

Fit für die Zukunft: wie anfällig und wie anpassungsfähig sind Brandenburgs Wälder im Klimawandel?

Dargestellt am Beispiel der Rotbuche

Peter Spathelf, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde



Foto: Choriner Buchenwald; P. Spathelf

Aktuelle Waldschäden in Buchenbeständen



Foto: Hese, 2019, AFZ



Die Rotbuche – schon seit längerem im Fokus

Zur Zukunft der Buche (*Fagus sylvatica* L.) in Mitteleuropa

Kritische Anmerkungen zu einem Beitrag von RENNENBERG et al. (2004)

(Mit 2 Abbildungen)

Von CH. AMMER¹, L. ALBRECHT², H. BORCHERT³, F. BRÖSINGER⁴, CH. DITTMAR⁵, W. ELLING⁶, J. EWALD⁷, B. FELBERMEIER⁸, H. VON GILSA⁹, J. HUSS¹⁰, G. KENK⁸, CH. KÖLLING³, U. KOHNLE⁸, P. MEYER⁸, R. MOSANDL¹, H.-U. MOOSMAYER⁸, S. PALMER¹⁰, A. REIF⁷, K.-E. REHPUSS¹¹ und B. STIMM⁴

(Angenommen Februar 2005)

SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

Klimaänderung; Trockenheitstoleranz; Autökologie; Synökologie; Standortbezug; waldbauliche Konzeption; Fagus sylvatica.

Climate change; drought tolerance; autecology; synecology; site ecology; silvicultural concept; Fagus sylvatica.

1. EINLEITUNG

In einem in dieser Zeitschrift erschienenen Beitrag mit dem Titel „Die Buche (*Fagus sylvatica* L.) – ein Waldbaum ohne Zukunft im südlichen Mitteleuropa?“ befassten sich RENNENBERG et al. (2004) mit den Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das Regionalklima und mit der Frage, wie die Baumart Buche mit den prognostizierten Veränderungen zurecht kommen wird. Beide Teile des betreffenden Artikels haben in hohem Maße spekulativen Cha-

¹ Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, Technische Universität München, Am Hochanger 13, 85354 Freising

² Forstdirektion Unterfranken, Abteilung Biologische Produktion, Peterplatz 7, 97070 Würzburg

³ Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Am Hochanger 11, 85354 Freising

⁴ Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Ludwigstraße 2, 80539 München

⁵ Waldbau-Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Tennenbacherstraße 4, 79085 Freiburg

⁶ Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Wonnhaldestraße 4, 79100 Freiburg

⁷ Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Gelberodestraße 3, 37076 Göttingen

- Waldumbaubedarf Buche in D (n. Bolte et al., 2021): > 600.000 ha

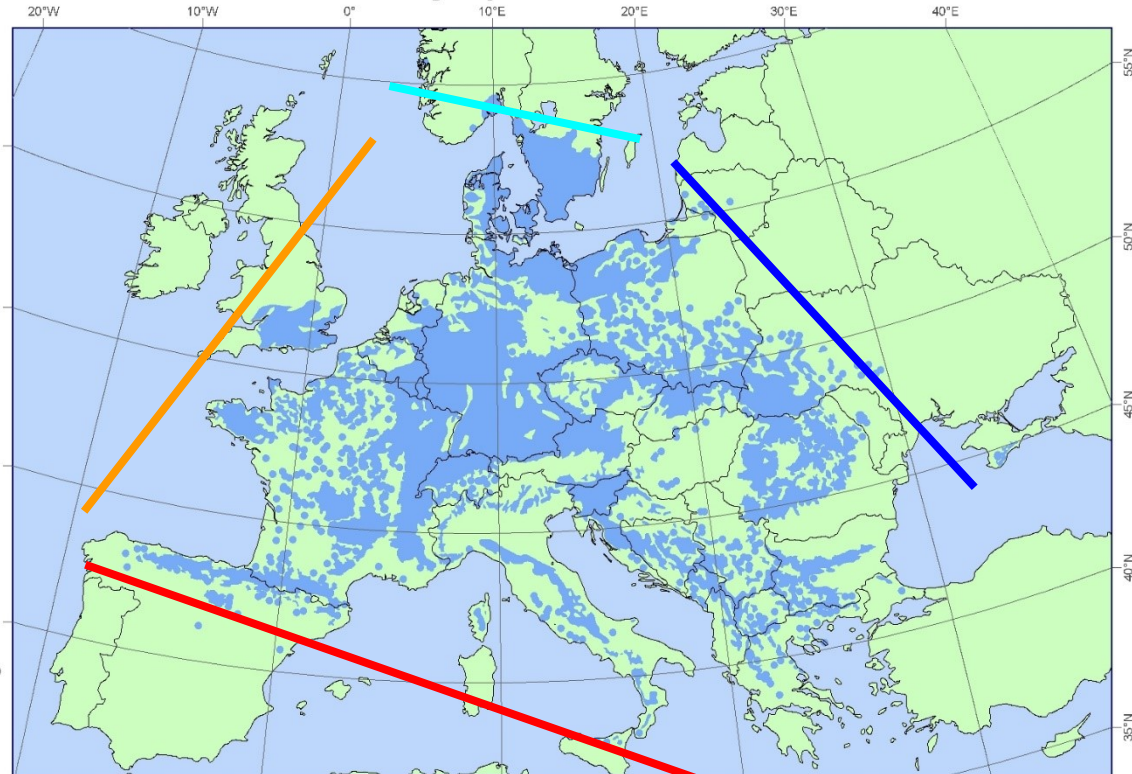
Über was möchte ich sprechen

- Bedeutung der Buche und Konkurrenzkraft
- Vulnerabilität (Trockenheit)
- Anpassungsfähigkeit
- Waldbauliche Massnahmen für einen resilienten Buchenwald
- Fazit

Verbreitung, Arealgrenzen



Fagus sylvatica



EUFORGEN Secretariat
c/o Biodiversity International
Via dei Tre Denari, 472/a
00057 Maocorese (Fiumicino)
Rome, Italy
Tel: (+39)066118251
Fax: (+39)0661979661
e-mail: secretariat@euforgen.org
More information, updates
and other maps at:
www.euforgen.org

This distribution map, showing the natural distribution area of *Fagus sylvatica* was compiled by members of the EUFORGEN Networks based on an earlier map published in:
Pott R. (2000) Palaeoclimate and vegetation - long-term vegetation dynamics in central Europe with particular reference to beech. *Phytocoenologia* 30(3-4): 285-333

Citation: Distribution map of Beech (*Fagus sylvatica*) EUFORGEN 2009. www.euforgen.org.

First published online on 30 August 2006 - Updated on 23 July 2008

0 250 500 1,000 Km

- ‚Herrscherin‘ der Wälder
- Durch ‚Schattenstrategie‘
eindrucksvollstes
Beispiel einer
Klimaxbaumart
(A. Roloff, 2022)

http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/JPG/Fagus_sylvatica.jpg

Konkurrenzkraftfördernde Eigenschaften

- Dichte Belaubung und Krone, Blattstellung
⇒ LAI 8-10
- Kontinuierliches, spät kulminierendes Wachstum
⇒ dGz häufig bis Alter >120 J. noch nicht abfallend
- Gute Reaktionsfähigkeit auf Freistellung, bis ins hohe Alter (Kronenplastizität CPL)
⇒ zw. 10 und 100 m² Ksf je Baum bei d = 20 cm
- Gute Wassernutzung
⇒ Stammablauf an Glattrinde, hohe Kronentraufe

Waldgesundheit

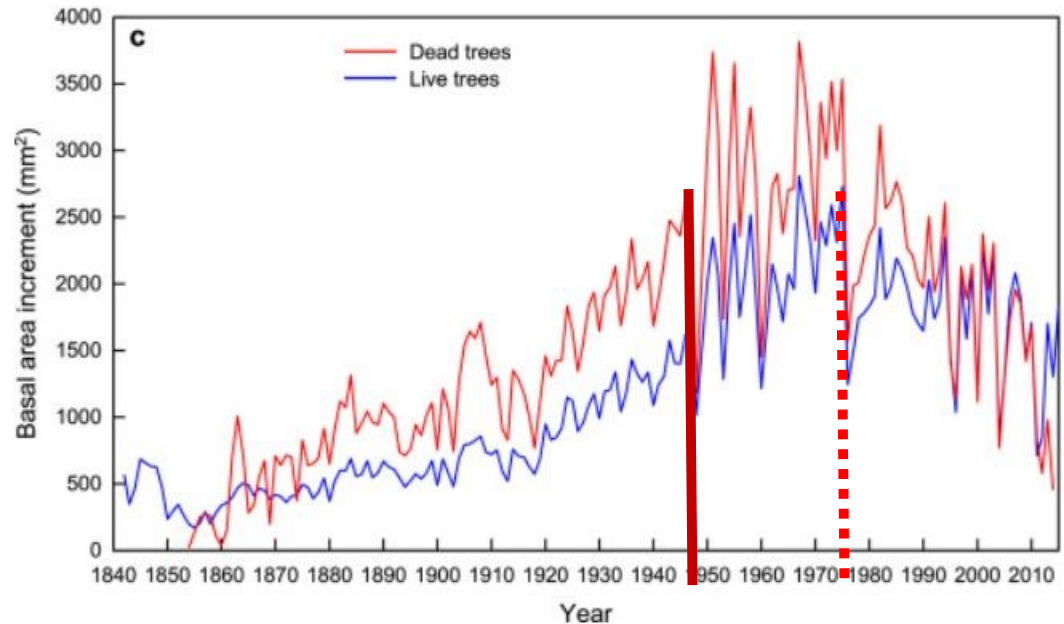
- Risikofaktoren
 - Verbiss, Frost (Jugendstadium)
 - Sonnenbrand (ab Jugendstadium)
 - Buchenprachtkäfer
 - Buchenkomplexkrankheit, neue Buchenschäden, z.B. Vitalitätsschwäche
- Waldzustand Buche in D 2021
 - ohne Verlichtungen: 16 % +
 - **Warnstufe (10-25%): 39 % +**
 - mittlere Stufe (26-60%): 28 % -
 - deutliche Kr.-Verl. (61-99%): 45 % -



Mortalität

1. *Dulamsuren et al., 2022*; 2. *Meyer et al., 2022*

1. Klimabedingter Niedergang aufgrund von früheren Trockenjahren (1947, 1976), kombiniert mit starker Freistellung (Prädisposition)



2. Keine Management-bedingte höhere Mortalität bei Studie in Hessen; eher höhere Mortalität (1,5 – 2 %) in unbewirtschafteten Beständen, bei unterdrückten Bäumen

Frühe Warnsignale für Absterbeprozess?

