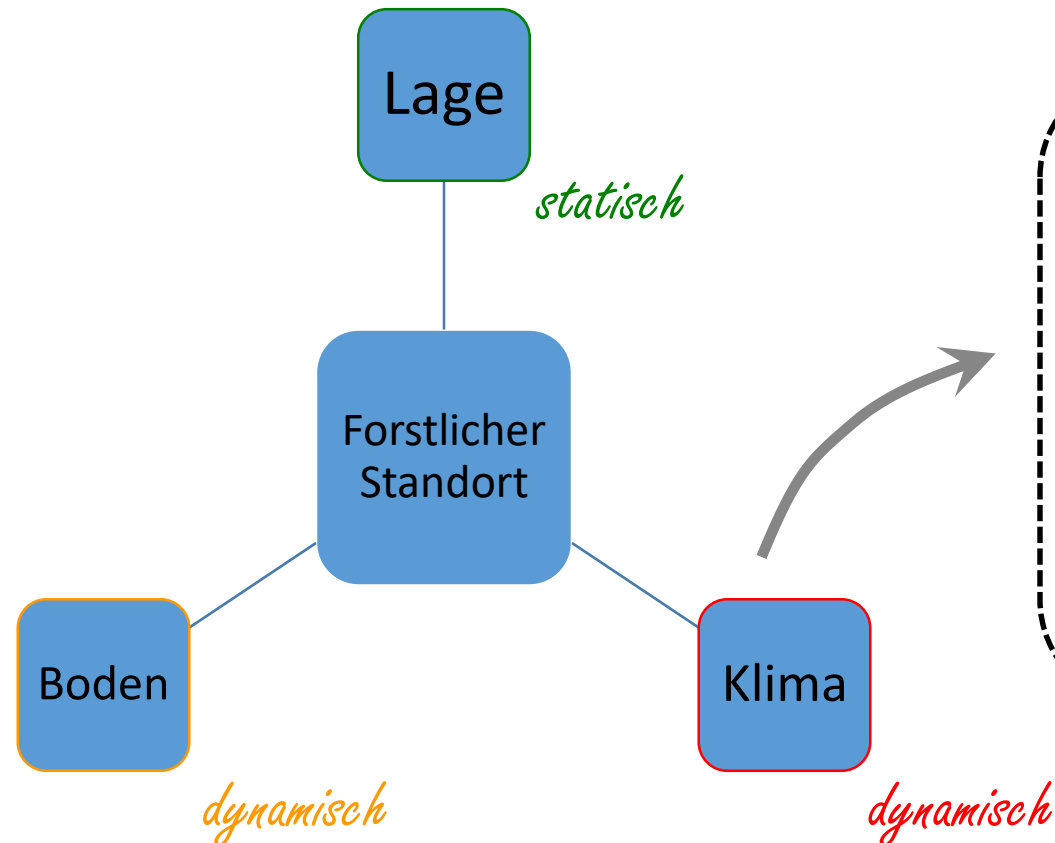
Gutachten
Juli 2016

Begriff „Standort“



Südwestdeutsches standortkundliches Verfahren:
Schlenker (1964, 1975), Krauss (1949)

