



„Schadorganismen im Klimawandelgeschehen und ihre Auswirkungen auf den Kohlenstoffkreislauf in Waldökosystemen!“

Kohlenstofftagung 2025

Göttingen

Dr. Ralf Petercord

Referat Waldbau, Klimawandel im Wald, Holzwirtschaft



CO₂-Konzentration in der Atmosphäre

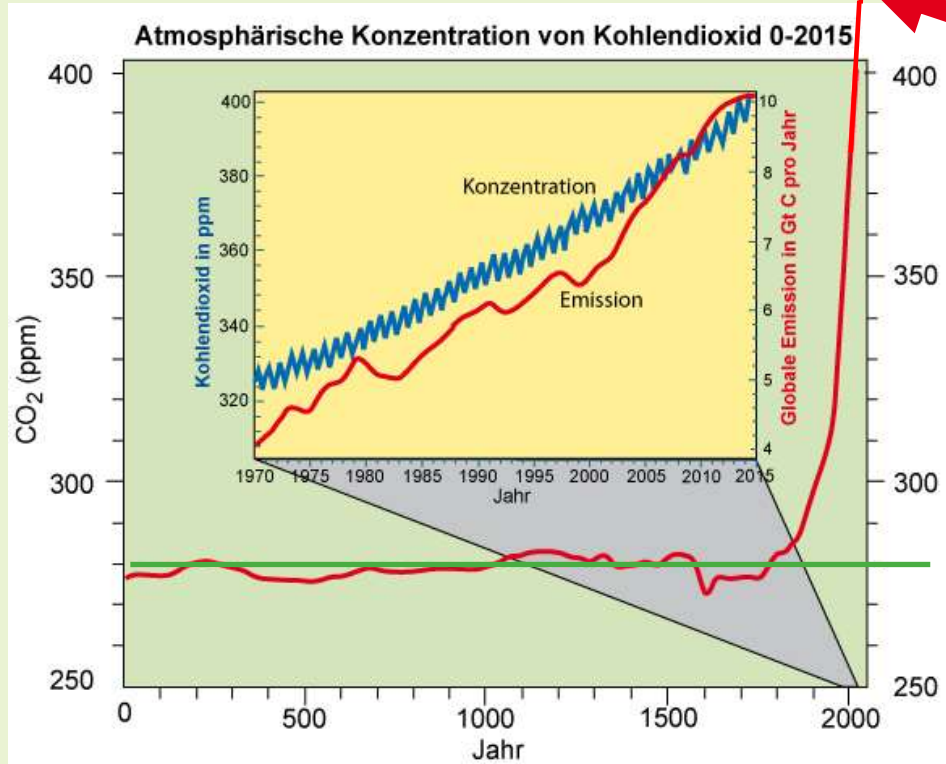
Klimaneutralität 2045
≈ 460 ppm CO₂



3. April 2021

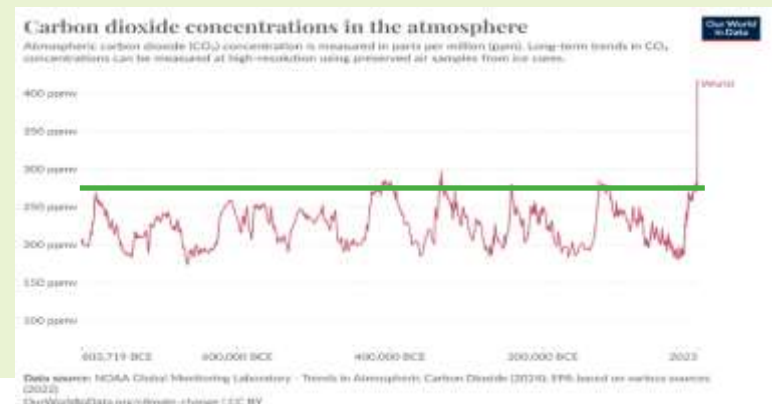
421,21 ppm CO₂

- Dürre 2018, 2019, 2020, 2022
- Flutkatastrophe 14.07.2021
- Niederschlagsmenge 2023
- Weihnachtshochwasser 2023
- Flutkatastrophe Pfingsten 2024
- Flutkatastrophe 30.05. – 03.06.2024
- Hochwasser in Österreich, Tschechien und Polen 12.09. – 20.09.2024
- Hurrikan „Helene“ 26.09.2024
- Flutkatastrophe in Valencia 29.10.2024