Vulnerabilität der Buche: neue Erkenntnisse



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ppees

Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.)—A review

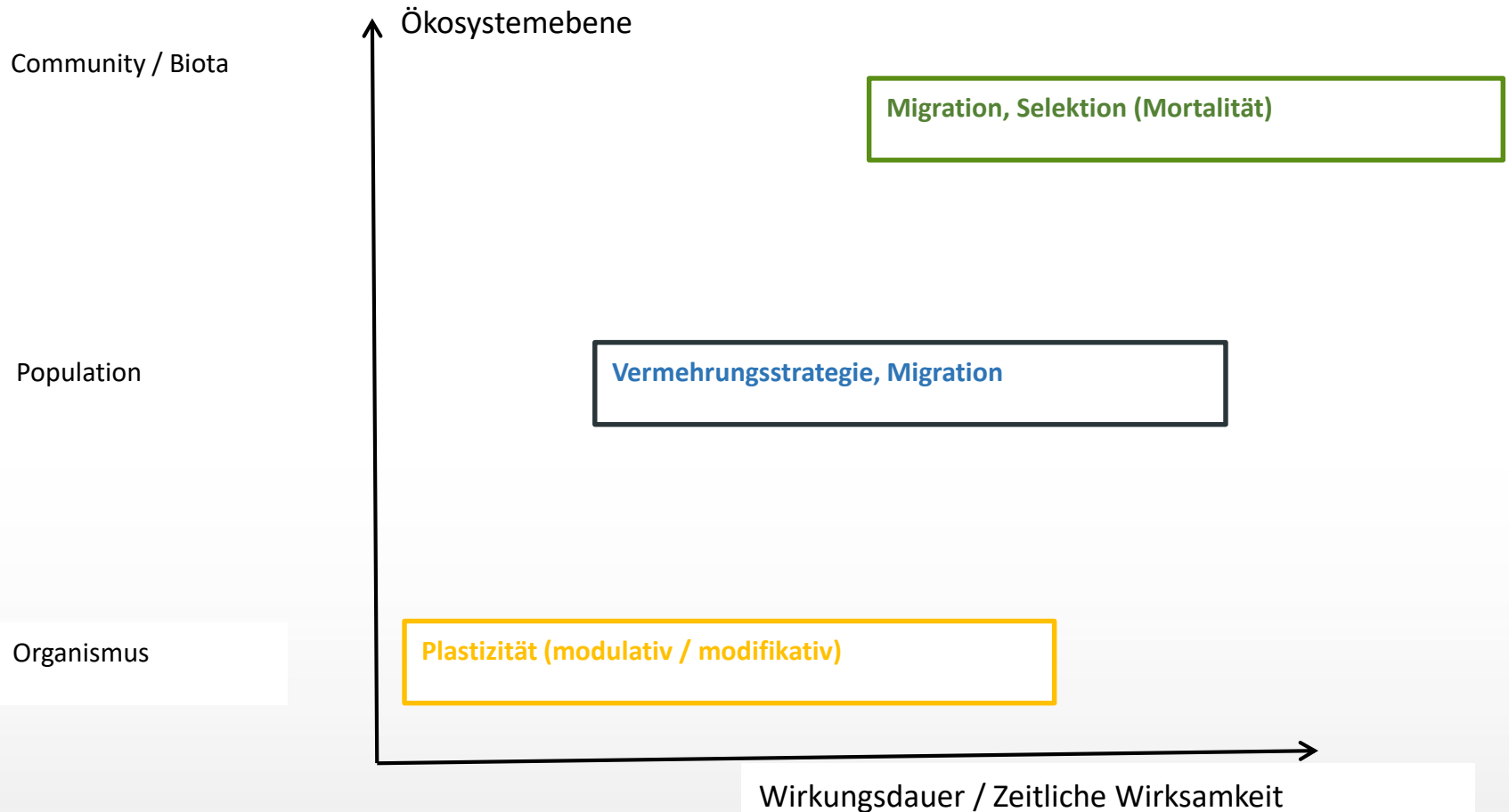
Christoph Leuschner

Plant Ecology, University of Goettingen, Untere Karspüle 2, 37073, Goettingen, Germany

- **Wasserleitungssystem (Ungleichgewicht LAI – ETP, ‚structural overshoot‘)**
- **Feinwurzeln (2/3 in 30 cm, Mortalität)**
- **Blattwerk (direkte Wirkung Hitze und Trockenheit)**



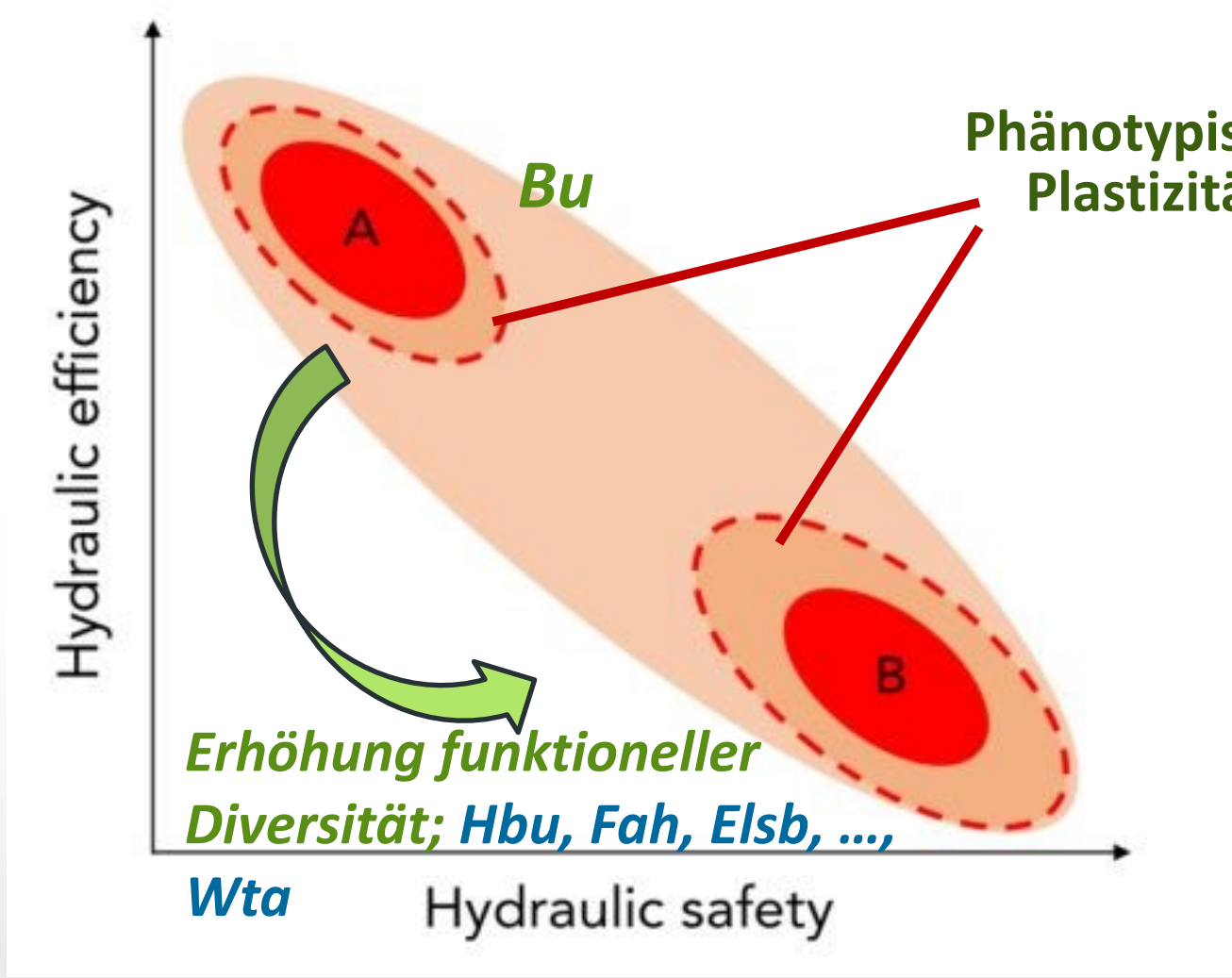
Grundsätzliche Anpassungsoptionen



Quelle: nach Puettmann (2020) und Kätzel (2009), verändert

Effiziente vs. sichere Wasserversorgung

Grossiord et al., 2020



Gibt es kritische Schwellenwerte für Mortalität bei verschied. Provenienzen?

Parameter: $LD50_{SWA}$: Bodenwassergehalt, bei dem 50 % der Baumpopulation überlebte

Letale Trockenheit

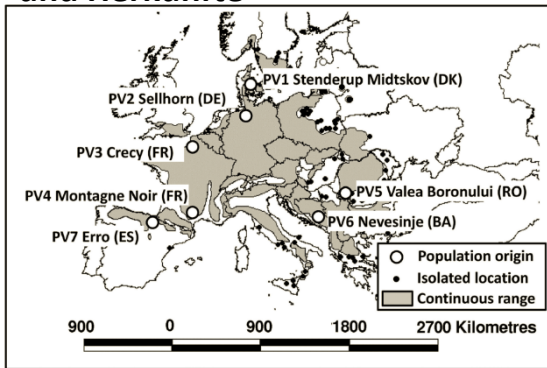


Herleitung kritischer Schwellenwerte ($LD50_{SWA}$)

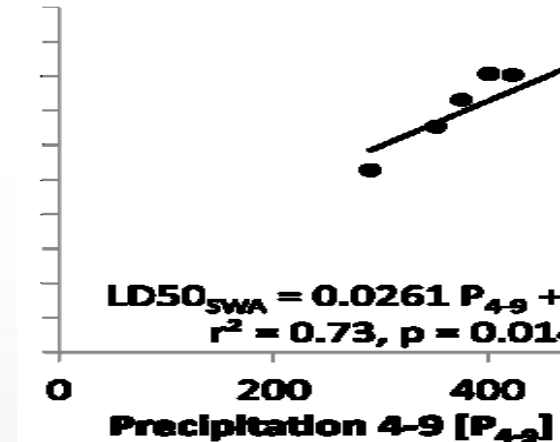
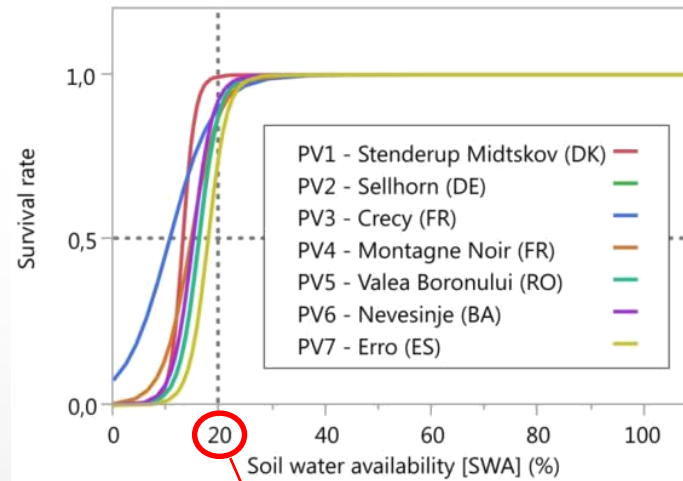