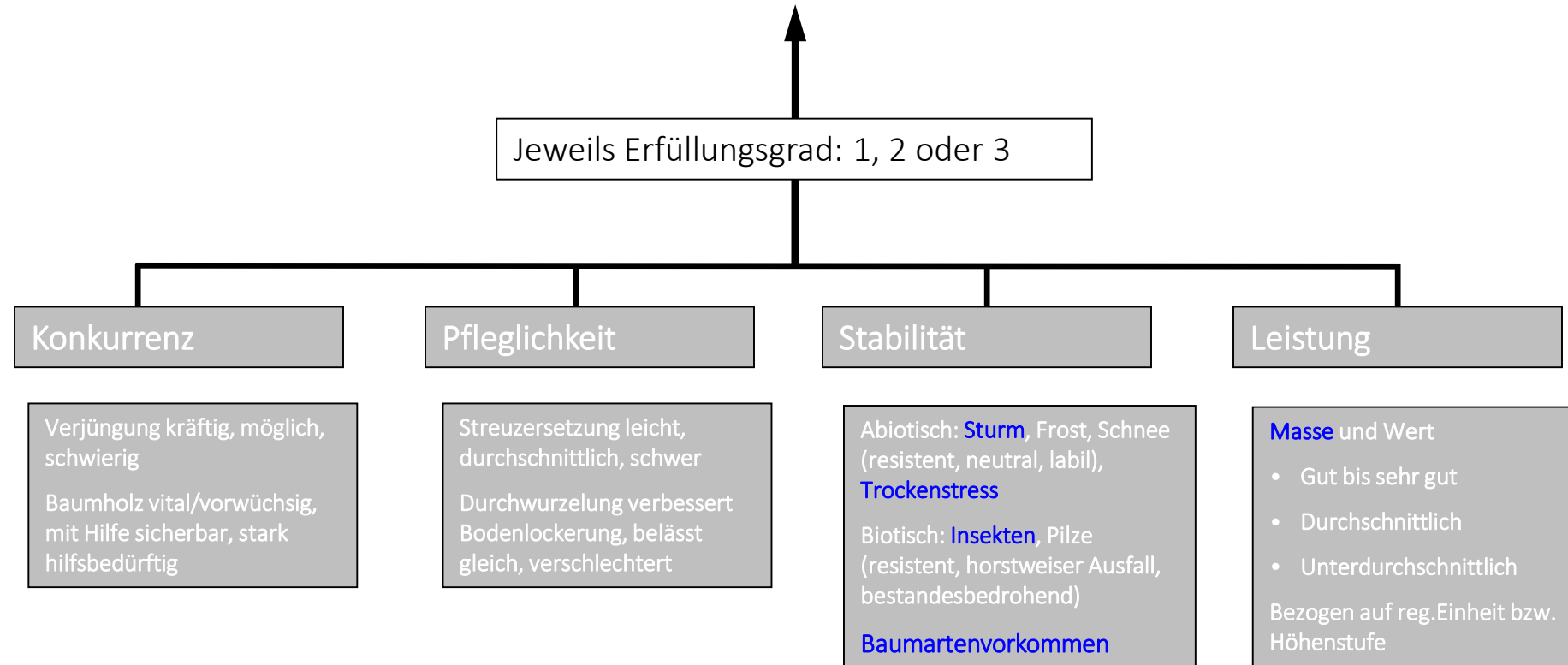
Begriff „Standort“



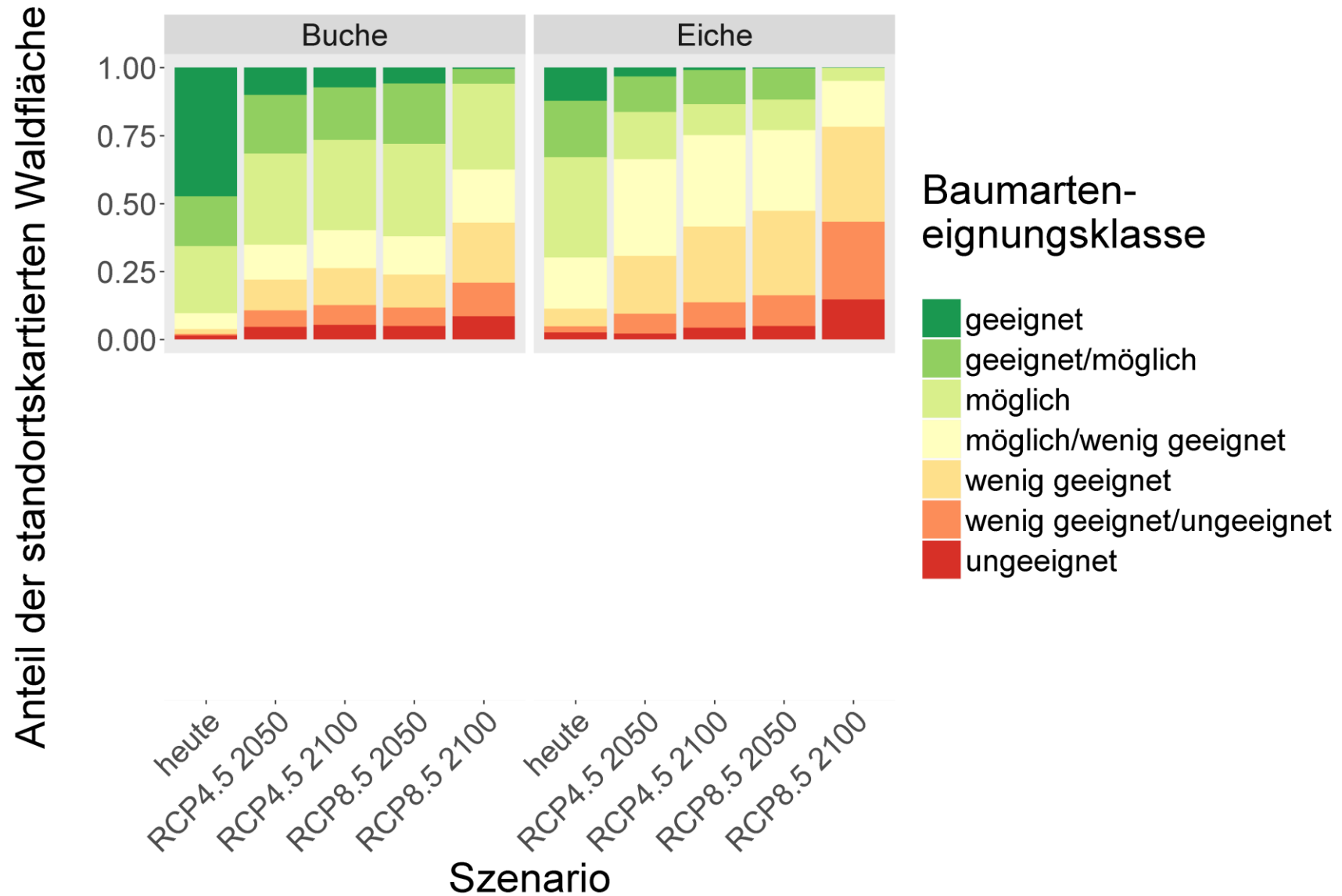
- „Klimadynamisierung“ ist erforderlich
- Bezug zum Begriff „Standort-heimische Baumarten“ (§5 BNatSchG)

Gesagt – getan

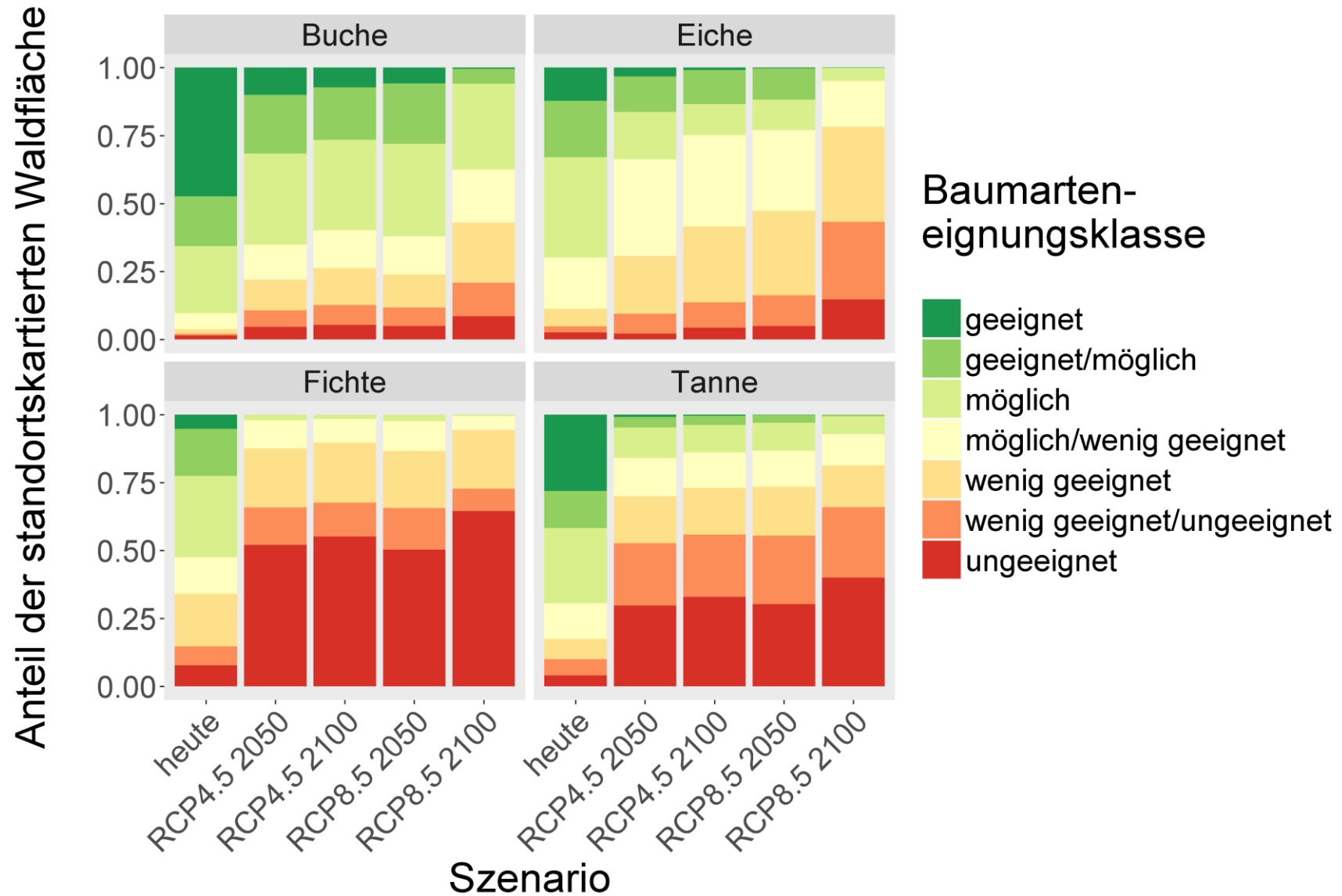
Klimadynamisierung der Baumarteneignung



Klimadynamisierte Baumarteneignung Gesamtbilanzierung



Klimadynamisierte Baumarteneignung Gesamtbilanzierung



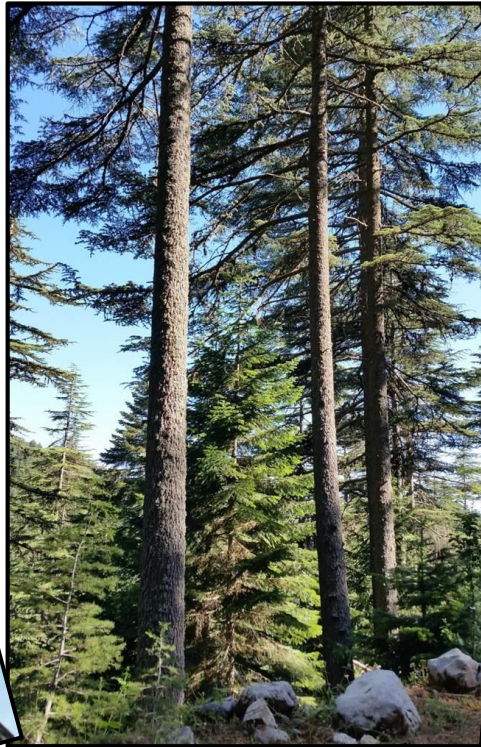
Klimadynamisierte Baumarteneignung Gesamtbilanzierung