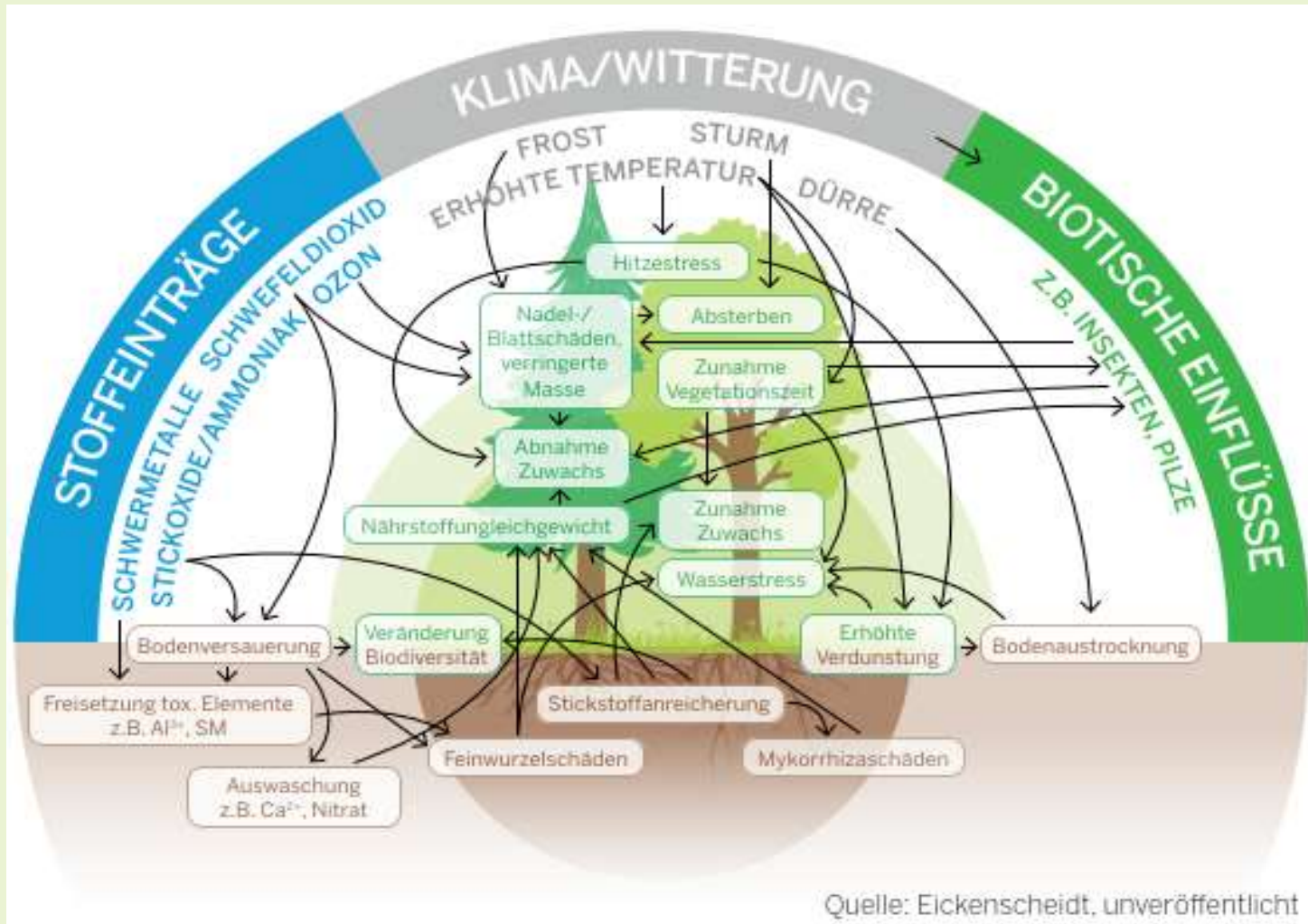


(Quelle: Hamburger Bildungsserver)

280 ppm



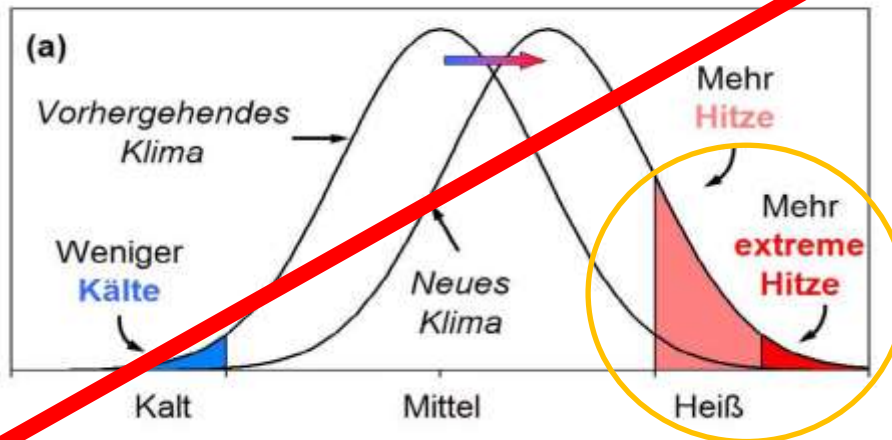
Ursache-Wirkungs-Beziehungen in Waldökosystemen