Korrelation mit Klima des Ursprungsgebietes

Buchenverbreitungsgebiet und Herkünfte



Austrocknen der Pflanzen



Kritische Schwelle $LD50_{SWA} \approx 20\%$ (konservativer Wert)

Quelle: Bolte et al., 2016

Zukünftiger Arealverlust der Buche

Arealmodellierung nach Riek & Russ, 2019

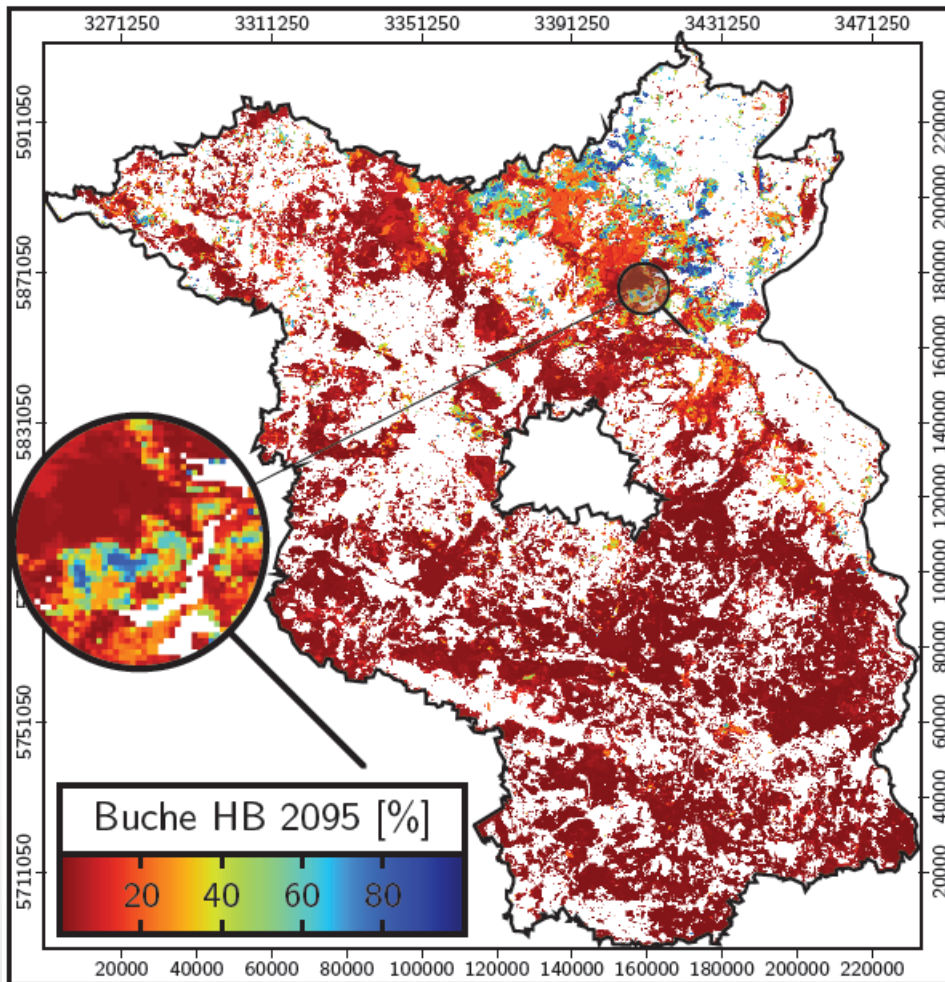
Buche als Hauptbaumart im BZT

2095

Höchste
Auswahlwahrscheinlichkeit für
Buche:

49.506 ha

- *Begrenzend ist
Wasserdefizit!*
- *5 % der Waldfläche in
Brandenburg*



Welchen Ansatz verfolgt die Politik?

Quelle: ANK-Waldförderkonzept BMUV

Einige ANK Förderkriterien in den Modulen A und B

- Beschränkung auf standortheimische Baumarten (mind. 51 %) und standortsgerechte heimische Baumarten (bis zu 49 %) *problematisch!*
 - Beibehaltung eines Kronenschlusses (B° ?) von 0,8 im Laubholz und 0,6 im Nadelholz zur Sicherung des Waldinnenklimas
 - Vorratsaufbau und natürliche Waldentwicklung in alten Laubwäldern (Einschlagsmoratorium) *problematisch!*
- **„Gegenstrategie“: Anpassungsmassnahmen 1 Mischung, 2 Pflege, 3 Imitation von Naturwaldattributen, 4 schonende Nutzung**

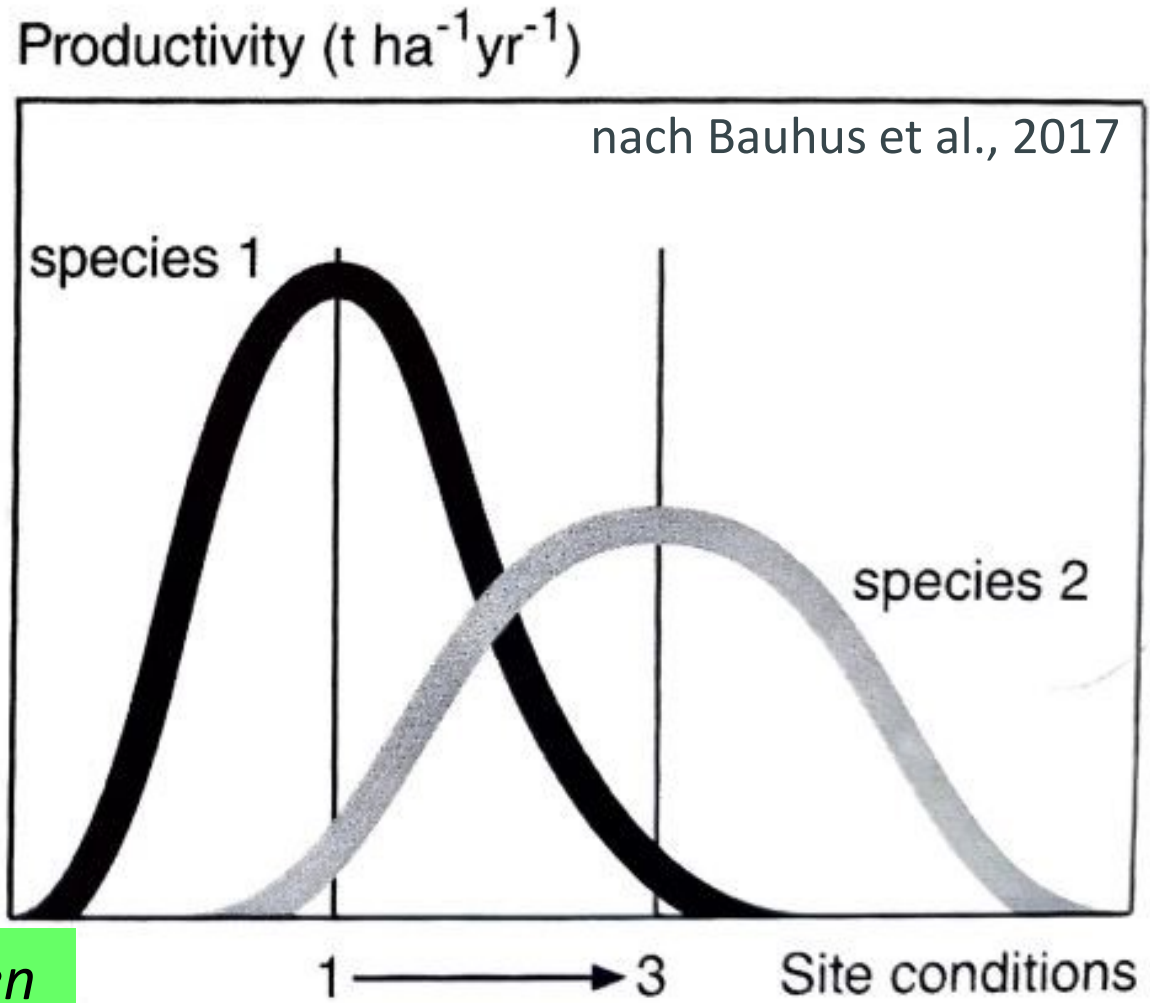
1 Erhöhung der Baumartenvielfalt

- Funktionelle Diversität
- Optimale Baumartenwahl zur Sicherung von Ökosystemleistungen
- Bedeutung der *seltenen Laubbaumarten*, aber auch der *Nadelbaumarten*



Resilienz durch Mischung

- Risikoverteilung, bedingt durch unterschiedliche Resistenz / Resilienz ggüb. bestimmten Störungen
- ‚Verdünnungseffekt‘ bei der Wirkung von Störungsfaktoren



→ Prinzip der *ökologischen Versicherung*

Bedeutung der Mischbaumarten im klimaplastischen Buchenwald

Studie von Rukh et al., 2023

- Weisstannen- und Eichenmischung verbessern Wachstum und Erholung nach Störung



Tannenvoranbau in Templin

Studie von Kunz et al., 2018

- Spitz- und Feldahorn oder die Sorbusarten Elsbeere und Speierling zeigen höhere Trockenstress-Resilienz als Buche (klimaplastischer Wald nach Jenssen & Hofmann, 2009)