- Dramatische Trends
- Aber Waldverlust droht nicht
- Diese vier Baumarten werden in Anteilen bleiben
- Die Suche nach Alternativen ist dringend
- Karten verfügbar unter

<https://klimadatenportal.lgl-bw.de/viewer/client/index.html>



Alternativbaumarten: Artensteckbriefe



https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021_fva_artensteckbriefe.pdf

33 Arten (+2 Referenzbaumarten)

Nadel- und Laubbäume

Drei Gruppen von Arten:

Seltene heute heimische Arten

Europaheimische Arten

Außereuropäische Arten

**Alternativbaumarten ≠
Exotenforschung**

→ *Standardisierte Literatursammlung, Multikriterielle Analyse*

→ *Ziel: Baumartenranking für Vorsondierung*

| |
|--|
| Ahornblättrige Platane (<i>Platanus x acerifolia</i>) |
| Aspe (<i>Populus tremula</i>) |
| Atlaszeder (<i>Cedrus atlantica</i>) |
| Baumhasel (<i>Corylus colurna</i>) |
| Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>) |
| Bornmüllers Tanne (<i>Abies bornmülleriana</i>) |
| Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>menziesii</i>) |
| Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i>) |
| Elsbeere (<i>Sorbus torminalis</i>) |
| Europäische Hopfenbuche (<i>Ostrya carpinifolia</i>) |
| Flatterulme (<i>Ulmus laevis</i>) |
| Flaumeiche (<i>Quercus pubescens</i>) |
| Gelb-Kiefer (<i>Pinus ponderosa</i>) |
| Hain- oder Weissbuche (<i>Carpinus betulus</i>) |
| Hybridnuss (<i>Juglans intermedia</i>) |
| Japanische Lärche (<i>Larix kaempferi</i>) |
| Küsten-Tanne (<i>Abies grandis</i>) |
| Libanonzeder (<i>Cedrus libani</i>) |
| Nordmann-Tanne (<i>Abies nordmanniana</i>) |
| Orientbuche (<i>Fagus orientalis</i>) |
| Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>) |
| Roteiche (<i>Quercus rubra</i>) |
| Sandbirke (<i>Betula pendula</i>) |
| Schwarzkiefer (<i>Pinus nigra</i>) |
| Schwarznuss (<i>Juglans nigra</i>) |
| Silberlinde (<i>Tilia tomentosa</i>) |
| Sommerlinde (<i>Tilia platyphyllos</i>) |
| Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i>) |
| Tulpenbaum (<i>Liriodendron tulipifera</i>) |
| Ungarische Eiche (<i>Quercus frainetto</i>) |
| Vogel-Kirsche (<i>Prunus avium</i>) |
| Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>) |
| Zerreiche (<i>Quercus cerris</i>) |
| Fichte (<i>Picea abies</i>) |
| Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>) |

37 Kriterien

| Kriterium |
|--|
| Baumschule (etabliertes Verfahren?) |
| Blattabbau |
| Kalktoleranz |
| Konkurrenzstärke - Baum- und Altholz |
| Konkurrenzstärke - Verjüngungs-Dickungsphase |
| Künstliche Verjüngung |
| Lichtansprüche |
| Mögliche Mischbaumarten |
| Naturverjüngung |
| pH-Wert |
| Staunässetoleranz |
| Tontoleranz |
| Überdauerungszeit des Saatgutes |
| Bonitätsfächer |
| Gesamtwuchsleistung |
| Ökonomische Kennziffern |
| Landschaftliche Aspekte (Ästhetik, Stadtbaum, Landschaftsbild) |
| Ökologische Aspekte (z. B. Ressourcen für Fauna, Bodenschutz) |
| Sonstige Nutzung (z. B. Harz, medizinisch) |

| Kriterium |
|--|
| Dauerhaftigkeitsklasse |
| Energetische Nutzung |
| Innenausbau, Möbelbau |
| Konstruktionsbereich (Bauholz, Massivholzwerkstoffe) |
| Rohdichte |
| RohdichteNH_LH gruppiert nach EN 338 (12-15%) |
| Zellstoff, Papier, Karton |
| Dürretoleranz |
| Feueranfälligkeit |
| Frostempfindlichkeit |
| Insekten |
| Niederschlag (min) |
| Pilze |
| Potenzial für Invasivität |
| Schneebruch |
| Sturmanfälligkeit |
| Temperatur (jährlicher Mittelwert) |
| Wildschäden |

TÜRKISCHE TANNE



Abies bornmuelleriana Mattf. TÜRKISCHE TANNE / BORNMÜLLERS TANNE

- FAMILIE: Pinaceae
SYN: *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.) Coode & Cullen, *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen
Franz: sapin de Bornmüller; ital: abete di Bornmüller; Eng: Bornmüller's fir; Span: abeto de Normandia, abeto del Caúcaso.
- Die Türkische Tanne ist als Hybrid zwischen *Abies nordmanniana* und *Abies cephalonica* klassifiziert [1, 2]. Wegen ihrer hohen Trockenheitstoleranz wird sie als potenzielle Alternativbaumart für die Anpassung des Waldes an den Klimawandel angesehen [3], allerdings sind viele Eignungsaspekte bislang noch unbekannt.



1. Verbreitung und Ökologie

- Natürliche Verbreitung:**
Kleinasien im Nordwesten der Türkei auf den Höhenlagen des westlichen Pontus-Gebirges (Abb. 1) von 800 bis auf 2.000 m ü. NN [2].
- Klimatische Kennziffern:**
Jährlicher Niederschlag zwischen 800 und 1.600 mm; Minimum in der Vegetationszeit: 150-200 mm. Kältetoleranz: -18 °C [2].
- Natürliche Waldgesellschaft:**
Oft begleitet von Orient-Buche, Wald- und Schwarzkiefer [2] sowie Eiche und Kalabrischer Kiefer [3]

4. Künstliche Verbreitung:
Keine Literatur gefunden.

5. Lichtansprüche:
Schattbaumart [4].

6. Konkurrenzstärke:
6.1. Verjüngungs-Dickungsphase: Langsame Jugendentwicklung. Die Ausbreitung von Konkurrenzvegetation, vor allem der Rhododendren (*Rhododendron ponticum*), verhindert die Verjüngung der Türkischen Tanne [2].
6.2. Baum- und Altholzphase: Keine Literatur gefunden.

2. Standortsbindung

Diese Art bevorzugt tiefgründige [2] und gut drainierte [1] Böden

- Nährstoffansprüche:**
Nährstoffreiche Böden werden bevorzugt [1].
- Kalktoleranz:**
Keine Literatur gefunden.
- pH-Wert:**
Keine Literatur gefunden.
- Tontoleranz:**
Keine Literatur gefunden.
- Staunässe- und Grundwassertoleranz:**
Gering [5]
- Blattabbau (Streuzersetzung und Nährstoffe):**
Keine Literatur gefunden.

3. Bestandesbegründung

- Naturverjüngung:**
Lücken sind vorteilhaft für die Verjüngung der Türkischen Tanne, denn die Art benötigt Licht für die Verjüngung [2]. Geschlossene Bestände können zu Lichtmangel führen und die Verjüngung beeinträchtigen. In Buchen-Tannen-Mischbeständen kann die Streu verjüngungshemmend wirken [2]. Sie ist eher als eine Farnbaumart zu betrachten, kann sich aber auch auf Freiflächen verjüngen [5].