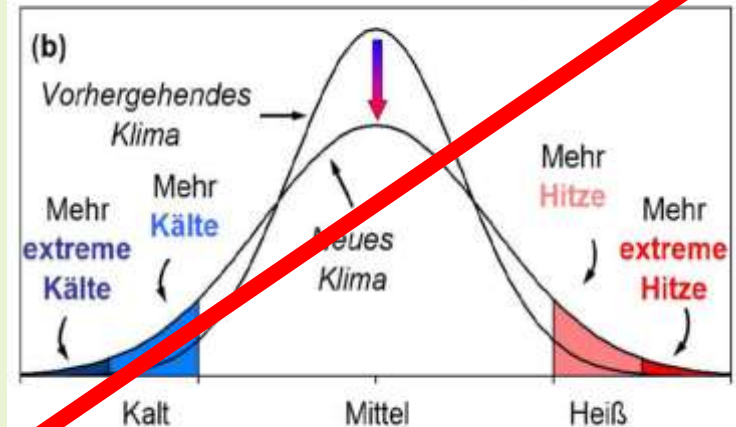


Modellvorstellungen zum Klimawandel

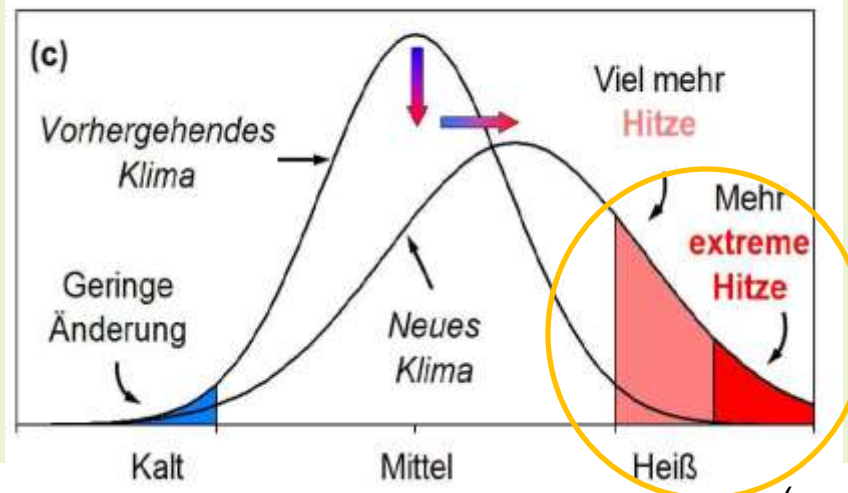
Zunahme des Mittelwerts



Zunahme der Streuung

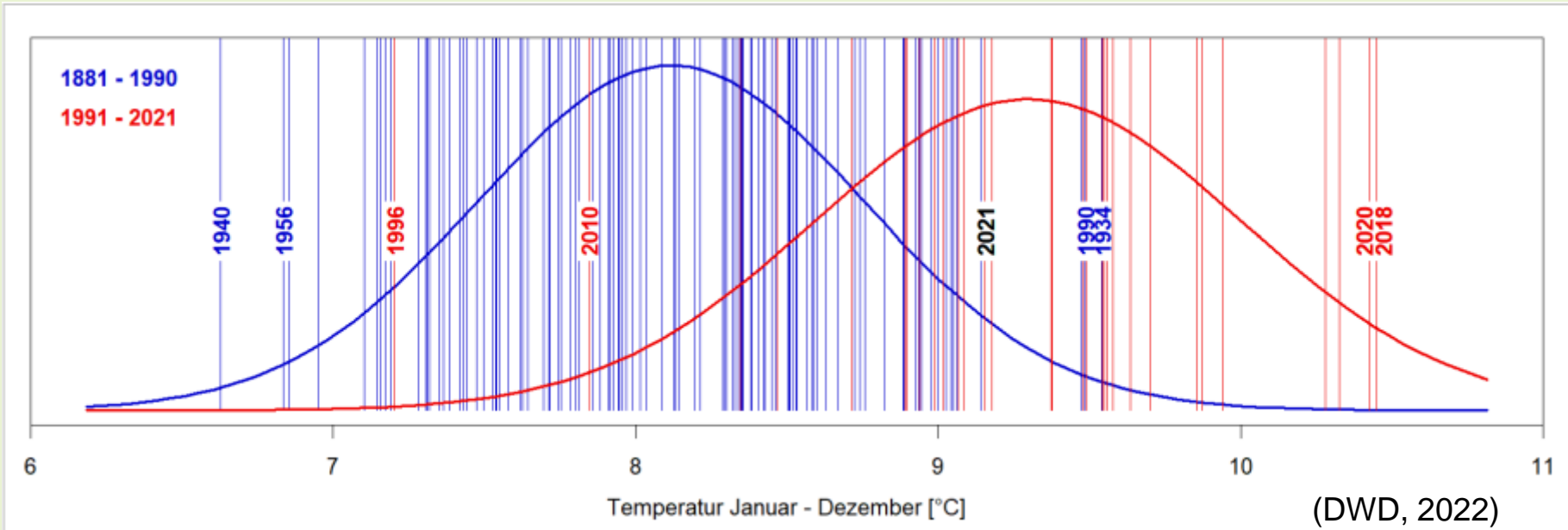


Zunahme von Mittelwert und Streuung

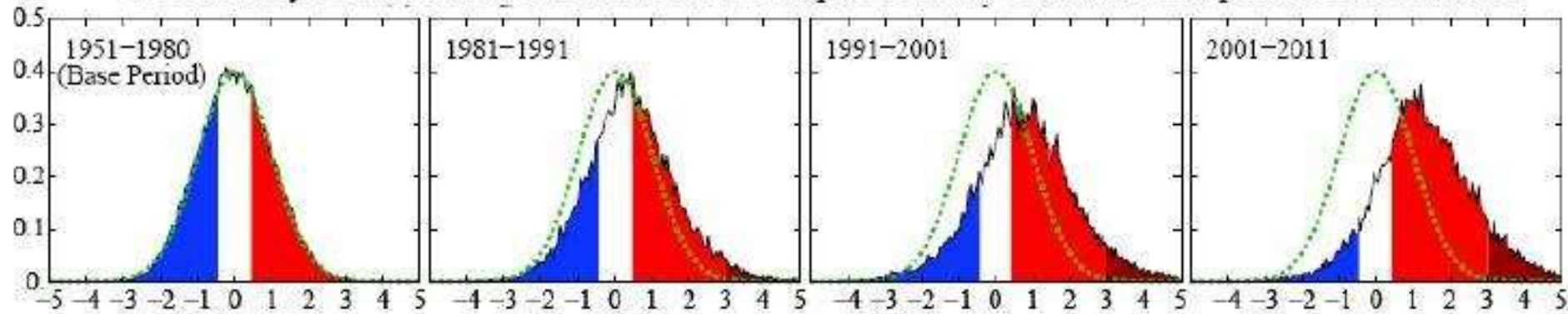




Häufigkeitsverteilungen der Temperatur



Probability Distribution of Northern Hemisphere Land Summer Temperature Anomalies

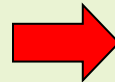




Veränderungsdynamik

Was wird sich ändern?