G. Hofmann in Wolletz

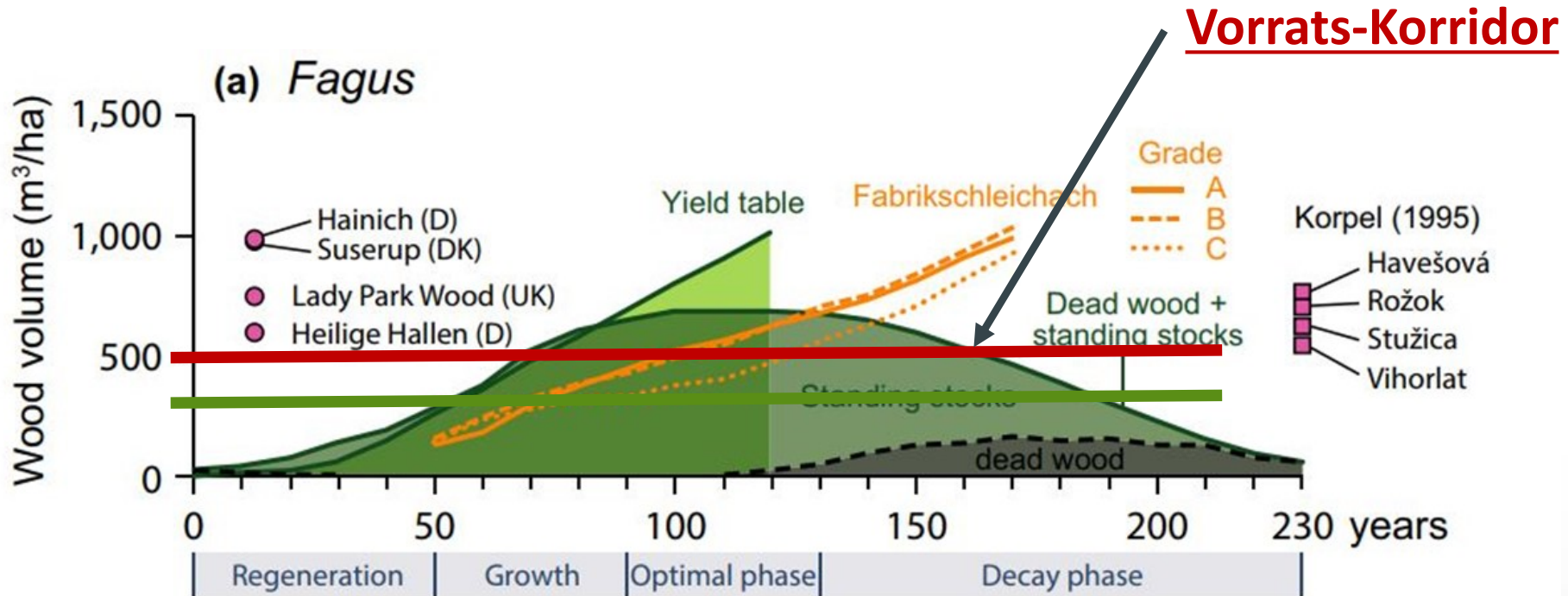
2 Pflege / Nutzung kann Resilienz stärken



Buchenplenterwald in Langula, Thüringen

- Durchforstete Buchenbestände wachsen in Trockenjahren besser und erholen sich schneller als undurchforstete (Diaconu et al., 2017)
 - Ggf. Probleme bei starker Freistellung von alten Bäumen
- ***Gestaffelte Durchforstung !***

Vorratshöhe in Buchen-Wirtschaftswäldern nicht an Urwäldern ausrichten



Quelle: Schulze et al., 2019

- **„Mittlere“ Vorratshöhe sichert Verjüngungsdynamik und Biodiversität sowie hohe Speicherraten bei der C-Aufnahme (Senkenfkt. des Waldes)**

3 Imitation von Urwaldattributen



Attribute aus reifen Waldstadien (Waldrefugien, Trittsteine, ...) sind Magneten für Artenvielfalt und erhöhen Resilienz

4 Bsp. für schonendes Bewirtschaftungskonzept im Einklang mit naturschutzfachlichen Kriterien

„Reiersdorfer Verfahren“

- Mischwaldwirtschaft
- Nebeneinander von verschiedenen Waldentwicklungsphasen
- Altbäume und Mikrohabitate, Totholz
- Hohes Niveau der Vorratshaltung
- Waldränder
- **An Vitalität angepasste Nutzung**
- **Bodenschonung** Sehr empfehlenswert!
- **Fokus auf Mikroklima**



Fazit / Folgerungen für Waldbau

➤ Was ist wichtig

- *Hohe Konkurrenzkraft der Buche aufgrund von ‚Schattenstrategie‘*
- *Zunehmende Vulnerabilität v.a. aufgrund von Trockenheit, aber auch Sturm und biotischen Faktoren (komplexe Wirkungszusammenhänge)*
- *Dominanz- und Arealverluste bis Ende des Jh. wahrscheinlich -> wir bekommen einen anderen Wald*
- Anpassungsmassnahmen: *Mischung, Pflege, Imitation von Naturwaldattributen, schonende Nutzung*

Fit für die Zukunft: wie anfällig und wie anpassungsfähig sind Brandenburgs Wälder im Klimawandel? *Dargestellt am Beispiel der Rotbuche*

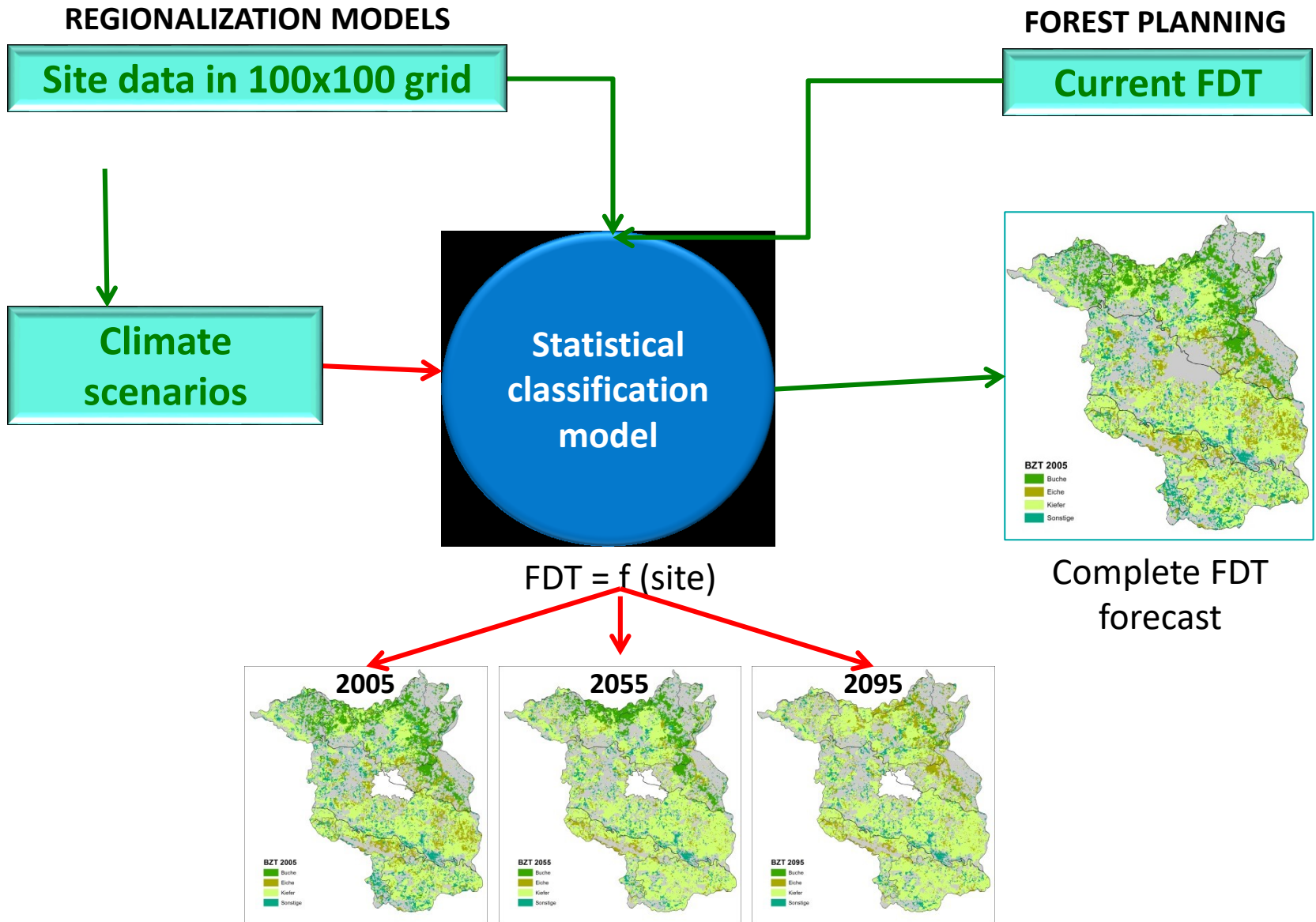
Vielen Dank!

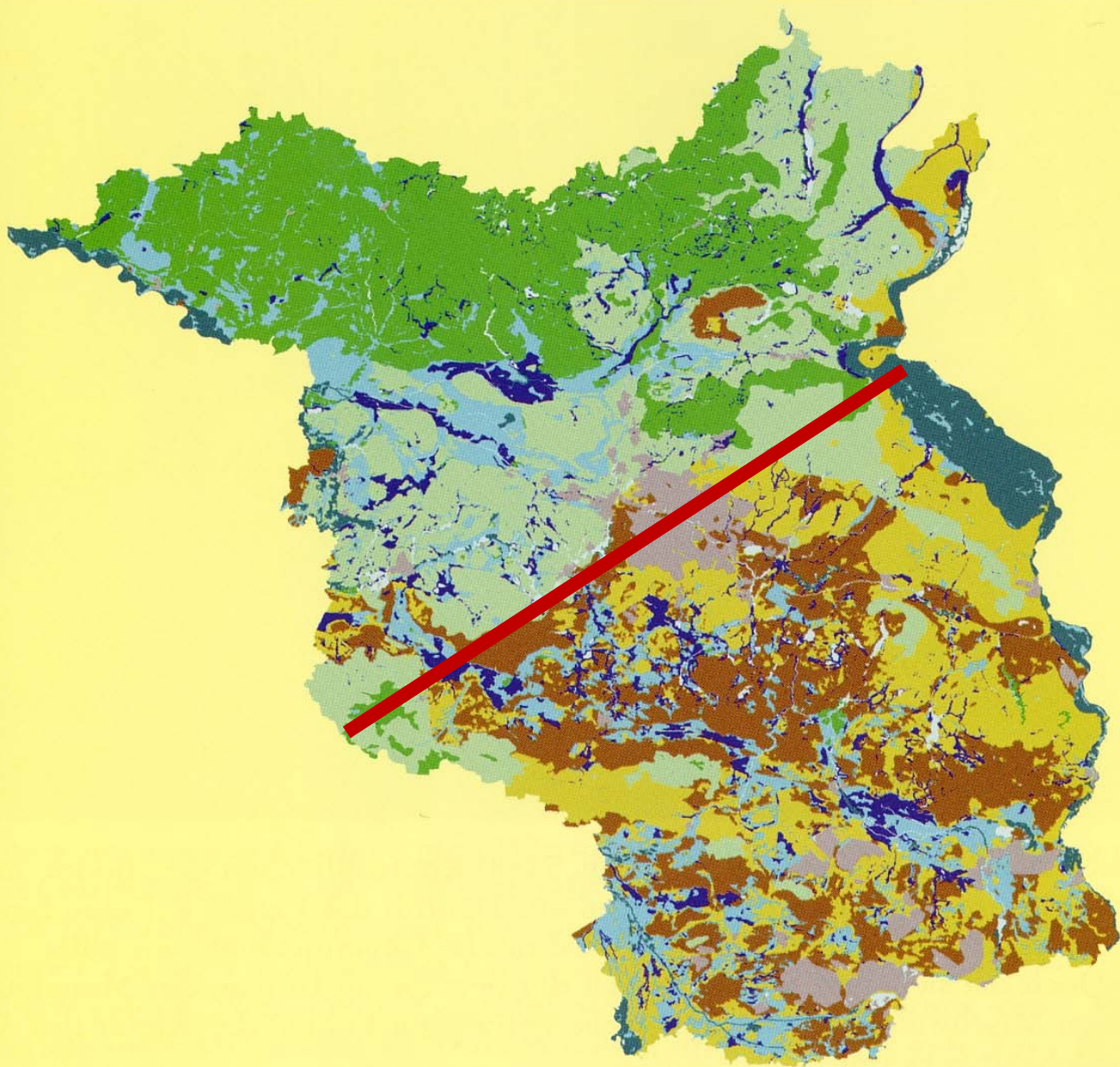
www.hnee.de/spathelf



Choriner Wald: Waldgebiet des Jahres 2023

Overall model approach





Haupteinheiten*

- Gewässer-, Ufer- und Verlandungsvegetation
- Moorbirken- und Schwarzerlenwälder auf organischen Nassböden
- Eschen-, Hainbuchen- und Stieleichenwälder auf feuchten Mineralböden
- Weiden- und Ulmen-Auenwälder
- Traubeneichen-Winterlinden-Hainbuchenwälder
- Eichen- und Kiefernwälder
- Buchenwälder
- Eichen-Hainbuchen-Buchen-Mischwälder
- Nachhaltig veränderte Landschaften