- Künstliche Verjüngung:**
Pflanzung trupp- oder gruppenweise ist ratsam [2].
- Keimfähigkeit und Überdauerungszeit des Saatgutes:**
57 % [6].
- Mineralbodenkeimer:**
Keine Literatur gefunden.
- Stockausschlagfähigkeit:**
Nein [5].
- Forstvermehrungsgutgesetz:**
Nein [7].
- Mögliche Mischbaumarten:**
Möglich mit Buche und Fichte [5]

fläche bei Wien zeigte die Provenienz Pursa die beste Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit im Jahr 1977 und das beste Wachstum im Folgejahr [2].

- Ökonomische Bedeutung:**
Wichtige Wirtschaftsbaumart im Herkunftsgebiet [9].

5. Erfahrung in Baden-Württemberg und Deutschland

Ergebnisse aus Hessen und Niedersachsen zeigen, dass die Herkunft aus Adapazari (1.300 m) den besten Höhenzuwachs unter sechs Herkünften bis zum Alter 13 Jahre aufweist [10]. Ein kleiner Bestand (0,2 ha) wurde im Exotenwald Weinheim angepflanzt [11]. Es existieren waldbachstumkundliche Versuchsflächen an der FVA-BW.

4. Leistung und Waldbau

- Wachstum:**
Die Türkische Tanne kann bis zu 40 m hoch werden und einen BHD von 100 cm erreichen [8]. Dabei kann sie bis zu 420 Jahre alt werden [2]. Bei einer standortsdifferenzierten Betrachtung werden aus ihrem natürlichen Areal folgende Dimensionen berichtet: a) 36-39 m Höhe und 64-80 cm BHD in reinen Tannenbeständen im Alter von 150-185 Jahren; b) 34-37 m Höhe und 56-71 cm BHD in reinen Tannenbeständen auf trockenen Standorten im Alter von 170-190 Jahren (Aksoy (1980) zitiert nach [2]). In höheren Lagen ist eine bessere Leistung durch hohe Luftfeuchtigkeit (Nebel- und Wolkenbildung) vorhanden [2]. Im Herkunftsgebiet wird eine GW_{Ly} zwischen 608 und 1621 m^3/ha im Alter von 100 Jahren erreicht. Der dGz liegt zwischen 6,1 und 16,2 $m^3/ha/a$ [9]. In einer Versuchs-



Türkische Tanne im Bestand

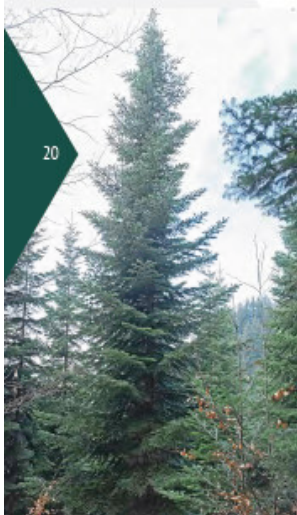


Abb. 1 Natürliche Verbreitung [1].

6. Holzeigenschaften und Holzverwendung

Das Holz wird hauptsächlich für Türen, Verschalungen, Kisten und Blindholz im Möbelbau verwendet [2].

- 1. Holzdichte:**
0,29 ... 0,40 ... 0,73 g/cm³ (Wassergehalt wurde nicht berichtet) [2].
- 2. Dauerhaftigkeitsklasse:**
In EN 350 nicht enthalten [12].
- 3. Konstruktionsbereich (Bauholz, Massivholzwerkstoffe):**
Geeignet [5].
- 4. Innenausbau, Möbelbau:**
Türen, Verschalung, Möbelbau [2].
- 5. Holzwerkstoffe (OSB, LVL, Spanplatte, MDF):**
Keine Literatur gefunden.
- 6. Zellstoff, Papier, Karton:**
Geeignet für die Zellstoffindustrie [2].
- 7. Energetische Nutzung:**
Keine Literatur gefunden.
- 8. Sonstige Nutzungen:**
Kisten, Verpackung [2].



Türkische Tanne

7. Sonstige Ökosystemleistungen

- 1. Nicht-Holzverwendung:**
Weihnachtsbaum [13].
- 2. Biomassefunktionen:**
Keine Literatur gefunden.
- 3. Landschaftliche und ökologische Aspekte:**
Sehr wichtige Baumart [9] mit ähnlichen ökologischen Eigenschaften wie die Weißtanne [5].

8. Biotische und abiotische Risiken

- 1. Pilze:**
Der Tannen-Wurzelschwamm (*Heterobasidion abietinum*) kommt vor [14].
- 2. Insekten:**
Befall durch Tannentrieblaus (*Dreyfusia* sp.) wurde selten an der Türkischen Tanne beobachtet [2]. Allerdings ist *Dreyfusia nordmanniana* in Mitteleuropa weit verbreitet und es wurden bereits erhebliche Schäden an der Weißtanne beobachtet [15]. Im natürlichen Areal wurde Befall durch folgende Insekten beobachtet: Bastkäfer (*Hylastes ater*), Haarstirn-Borkenkäfer (*Pityophthorus micrographus*) und Zweistreifiger Zangenbock (*Rhagium bifasciatum*) [2].
- 3. Sonstige Risiken:**
Mistelbefall durch *Arceuthobium oxycedri* [8] und *Viscum album* tritt im natürlichen Areal auf [2].
- 4. Herbivoren/Verbissemöglichkeit:**
Sehr anfällig gegenüber Verbiss [16].
- 5. Dürretoleranz:**
Tolerant gegenüber Trockenheit [3].
- 6. Feueranfälligkeit:**
Sehr hoch [16].
- 7. Frosttoleranz:**
Empfindlich gegenüber Spätfrost wegen relativ frühen Austreibens [2].
- 8. Sturmanfälligkeit:**
Keine Literatur gefunden.
- 9. Schneebruch:**
Keine Literatur gefunden.

- 10. Invasivitätspotenzial:**
Keine Literatur gefunden.