- Temperatur (Luft, Boden, Wasser)
- Länge der Vegetationsperiode
- Niederschlagsmenge
- Niederschlagsverteilung
- Sonnenscheindauer
- Bewölkung
- Witterungsverlauf/Extreme
- Meeresspiegel
- pH-Wert der Meere
- Eisbedeckung
- Verwitterungsrate
- Zersetzungsrate
- etc.



Was wird sich nicht ändern?

- geographische Lage
- Jahreszeitenwechsel
- Tageslänge



Das zukünftige Klima in Deutschland kann im Mittel zwar dem heutigen Mittelmeerklima entsprechen, aber nicht hinsichtlich des Wettergeschehens!

Biotische Faktoren im Klimawandel

Ministerium für Landwirtschaft
und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen





Reaktionsspektrum - biotischer Faktoren

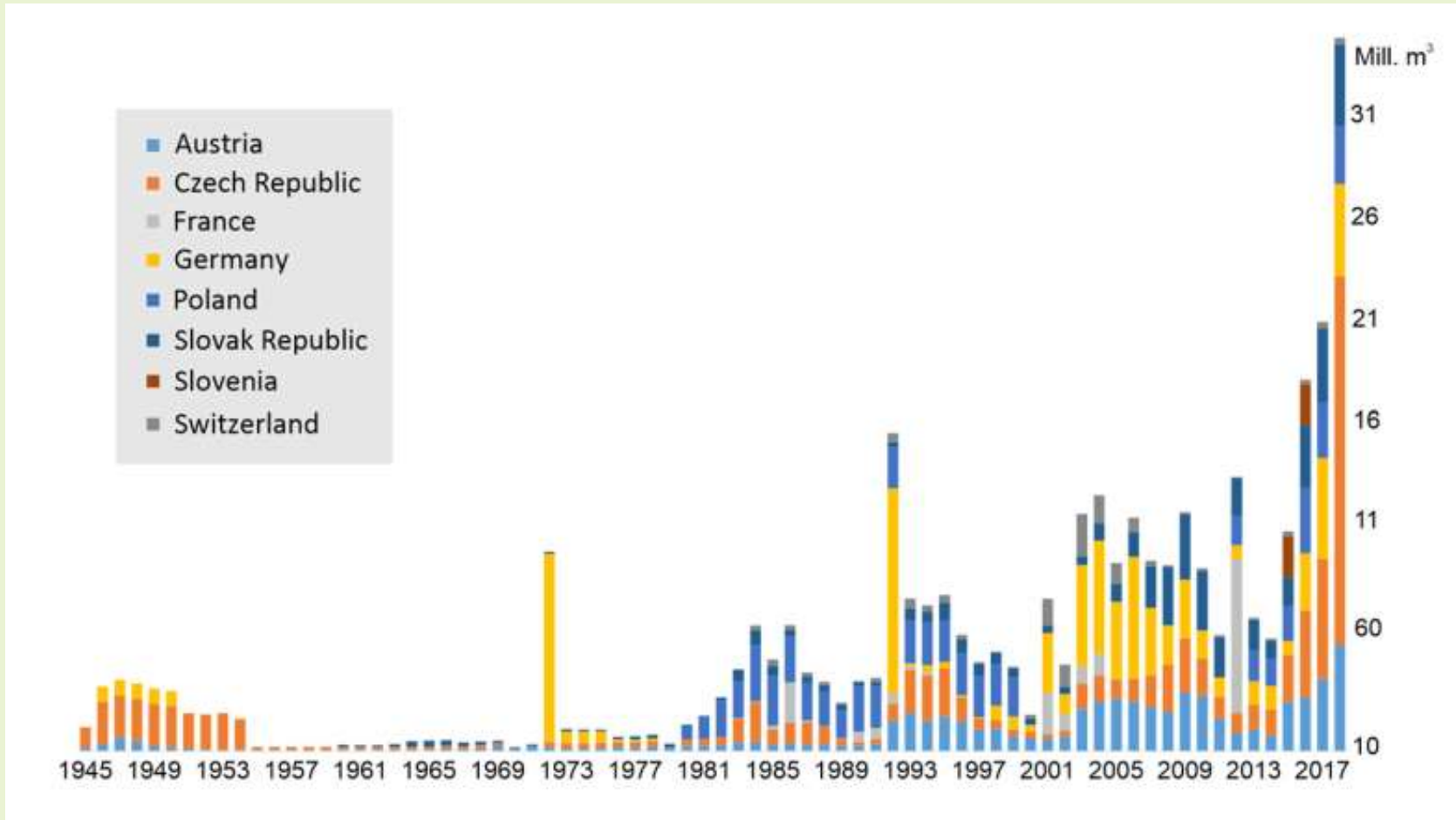
1. Änderung der Verbreitungsgebiete
(Migration – z.B. *Dendrolimus sibiricus*)
2. Ausweitung der Massenwechselgebiete
(z.B. Eichenprozessionsspinner, Gebirgs-Fichtenblattwespe)
3. Schnellere Generationsfolge / erhöhtes Vermehrungspotential
(direkte Adaption – z.B. Buchdrucker)
4. Erweiterung des Wirtsspektrums
(indirekte Adaption – z.B. heimische Borkenkäfer an Douglasie)
5. Veränderung der Aggressivität / Synökologischer Kontext (positiv/negativ)
(z.B. Koinzidenz mit Wirtspflanzen oder Antagonisten)
6. Auftreten invasiver Arten