° Zusammenfassungen auf der Grundlage der „Karte der Potenziellen Natürlichen Vegetation von Brandenburg und Berlin“, F + E-Bericht BfN-Bonn FKZ 898 85 013, 2003
 Bearbeiter: Prof. Dr. Gerhard Hofmann, Waldkunde-Institut Eberswalde und Ulf Pommer, LKP Gehrden

0 50 Kilometer

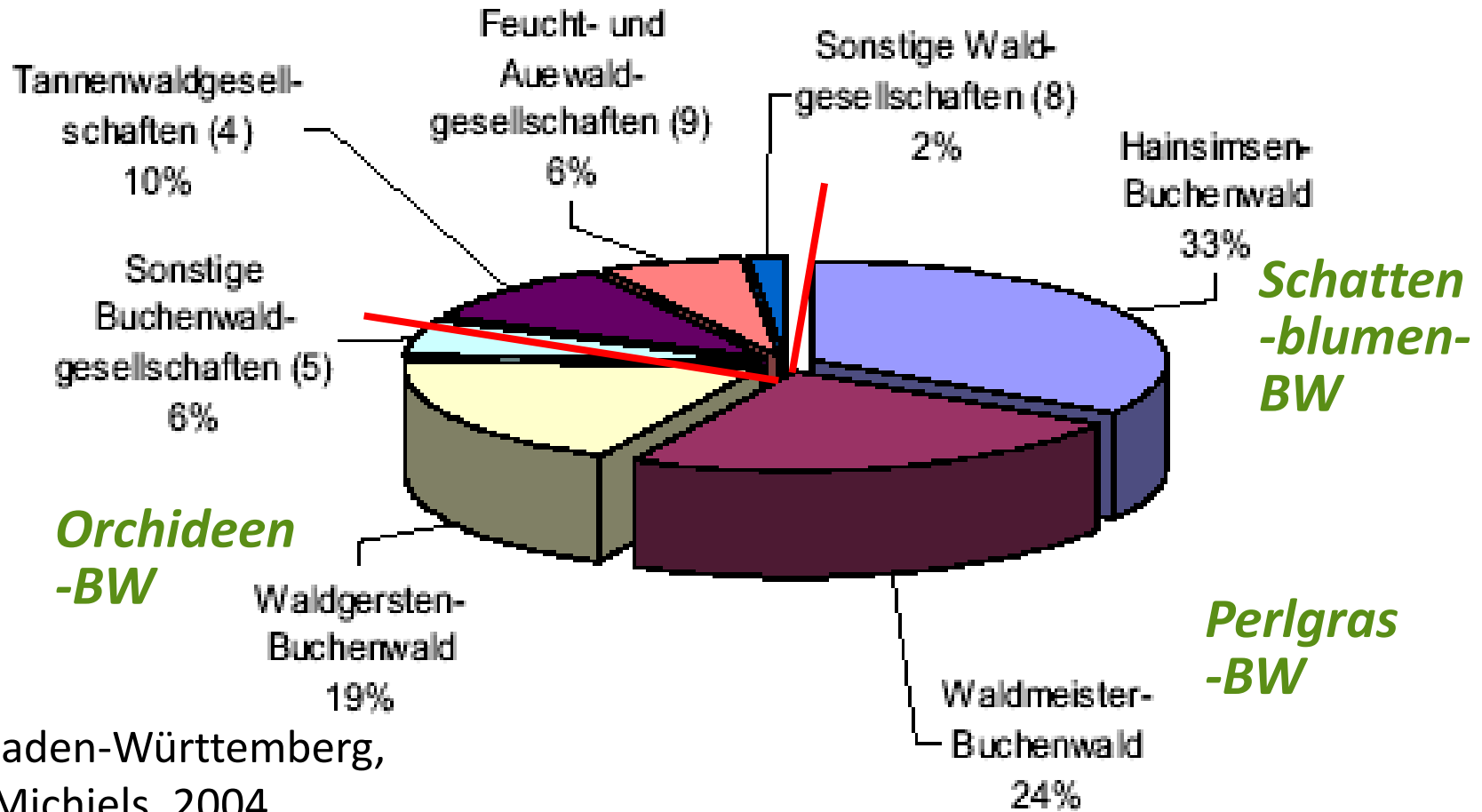


Natürliche
 Waldgesellschaften
 Brandenburgs
 (Hofmann & Pommer,
 2005)

Brandenburgs

Verbreitung

→ Buchenwaldgesellschaften: 82 %



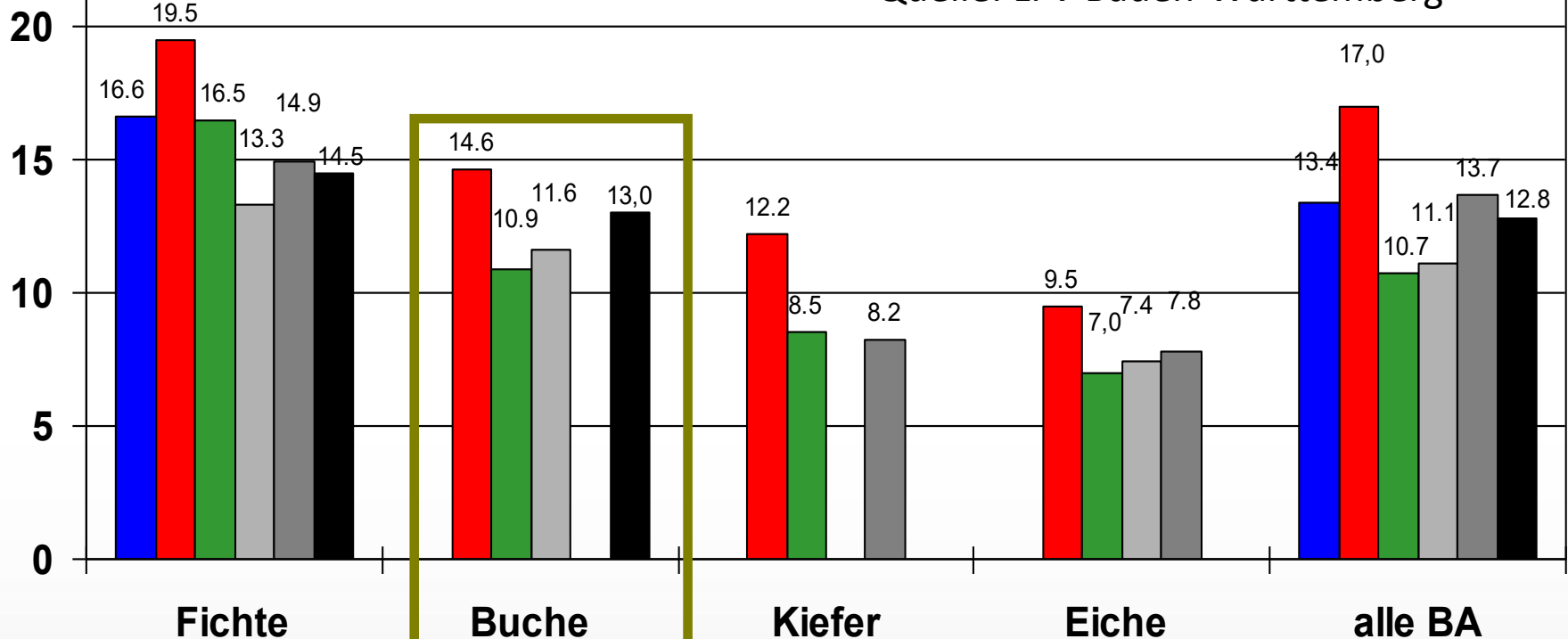
z. B. Baden-Württemberg,
nach Michiels, 2004

Wachstum

Vfm/J/ha

25

Quelle: LFV Baden-Württemberg



■ Leutkirch 86-96

■ Biberach 87-96

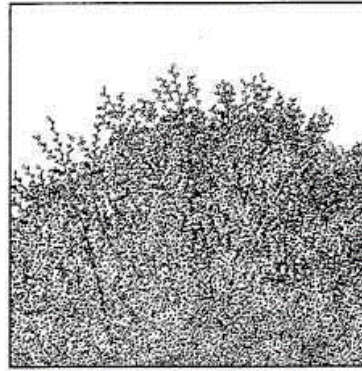
■ Bebenhausen 88-97

■ Blaustein 89-99

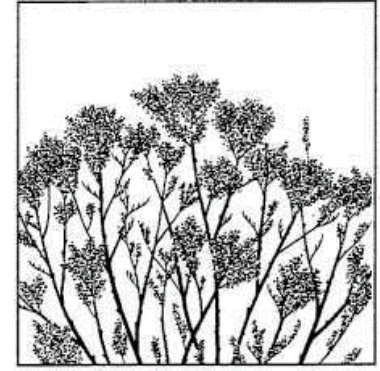
■ Rosenfeld 90-99

■ Lichtenstein 91-00

Kronenvitalität



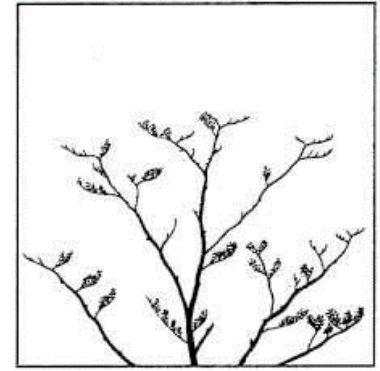
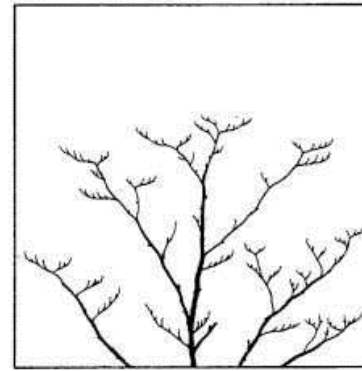
0