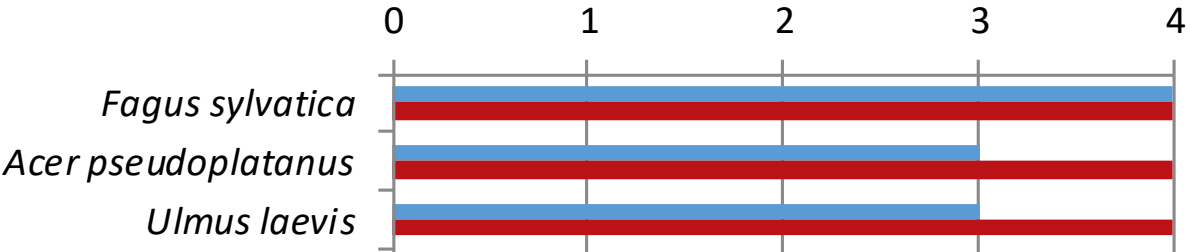
Literatur

- [1] EUFORGEN. (2011): Distribution map of *Abies bornmuelleriana*, unter: http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/PDF/Abies_bornmuelleriana.pdf [Stand: 06.09.2017].
- [2] SCHÜTT, P. (1991): Tannenarten Europas und Kleinasiens. Basel: Birkhäuser Verlag, 132 S.
- [3] HUBER, G. (2013): Bornmuelleriana-Wälder in der Türkei. LWF aktuell 92: S. 19-22.
- [4] KINGS CREEK. Turkish Fir, unter: http://www.kingscreektrees.com/nursery/species/turkish_fir.html [Stand: 12.10.2017].
- [5] METTENDORF, B. (2017): mündliche Auskunft.
- [6] KURT, Y., et al. (2016): Variation in needle and cone characteristics and seed germination ability of *Abies bornmuelleriana* and *Abies equi-trojani* populations from Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 40(2): S. 169-176.
- [7] BGBL. (2002): Forstvermehrungsgutgesetz vom 22. Mai 2002. In: BGBL I S. 1658, BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ.
- [8] DEBRECZY, Z. und RÁCZ, I. (2011): Conifers around the world: conifers of the temperate zones and adjacent regions. Dendro Press: Budapest. 535 S.
- [9] MISIR, N., et al. (2012): Yield Models of Pure Fir (*Abies nordmanniana* s. subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.)) Stands (Western Black Sea Region). Kastamonu University Journal of Forestry Faculty. 12(3): S. 54-59.
- [10] RAU, H.-M. (2011): Ergebnisse von Herkunftsversuchen mit 10 Tannenarten aus Amerika und Asien. Forstarchiv. 82(4): S. 156.
- [11] NOE, E. und WILHELM, U. (1997): Der Exotenwald in Weinheim 1872-1997: 125 Jahre Fremdländeranbau an der Bergstraße. In: LFV BADEN-WÜRTTEMBERG, (Hrsg.) Versuchsanbauten mit nicht heimischen Baumarten: historische Entwicklung in Baden-Württemberg. Stuttgart: Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. S. 67-185.
- [12] EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG. (2016): Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Prüfung und Klassifikation der Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten gegen biologischen Angriff - EN 350.
- [13] HERZOG, W. (2008): Christbaumanbau: Alternative Baumarten. Wald Holz 89(4): S. 55-57.
- [14] BERAM, R.C., et al. (2017): Heterobasidion and Armillaria Root and Stem Rot Diseases in Turkish Forests. In: IUFRO 125th Anniversary Congress. Freiburg.
- [15] NIERHAUS-WUNDERWALD, D. und FORSTER,

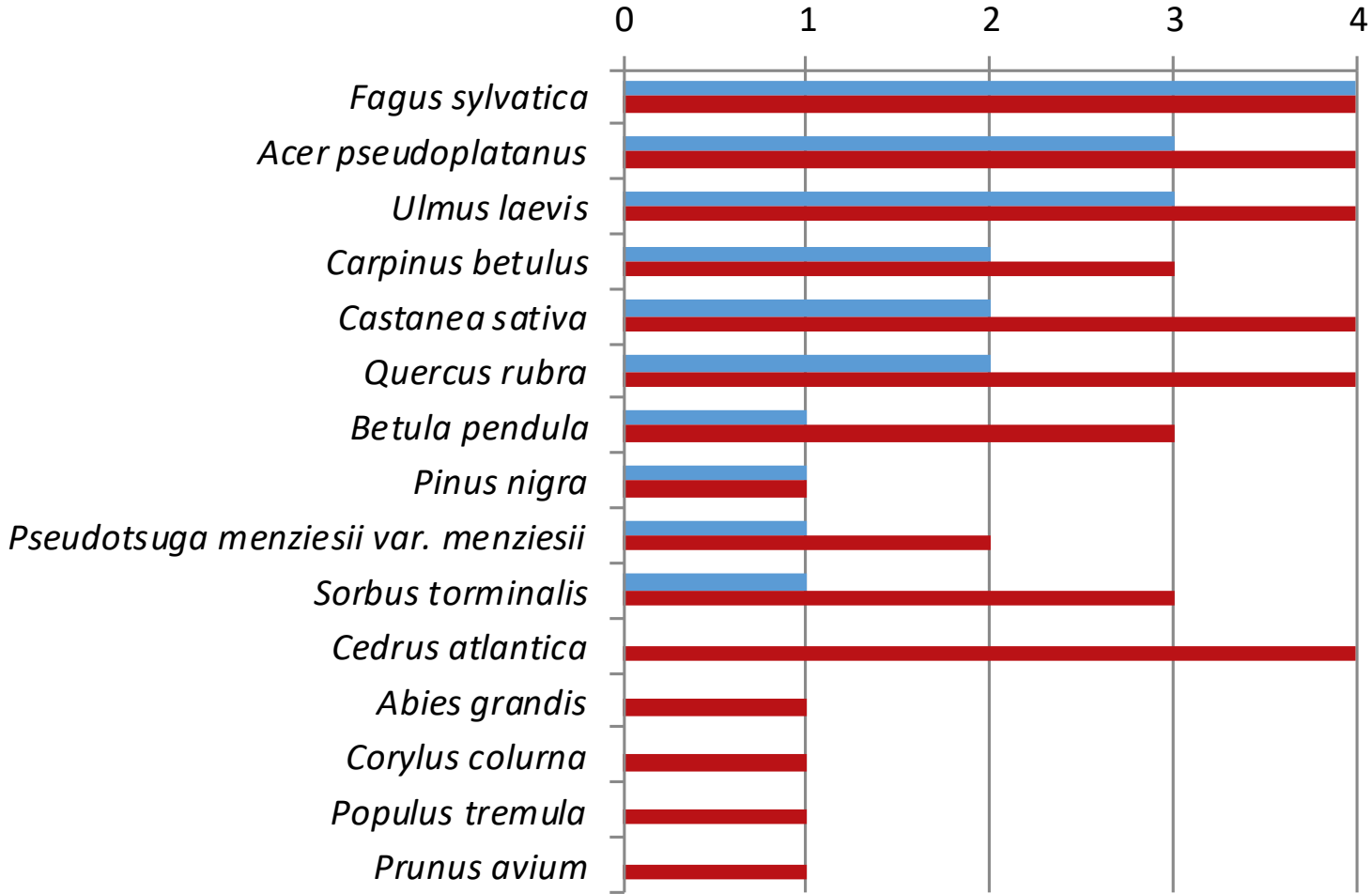
B. (1999): Zunehmendes Auftreten der Gefährlichen Weisstannentrieblaus. Biologie und Empfehlungen für Gegenmassnahmen. Wald Holz 80(10): S. 50-53.

[16] CAUDULLO, G. und TINNER, W. (2016): Abies - Circum-Mediterranean firs in Europe: distribution, habitat, usage and threats, In: European Atlas of Forest Tree Species, SAN-MIGUEL-AYANZ, J., DE RIGO, D., CAUDULLO, G., HOUSTON DURRANT, T., und MAURI, A., (Hrsg.) Publ. Off. EU: Luxembourg. e015be7+.

Ergebnisse: blau: die allerbesten Arten; rot: auch noch gutes Ranking



Ergebnisse: blau: die allerbesten Arten; rot: auch noch gutes Ranking



Ergebnisse: blau: die allerbesten Arten; rot: auch noch gutes Ranking

- Artensteckbriefe sind verfügbar unter:

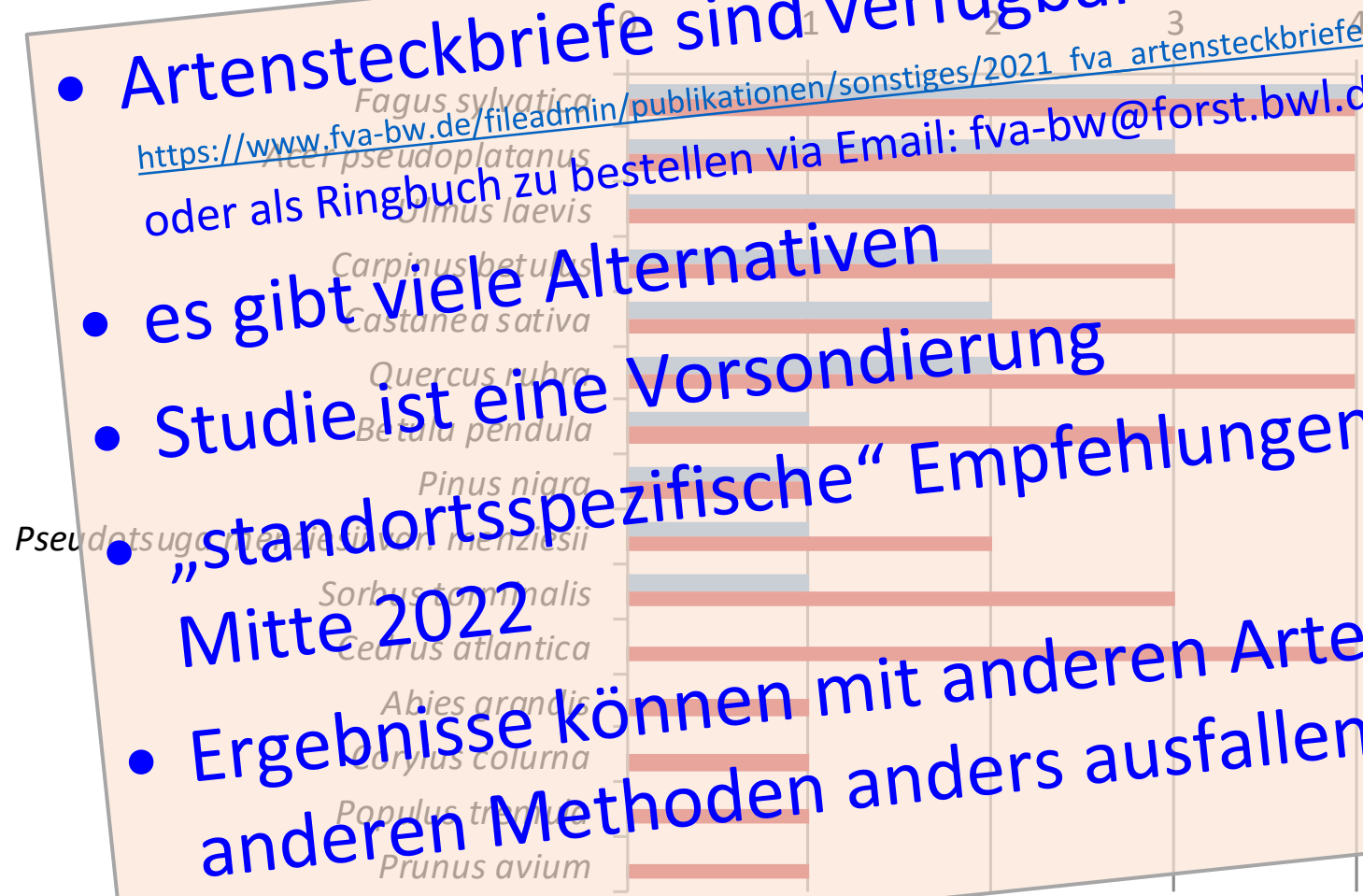
https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021_fva_artensteckbriefe.pdf

oder als Ringbuch zu bestellen via Email: fva-bw@forst.bwl.de

- es gibt viele Alternativen
- Studie ist eine Vorsondierung

- „standortsspezifische“ Empfehlungen erscheinen erst Mitte 2022

- Ergebnisse können mit anderen Artenlisten und anderen Methoden anders ausfallen



Und was ist mit der Naturnähe?

definiert über die „Potentielle natürliche Vegetation“
(*sinngemäß nach Tüxen 1956*)

- die sich plötzlich einstellende Vegetation, wenn der direkte Einfluss des Menschen aufhörte
- Potentiell, abstrakt
- Referenz für „natürliche“ Wälder, wo z. B. keine Urwälder mehr da
- kartiert z. B. durchs BfN (*Bohn et al. 2000*), und die LUBW (*Reidl et al. 2013*)
- Konzept ist aber statisch (*VIII./IX. Firbas*). Klimawandel???

Karte der Potentiellen Natürlichen
Vegetation Deutschlands

Maßstab 1 : 500.000

Karten



Staatliche Naturschutzverwaltung
Baden-Württemberg

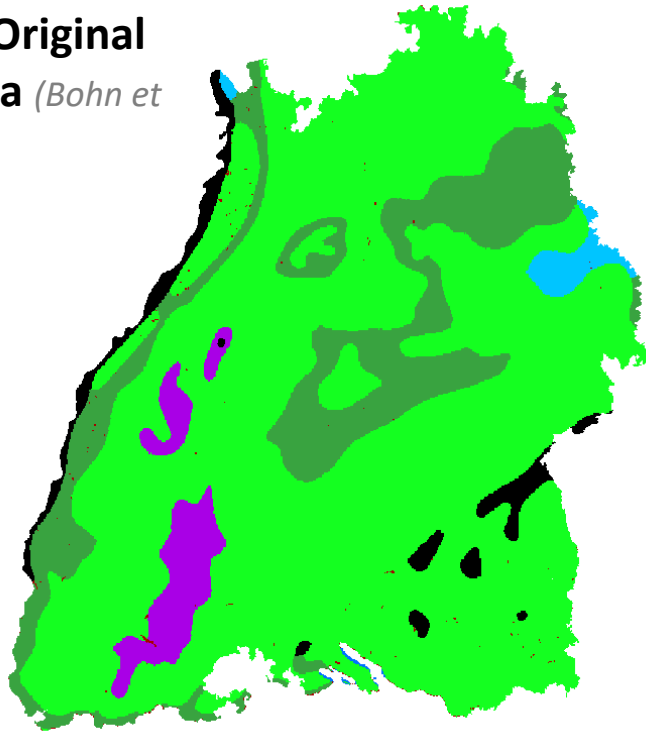
Potentielle Natürliche Vegetation
von Baden-Württemberg