Fazit:

- es gibt keine Baumart ohne Risiken
- schnelle Anpassung, Zunahme des Waldschutzrisikos!
- komplexe, multikausale Schadbilder durch positive Rückkopplung abiotischer und biotischer Faktoren

Fichten-Schadholzanfall

in ausgewählten europäischen Staaten (1945 bis 2018)



(Quelle: Hlásny et al., 2021)

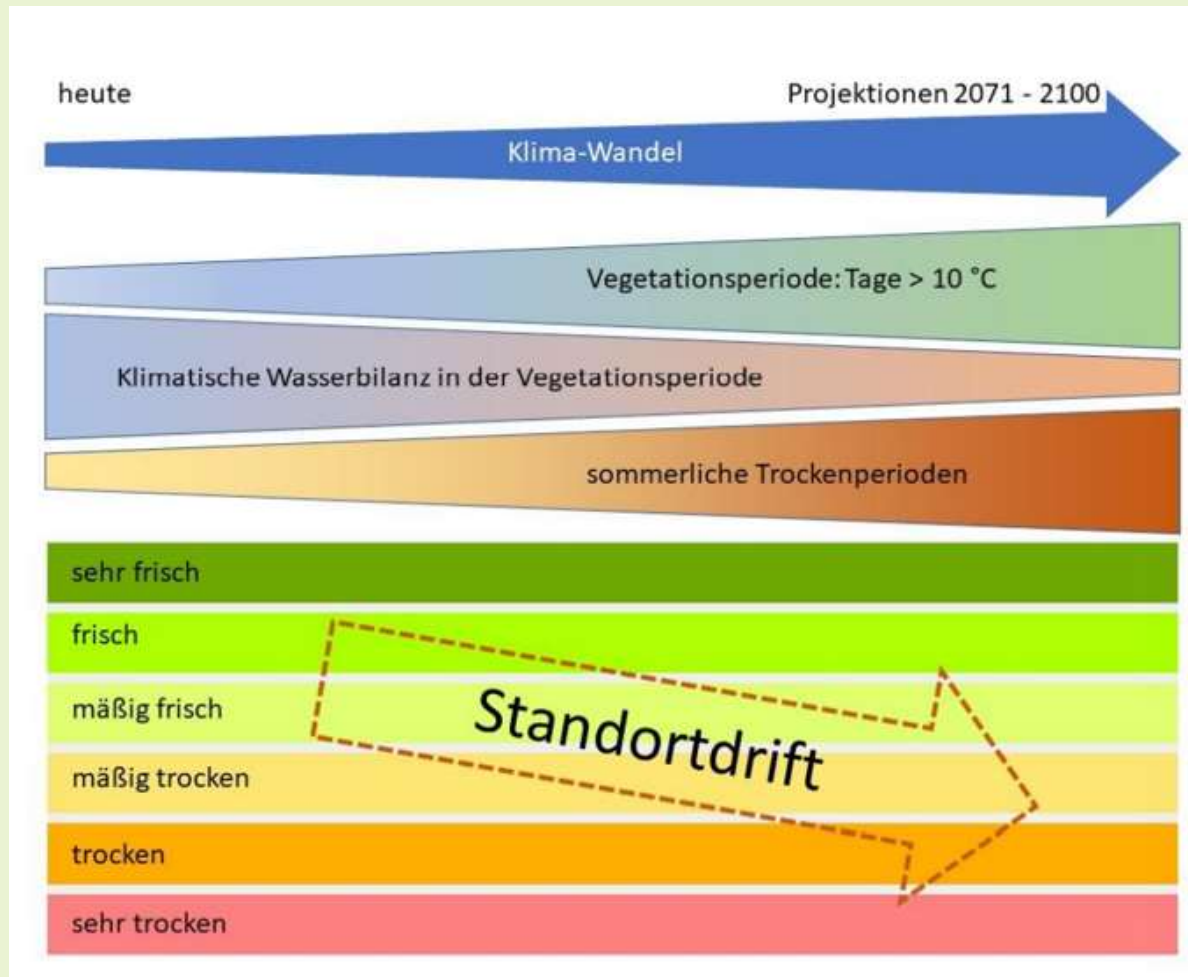


Folgen des Klimawandels für den Wald:

- Die natürliche Zusammensetzung der Waldgesellschaften ist vorwiegend klimatisch bedingt. In Folge des anthropogen verursachten Klimawandels ist daher mit schwersten Störungen der Biocönose zu rechnen.
- Extreme Witterungsereignisse werden extremer, damit auch die „natürlichen“ abiotischen Störungsereignisse!
- Ökologische Beziehungen kollabieren – auch in naturnahen Wäldern! (s. Henkel et al., 2022)
- Schadorganismen reagieren am schnellsten, da sie direkt (schnellere Entwicklung, geringere Mortalität) und indirekt (Schwächung der Wirtspflanzen) gefördert werden.
- Ökosystemare Neubewertung der Waldökosysteme und der sie bewirtschaftenden Forstwirtschaft durch einheimische und invasive Schadorganismen – dynamische Anpassungsprozesse führen zu immer neuen Systemzuständen bis sich das Klima stabilisiert.
- Walderhalt als prioritäres Ziel wird schwieriger.
- Gewissheit der Klimaxgesellschaft oder der pnV ist hinfällig.