2



1



3

Vitalitätsstufen der Baumkrone, Baumart Rot-Buche, nach Roloff (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten

<https://docplayer.org/docs-images/67/57432327/images/45-0.jpg>

Optimal: hohe funktionale Diversität & Redundanz

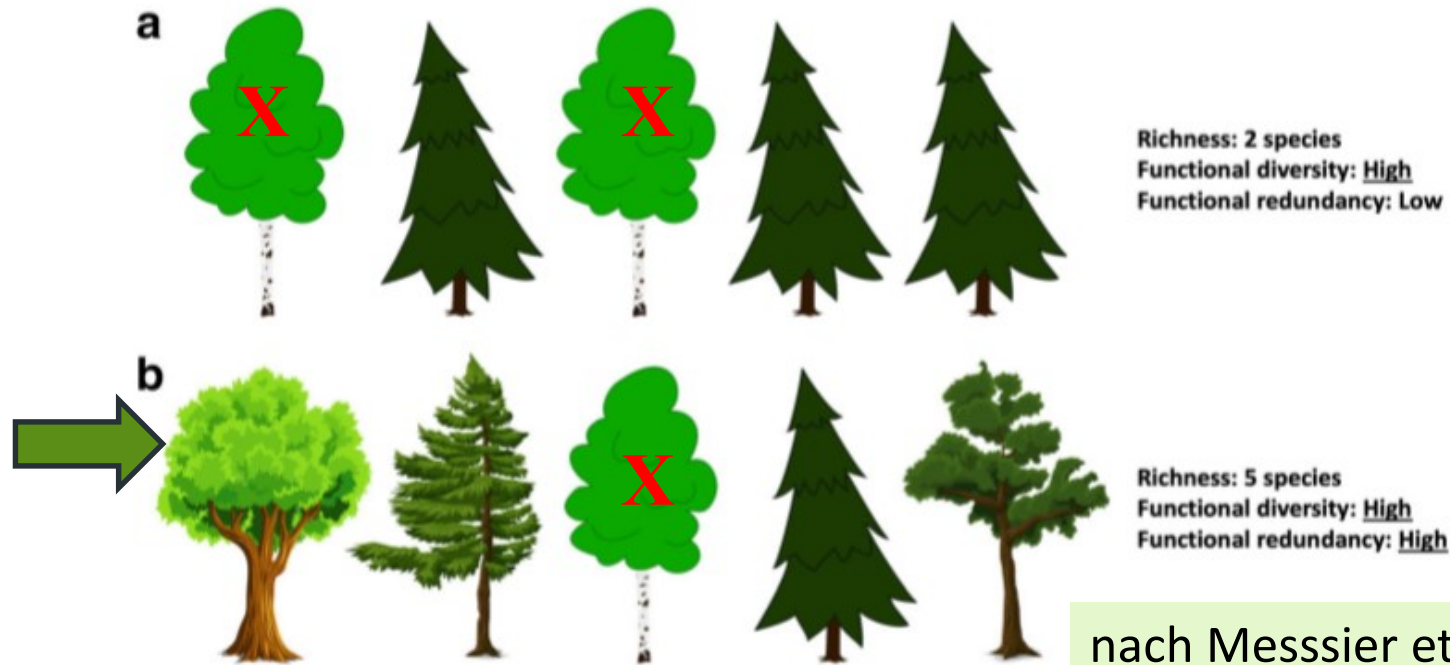


Fig. 1 Diagram illustrating in a simplified way the notions of functional diversity and redundancy within two stands. **a** Although it consists of only two tree species, the upper stand has a high functional diversity because these two species have very different functional traits: e.g., one species is an angiosperm, the other a gymnosperm. However, because of the large difference in the functional traits between these two species, the functional redundancy is weak and if a species disappears, several particular functional traits will be lost. **b** The lower stand also has a high functional diversity because it is composed of five different species, two gymnosperms and three angiosperms with relatively similar traits. Functional redundancy is however high in this case and if a species disappears, functional traits will be maintained in the stand

Waldlebenszyklus / Phasenwechsel

nach Winter et al. 2013, EFI

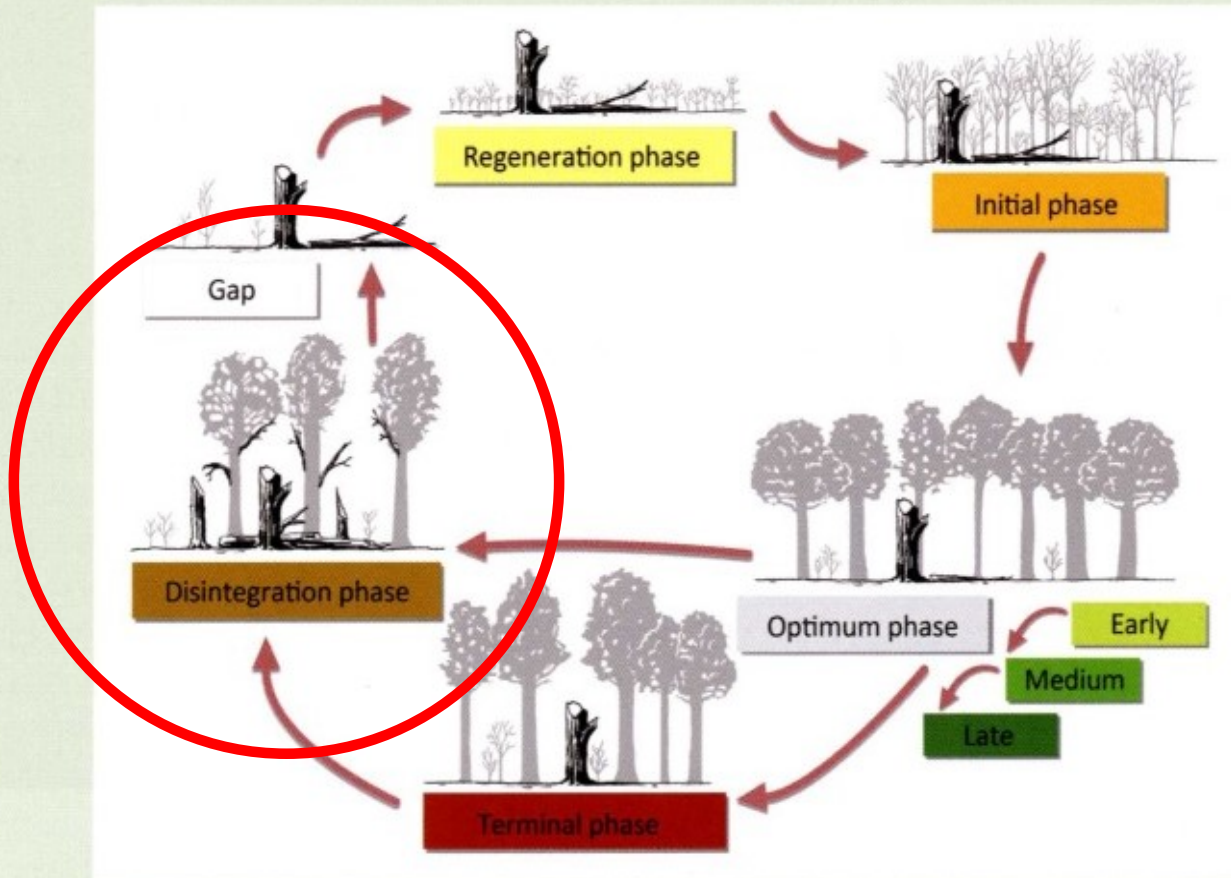


Figure 12. Forest life cycle broken down into forest development phases. Source: Begehold & Winter, in prep.

Boden

Buche i.d.R. **standortsgerecht** auf allen Standorten mit guter Durchlüftung des Bodens im Frischespektrum *mäßig trocken bis frisch*; **ungünstig** sind wechselfeuchte und vernässende Standorte sowie ausgeprägte Tone

Geeignete Standortgruppen (Ökoserien):

- *nicht oder wenig vernässende Sande, Sandböden mit Lehmunterlagerung, Sandhänge*
- *Lehme, Hanglehme*



Bewurzelung

Quelle: Schütz 2002



Flachwurzelsystem

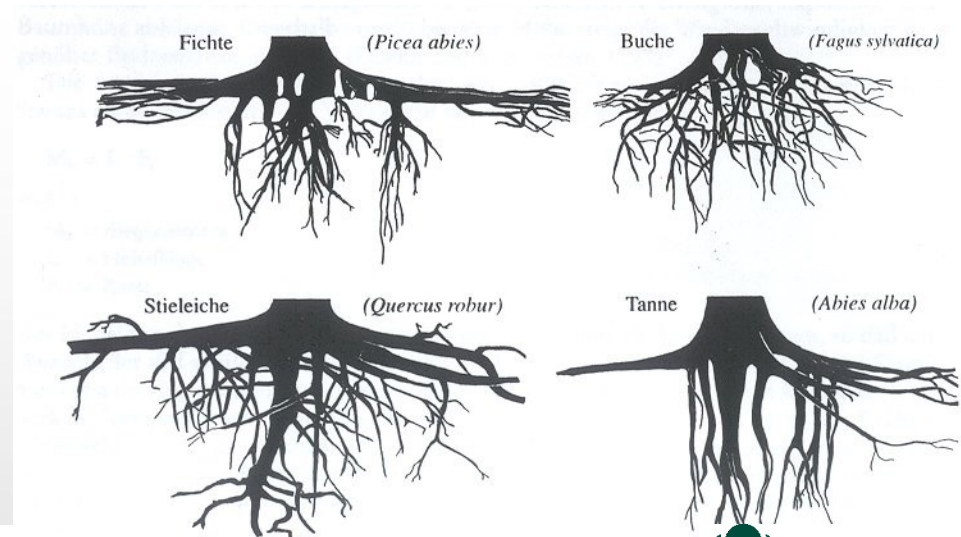
Pfahlwurzelsystem

Herzwurzelsystem

Buche ist Prototyp
eines Herzwurzlers!

Buchenwurzel überwiegend im Oberboden
bis 40 – 60 cm Bodentiefe im Bereich der
Kronenprojektion;
kann auch dichtere Bodenschichten
durchwurzeln und im Muschelkalk tief in
Spalten eindringen

Fähigkeit zur ‚hydraulic redistribution‘!