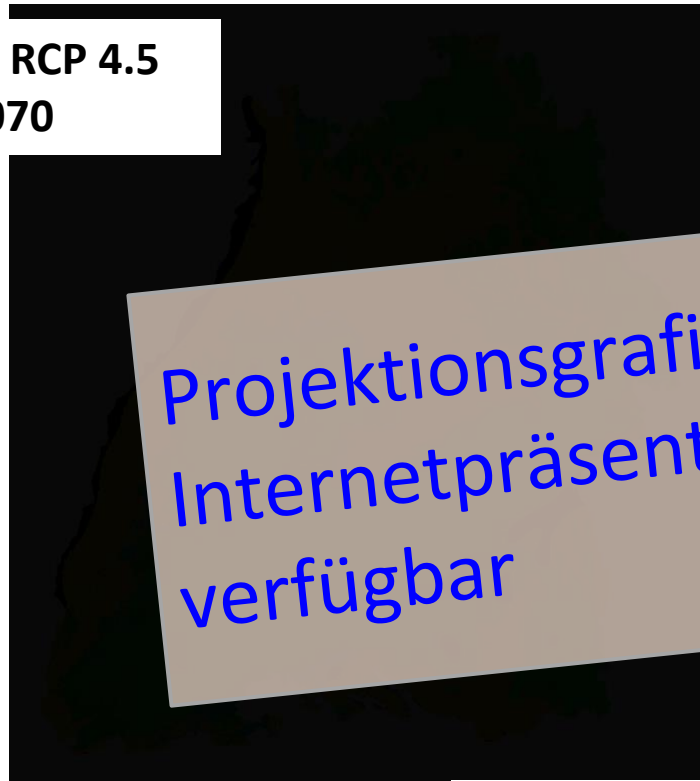
verlag regionalkultur

Projekt: Klimadynamische potentielle natürliche Vegetation

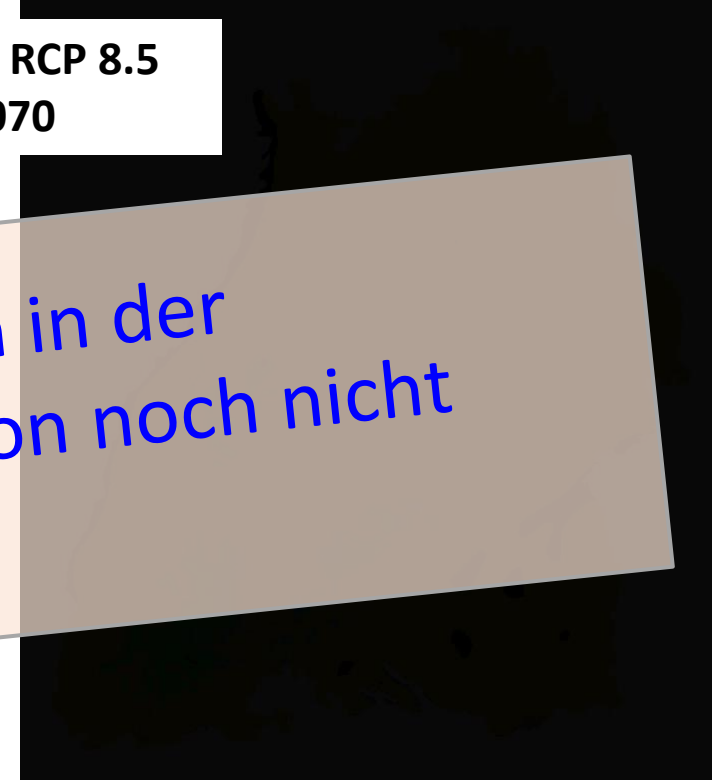
A) Original data (Bohn et al.)



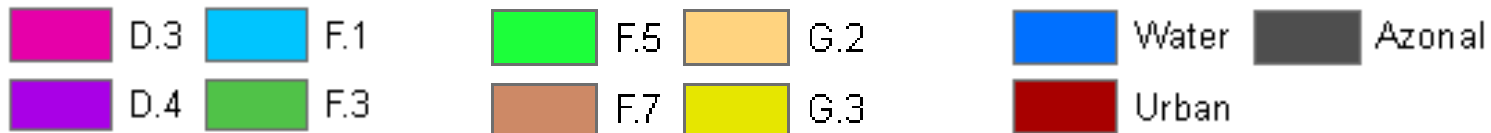
B) RCP 4.5 2070



C) RCP 8.5 2070



Zonale Vegetationsklassen



F.3: Eichen-Hainbuchenmischwälder
F.5: Buchen- und Buchenmischwälder

G.3: Flaumeichenwälder

Projekt: Klimadynamische potentielle natürliche Vegetation

A) Original data (Bohn et al.)

B) RCP 4.5 2070

C) RCP 8.5 2070

• Krass

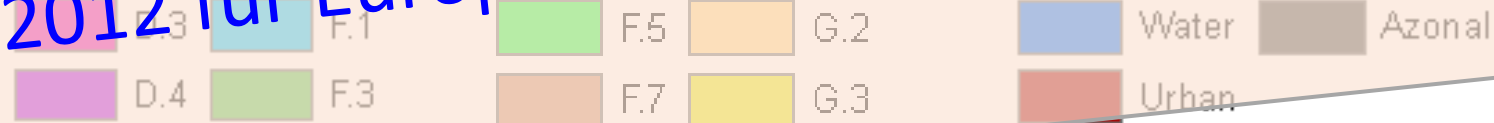
• laufendes Projekt (Mitte 2022)

<https://www.fva-bw.de/top-meta-navigation/fachabteilungen/waldwachstum/notfallplan-projekte/klimadynamische-pnv>

• Manuskript in Vorbereitung (Hinze et al.)

• ähnlich „krasse“ Ergebnisse schon von Hickler et al. 2012 für Europa

Zonale Vegetationsklassen



F.3: Eichen-Hainbuchenmischwälder
F.5: Buchen- und Buchenmischwälder

G.3: Flaumeichenwälder



Kurz gesagt

- Störungen ↑, Mortalität ↑
- Baumarteneignung der vier Hauptbaumarten ↓
- Baumartenzusammensetzung: größere Änderungen stehen bevor
 - Buche und Tanne zukünftig ev. keine „Charakterbaumarten“ mehr?
 - „Alternativbaumarten“ intensiv beforscht

Ökosystemproduktivität der Wälder in BW

↓ (Größenordnung 5-10%)

- Existenz des Waldes ist nicht gefährdet, aber die **Risiken der Waldbewirtschaftung** nehmen zu!

Wie wirken sich die
Klimaänderungen für den Wald
und die Waldbewirtschaftung aus?
Einblicke in die Wald-/Baumartenforschung

PD Dr. Axel Albrecht

+ Dr. Ahssem Almehasneh, Dr. Angela de Avila, Dr. Franka Brüchert, Dr. Hans-Gerhard Michiels, Dr. Dominik Cullmann, Jonas Hinze, Manuel Händel, Benjamin Häring, Dr. Mareike Hirsch, Dr. Markus Kautz, Prof. Dr. Ulrich Kohnle, Dr. Heike Puhlmann, Björn Rheinbay, Simon Schulte, Thilo Wolf, Dr. Chaofang Yue...)

LVN – Zukunftsforum Naturschutz 2021: Klimawandel in Baden-Württemberg

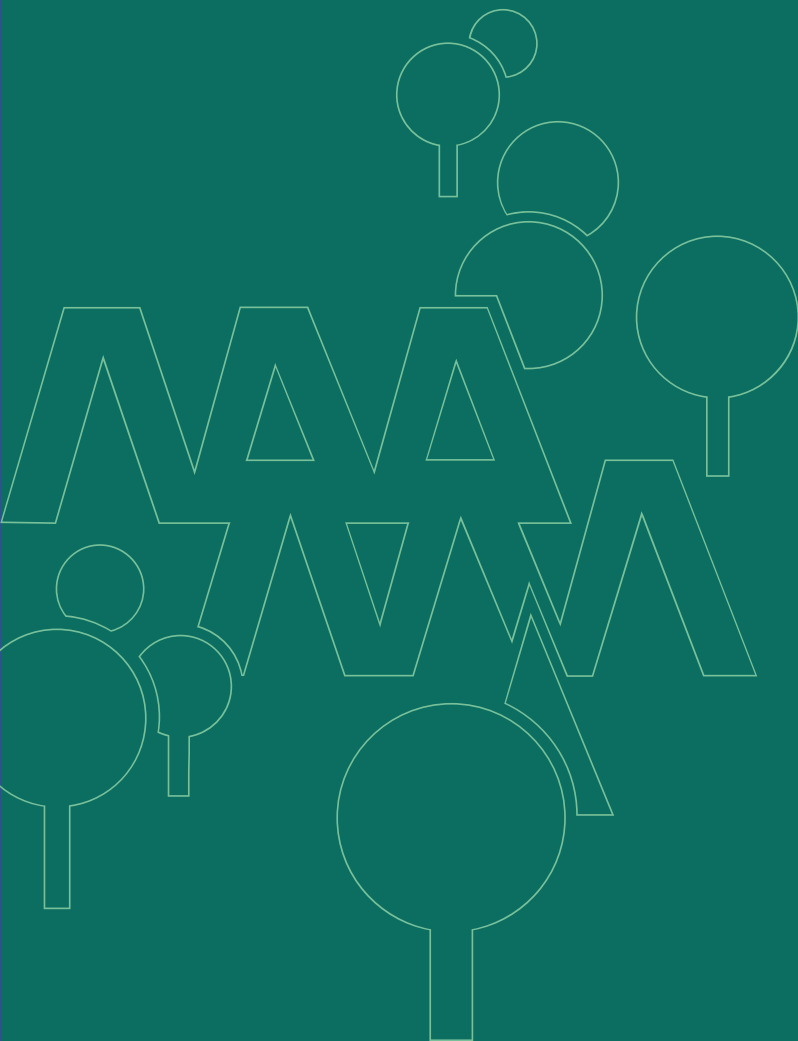
Stuttgart, 13. November 2021

Ausblick

- Viele Auswirkungen noch nicht *(ausreichend)* geklärt *(z. B. Naturschutzgüter, Mortalitätsrisiken, epigenetisches Anpassungspotential...)*
- **substantieller Überarbeitungsbedarf bei Schutzgebietskonzepten mit Naturnähebezug** *(z. B. FFH-LRT, viele NSG, auch Arten- und Biotopschutz)*
- „Gebietsfremde“ Baumarten einführen? Europaheimische? Außereuropäische?
- Kohlenstoffspeicher im Wald oder in Holzprodukten erhöhen?
- Rolle von Wald nach Energiewende?