Veränderung des Standorts (Standortdrift) im Klimawandel



(Quelle: Schulte-Kellinghaus und Weller, unveröffentlicht)



Baumarten in Abhängigkeit vom Standort

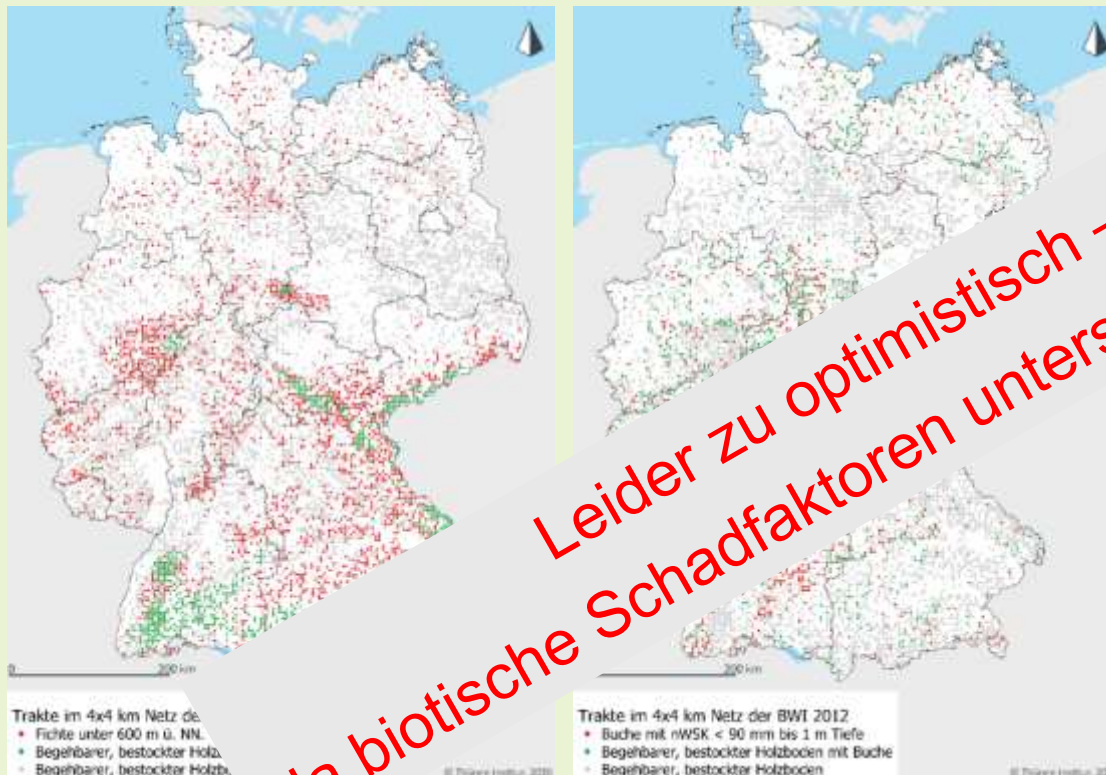
STANDORTS-CHARAKTER	ALLGEMEIN	ZONAL			EXTRA-ZONAL				AZONAL								
	KURZ-BEZEICHNUNG	SAND S	LEHM L	KALK K	SCHATT- HANG		SONN- HANG		FLUSSAUE		DÜNE	BRUCH	MOR	SEE			
Ausgangs-gesteine		Sand (Silikatarm) Sandstein u.a.	Löß Moräne Silikat-gesteine	Kalkstein Dolomit	S L K		S L K		Aue-lehm bis Fein-sand	Aue-sand, Kies	Flug-sand	(Torf)	(Torf)	(Wasser)			
Reife Bodentypen		stark saure Braunerde	Parabr-u Braunerde	Rendzina	S	L	K	S	L	Vega	Paternia	Podsol	Carr	Fen	Hochmoor	Nieder-moor	ol mes eu
Humusform unter Laubwald		Moder	Mull	Mull	Mod	Mull	Mod	Mull	Mull	Mull	Mör	Mor	Br-torf				ol mes eu
HÖHENSTUFE		subalpin	Fi	AhFi Bu	AhBu	Fi	(Fi)AhBu		Grün-erle		Fi	TaFi					
mon-tan		TaFi Bi	(a)Bu	(Ta)Bu	Fi	Bu	(Fi)Ta	(Ta)Bu	(Esche)	Grün-erle		(Bi)	TaFi	Berg-kie			
sub-montan		Ei Bu	(Ei)Bu	Bu	Bu	TaBu	(Kie) Ei Bu		(Esche) Ei	Weil	Ei	(Kie)Schwarz-erle	(Kie) (Bi)				
collin-planar		Bu Ei	Ei Bu	(a)Bu	Bu	Li u.a. (Bu)	(Kie) Submedit. Ei-Mischw.		(Ulm) Ei	Weil	Ei	(Kie) (Bi) Schwarz-erle	(Kie) (Bi)				
HÖHENSTUFE		montan	(Bu)(Ta)Fi	(a)TaFi	(Fi)TaBu	Fi	(Kie)TaFi		Fi (Esche)	Grau-erle		(Kie) Fi	Fi	Fi Berg-kie			
sub-montan		BuKie	KieFiEiBu	EiBu	Fi Kie	FiTaBu	Kie Ei	Kie Ei	(Esche) Ei	Weil	(Ei)Kie	(Bi) (Bi) (Fi) Schwarz-erle	Kie				
collin-planar		(Ei)Kie	Li Ei Hb	Ei Hb	(Bu) Ei	(Bu) Fi Hb	Kie kontin. Ei-Mischw.		(Ulm) Ei	Weil	Kie	(Bi) (Bi) Kie Schwarz-erle	Kie				

Ah=Bergahorn, Bi=Moorbirke, Bu=Rotbuche, Ei=Eichen, Fi=Fichte, Kie=Waldkiefer, Hb=Hainbuche, Li=Linden, Ta=Weißtanne, Weil=Weiden

KLIMAWÄNDEL?