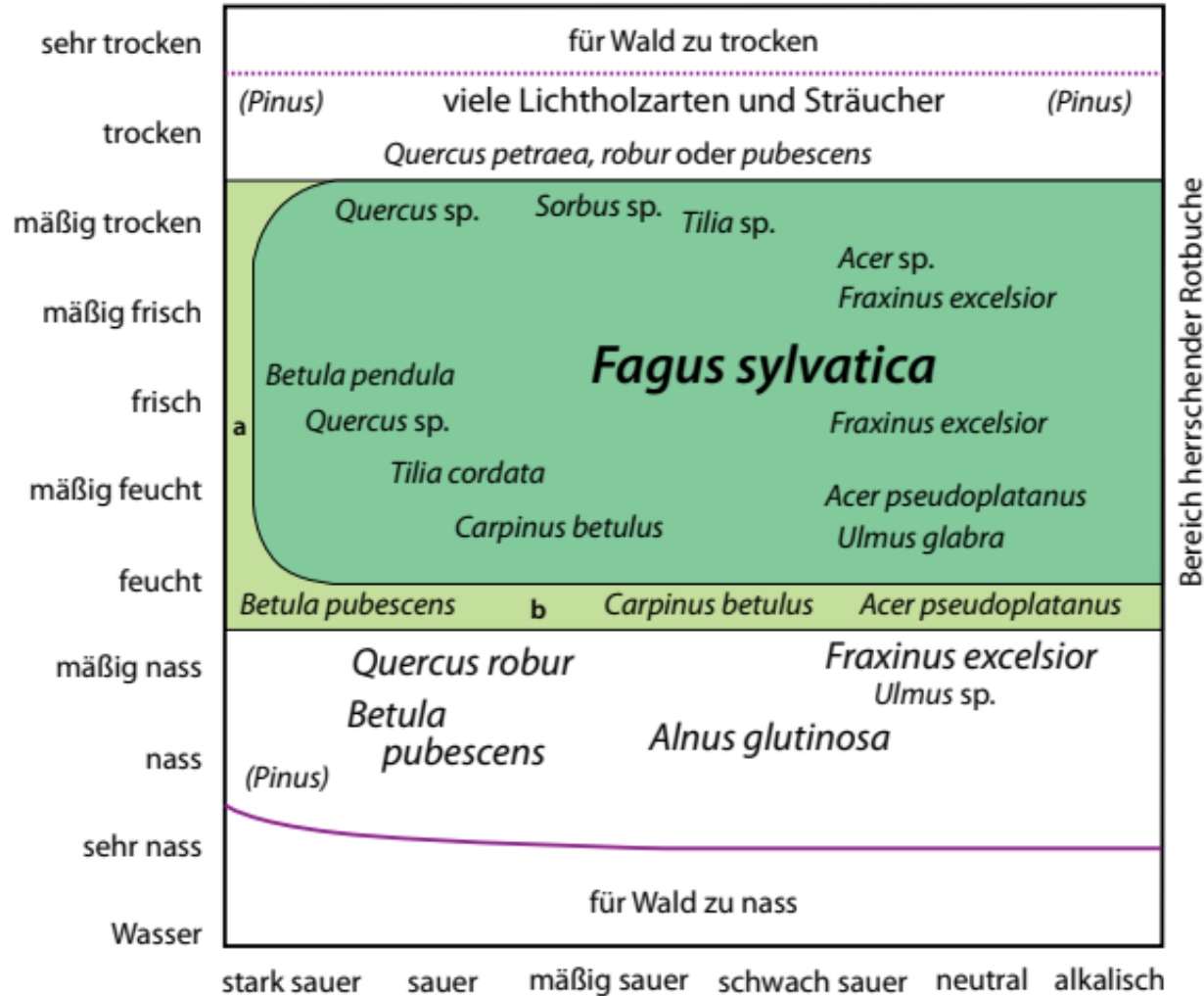
Die Orientbuche – ein ‚Exot‘ als Option?


Vor- und Nachteile der Orientbuche??????????????

- ❖ Wachstum / Wertleistung
- ❖ Risikostreuung
- ❖ Trockenheitsanpassung
- ❖ Akzeptanz im naturgemässen Waldbau
- Verringerung Habitatqualität
- Schädlingsanfälligkeit, Invasivität



Ökogramm (fundamentale = realisierte Nische)



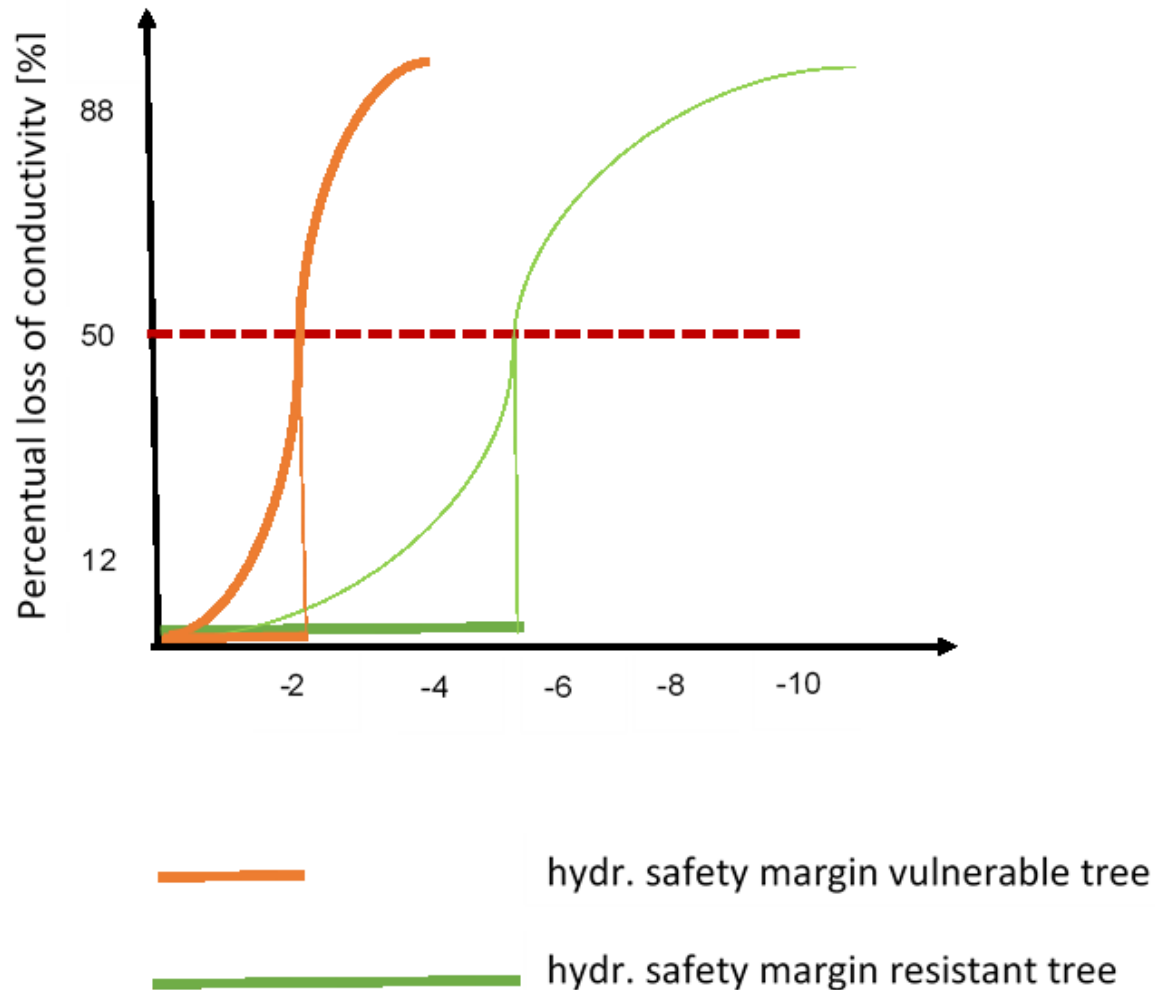
An aerial photograph of a forest in Eberswalde, Germany, showing the aftermath of Hurricane Xavier in October 2017. The forest floor is covered with a dense layer of fallen trees and branches. A large area of the forest has been stripped of its canopy, revealing the intricate network of tree roots and the reddish-brown soil beneath. The remaining trees show a mix of green and yellow foliage, indicating the early stages of autumn. The overall scene depicts significant damage to the urban forest.