Literatur

- Albrecht, A.T., De Avila, A.L., 2019. Ein Vorschlag zur literaturbasierten Ermittlung möglicher Alternativbaumarten im Klimawandel am Beispiel der Artensteckbriefe in Baden-Württemberg. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 7/8.
- Albrecht, A., Almehasneh, A., 2019. Berechnung des Sturmrisikos. In: v. Teuffel, K. (Ed.), *FVA-einblick2/2019: Wald im Klimawandel*. Eigenverlag, Freiburg, S. 37-41.
- Albrecht, A., Michiels, H.-G., Kohnle, U., 2019. Baumarteneignung 2.0 und Vulnerabilitätskarten - Konzept und landesweite Hauptergebnisse. In: v. Teuffel, K. (Ed.), *FVA-einblick2/2019: Wald im Klimawandel*. Eigenverlag, Freiburg, S. 9-14.
- Aldinger, E., Michiels, H.-G., 1997. Baumarteneignung in der forstlichen Standortskartierung Baden-Württemberg. *AFZ - Der Wald* 5.
- Alfaro, R.I., Fady, B., Vendramin, G.G., Dawson, I.K., Fleming, R.A., Sáenz-Romero, C., Lindig-Cisneros, R.A., Murdock, T., Vinceti, B., Navarro, C.M., Skrøppa, T., Baldinelli, G., El-Kassaby, Y.A., Loo, J., 2014. The role of forest genetic resources in responding to biotic and abiotic factors in the context of anthropogenic climate change. *Forest Ecology and Management* 333, S. 76-87.
- Bohn, U. and R. Neuhäusl (2000/2003). *Map of the Natural Vegetation of Europe (Karte der natürlichen Vegetation Europas)*. Münster, Landwirtschaftsverlag.
- Baier, P., Pennerstorfer, J., Schopf, A., 2007. PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management* 249, S. 171-186.
- de Avila, A.L., Albrecht, A., 2018. Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe - eine Stoffsammlung. In: *Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg*, 124 S.
- de Avila, A.L., Häring, B., Rheinbay, B., Hirsch, M., Brüchert, F., Albrecht, A., 2021. Artensteckbriefe 2.0: Alternative Baumarten im Klimawandel - eine Stoffsammlung. *Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg*. 249 Seiten.
- Hammel, K., Kennel, M., 2001. Charakterisierung und Analyse der Wasserverfügbarkeit und des Wasserhaushalts von Waldstandorten in Bayern mit dem Simulationsmodell BROOK90. Frank.
- Händel, M., Cullmann, D., 2019. Klimasensitive Artverbreitungsmodelle. In: v. Teuffel, K. (Ed.), *FVA-Einblick: Wald im Klimawandel*. Eigenverlag, Freiburg, S. 20-21.
- Hanewinkel, M., Cullmann, D., Michiels, H.-G., 2010a. Künftige Baumarteneignung für Fichte und Buche in Südwestdeutschland. *AFZ - Der Wald*, 30-33.
- Hanewinkel, M., Cullmann, D.A., Michiels, H.-G., Kändler, G., 2014. Converting probabilistic tree species range shift projections into meaningful classes for management. *Journal of Environmental Management* 134, 153-165.
- Hanewinkel, M., Hummel, S., Cullmann, D.A., 2010b. Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. *For Ecol Manage* 259, 710-719 DOI - 710.1016/j.foreco.2009.1008.1021.
- Hickler, T., Vohland, K., Feehan, J., Miller, P.A., Smith, B., Costa, L., Giesecke, T., Fronzek, S., Carter, T.R., Cramer, W., Kühn, I., Sykes, M.T., 2012. Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* 21, S. 50-63.
- Kautz, M., Händel, M., 2019. Abschätzung des Buchdruckerrisikos mithilfe des Modells Phenips. In: v. Teuffel, K. (Ed.), *FVA-Einblick: Wald im Klimawandel*. Eigenverlag, Freiburg, S. 27-31.
- Krauss, F.A., Hornstein, F.v., Schlenker, G., 1949. Standortserkundung und Standortskartierung im Rahmen der Forsteinrichtung. *AFZ - Der Wald* 4, 155-161.
- Puhlmann, H., Wolf, T., Stackelberg, N., Hoch, R., Hallas, T., 2019. Wasserhaushalt und Trockenstress von Wäldern: Wohin geht die Reise? In: v. Teuffel, K. (Ed.), *FVA-Einblick: Wald im Klimawandel*. Eigenverlag, Freiburg, S. 22-26.
- Reidl, K., Suck, M., Bushart, M., Herter, W., Koltzenburg, M., Michiels, H.G., Th, W., E, A., W, B., 2013. Potentielle Natürliche Vegetation von Baden-Württemberg.
- Schlenker, G., 1964. Entwicklung des in Südwestdeutschland angewandten Verfahrens der Forstlichen Standortskunde. In: *Standort, Wald und Waldwirtschaft in Oberschwaben*, VfS Stuttgart, pp. 5-26.
- Schlenker, G., 1975. Klimagliederung und Vegetationsgliederung im Rahmen der Regionalen Standortsklassifikation. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 94, 262-272.
- Schmidt, M., Hanewinkel, M., Kändler, G., Kublin, E., Kohnle, U., 2010. An inventory-based approach for modeling single tree storm damage - experiences with the winter storm 1999 in southwestern Germany. *Can. J. For. Res.* 40, S. 1636–1652.
- Sow, M.D., Allona, I., Ambroise, C., Conde, D., Fichot, R., Gribkova, S., Jorge, V., Le-Provost, G., Pâques, L., Plomion, C., Salse, J., Sanchez-Rodriguez, L., Segura, V., Tost, J., Maury, S., 2018. Chapter Twelve - Epigenetics in Forest Trees: State of the Art and Potential Implications for Breeding and Management in a Context of Climate Change. In: Mirouze, M., Bucher, E., Gallusci, P. (Eds.), *Advances in Botanical Research*. Academic Press, 88, S. 387-453.
- Yue, C., Albrecht, A., Klädtke, J., Kohnle, U., 2019. Bonitäten: Dynamischer als gedacht. In: v. Teuffel, K. (Ed.), *FVA-einblick2/2019: Wald im Klimawandel*. Eigenverlag, Freiburg, S. 32-36.
- Yue, C., Kahle, H.-P., von Wilpert, K., Kohnle, U., 2016. A dynamic environment-sensitive site index model for the prediction of site productivity potential under climate change. *Ecological Modelling* 337, S. 48-62



FVA Forstliche Versuchs-
und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg


LFV Landes
Forst
Verwaltung
BW

axel.albrecht@forst.bwl.de