Risikostandorte von Fichte und Buche



Leider zu optimistisch – da biotische Schadfaktoren unterschätzt werden!

Flächen und Der... ... **von Risikostandorten**

Tab. 1: Flächen ... von Risikostandorten mit führender Baumart Fichte (Fichten-Typ) und ... Buche (Buchen-Typ) mit einer maximal nutzbaren Boden ... in Deutschland. Die Prozentangaben beziehen sich ... mit Buchen-Typ.

	Fichte-Typ	Buchen-Typ
...	2.228.038	622.526
...	69,9 %	34,4 %
...	884.218	220.286
...	68,3 %	33,6 %

Notwendige Umbaufläche bis 2050:

95.000 ha pro Jahr
(derzeit: 22.000 ha)

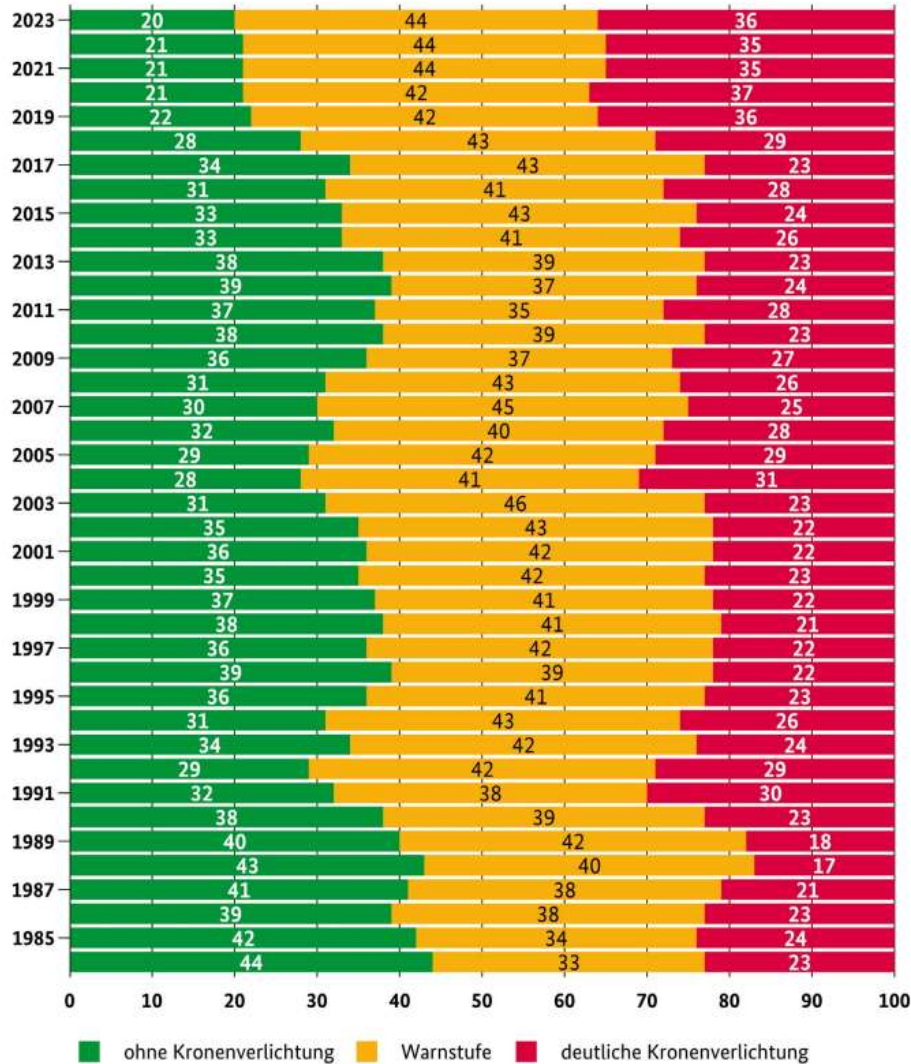
Kosten bis 2050:

13 bis 43 Milliarden €

Quelle: Bolte et al. (2021)