Orkan Xavier:
Stadtwald Eberswalde,
Okt. 2017;
Foto : J.-P. Mund, HNEE



Verlust an Wasserleitfähigkeit

Bachelorarbeit C. Skeisgerski, 2023



Buche: eine anisohydrische Baumart

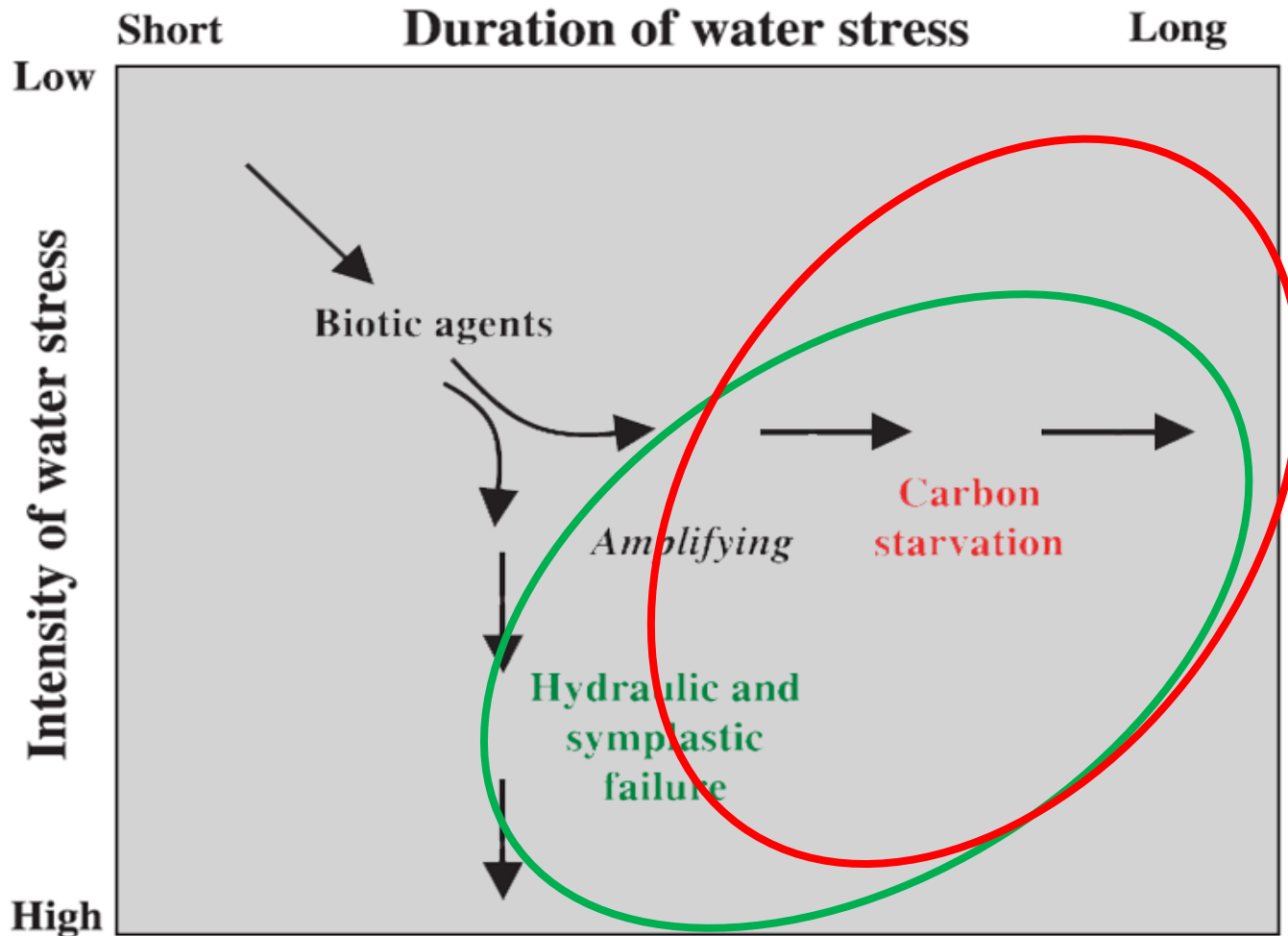


Abb.:

Jansen, 2013;
auf Basis von
McDowell et al.
2008, *New
Phytologist*

Kavitation in
Blättern

Buchenareal der Zukunft in Brandenburg

Arealmodellierung nach Riek & Russ, 2019

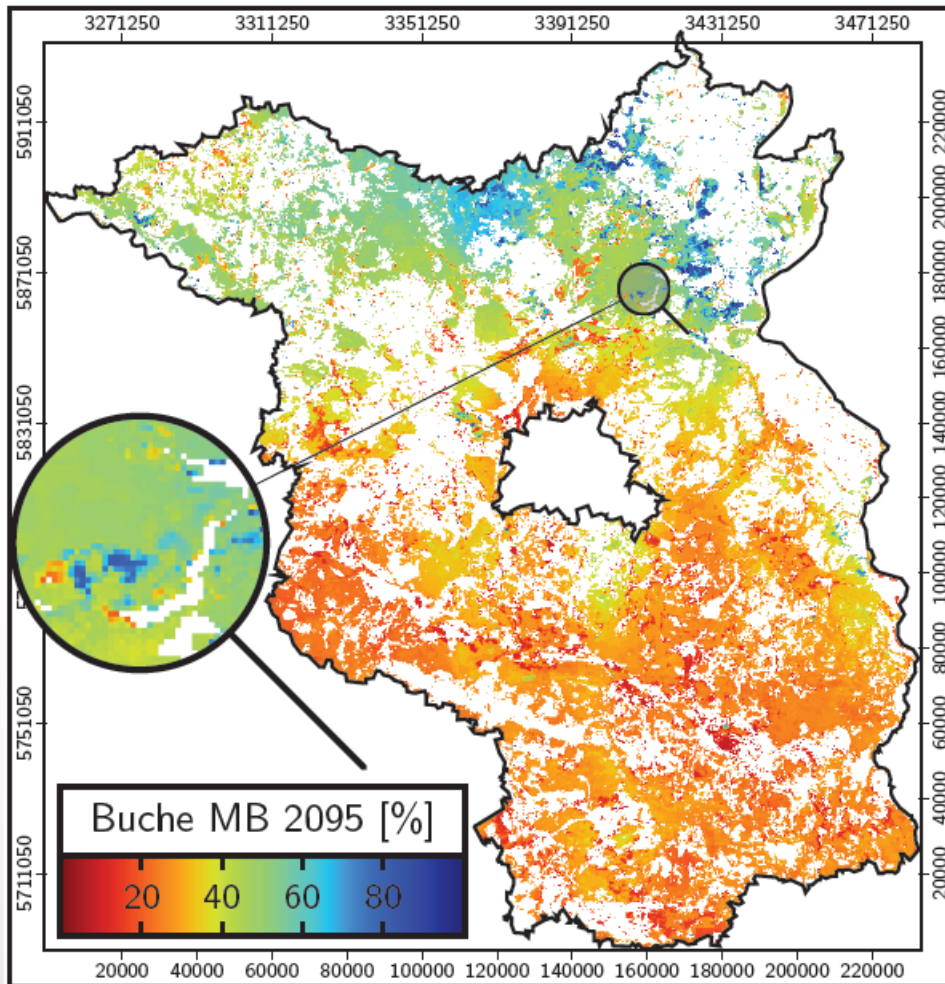
Buche als Mischbaumart im BZT

2095

Höchste
Auswahlwahrscheinlichkeit für
Buche:

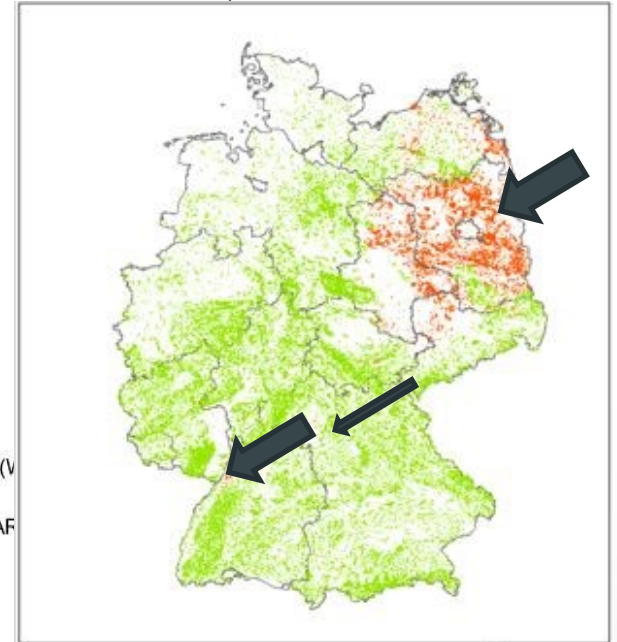
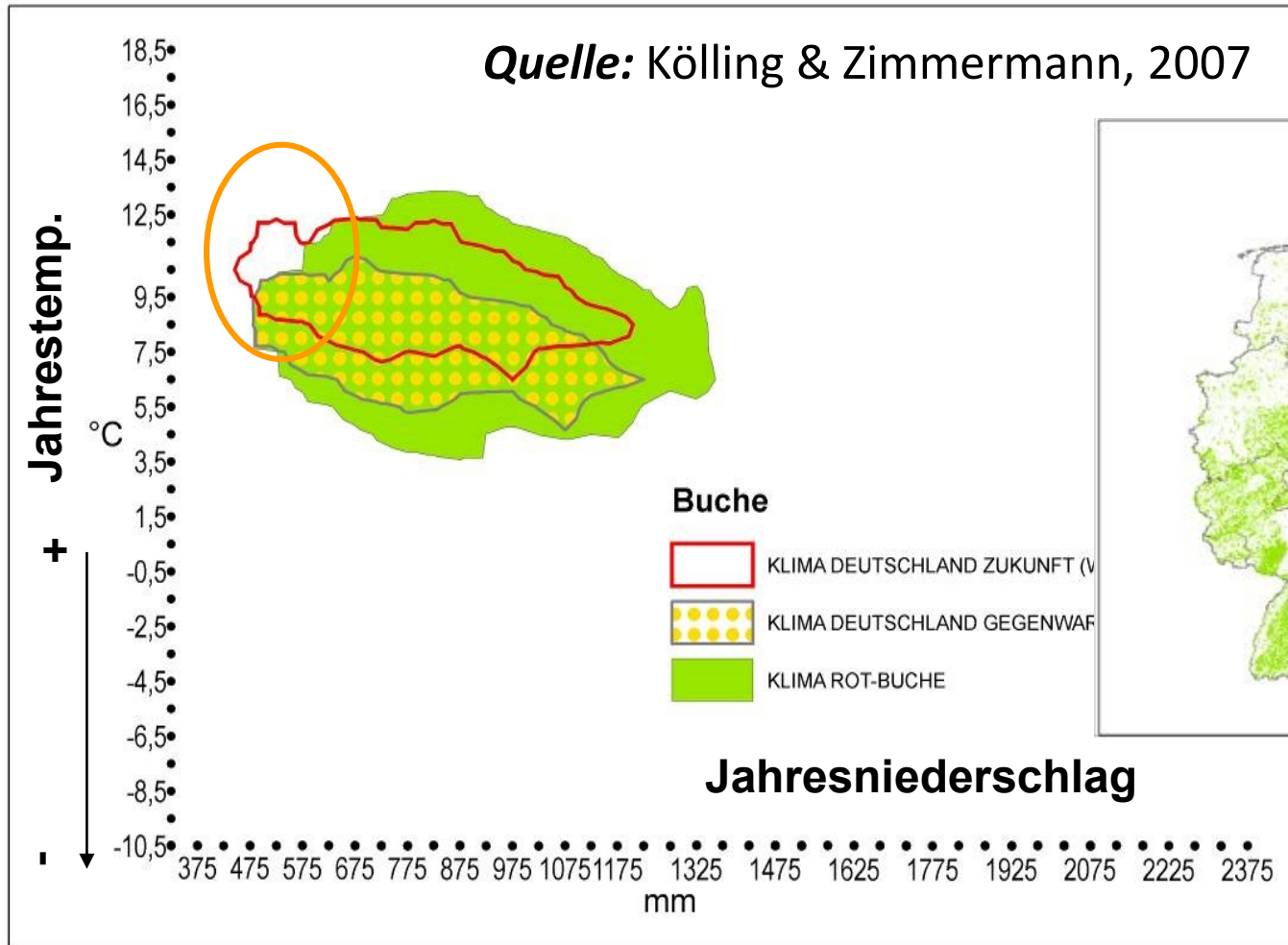
129.147 ha

✓ *12 % der Waldfläche in
Brandenburg*



Verlieren wir die Buche im Klimawandel?

Betrachtung von Klimahüllen



Nischenkomplementarität fördert Koexistenz:

durch Konkurrenzreduktion (Grafik) und Förderung

Konkurrenzreduktion, nach Bauhus et al., 2017