Waldzustand 2023

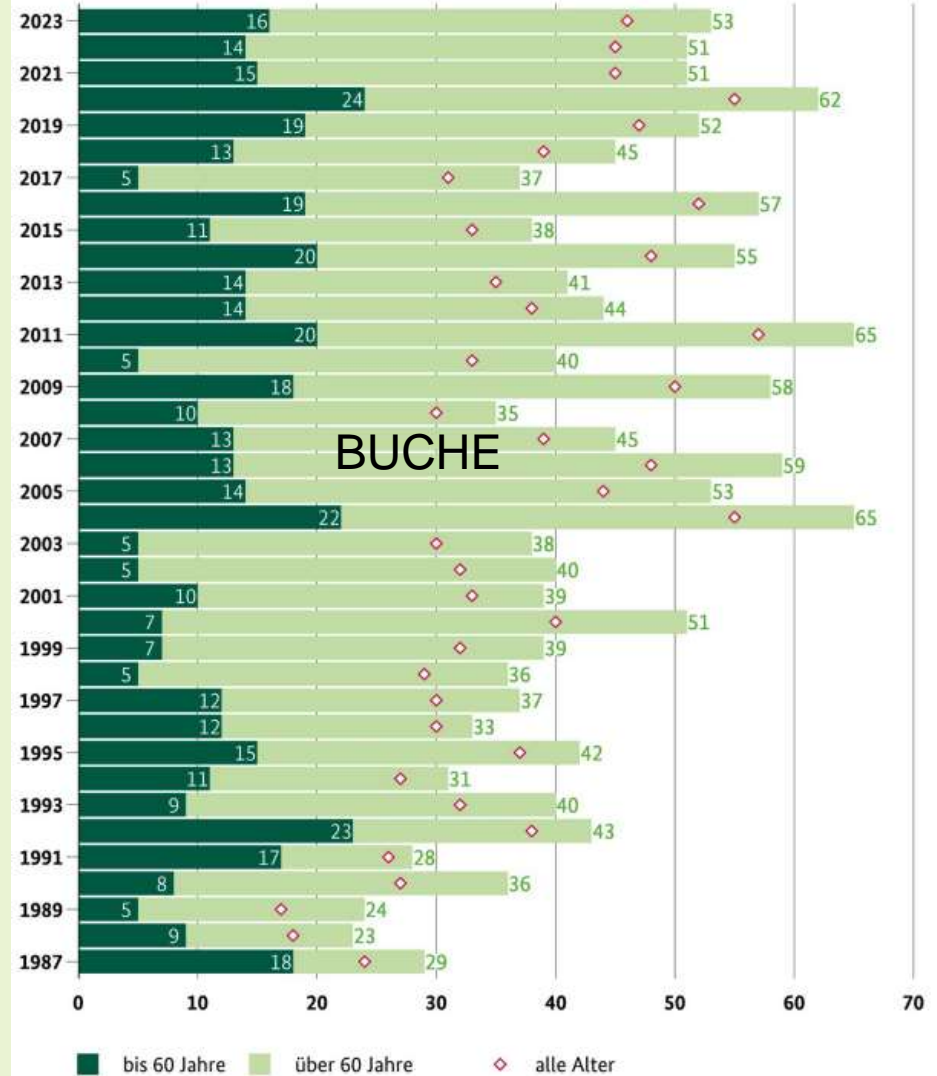
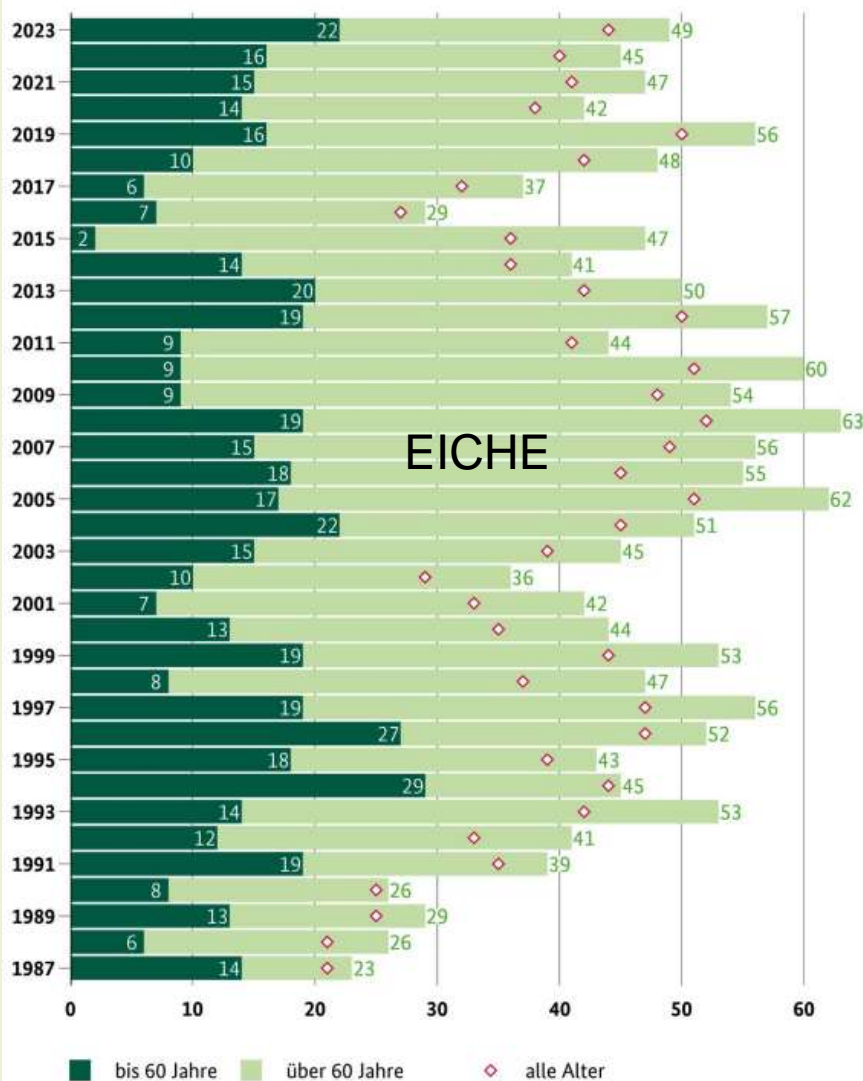


ALLE BAUMARTEN

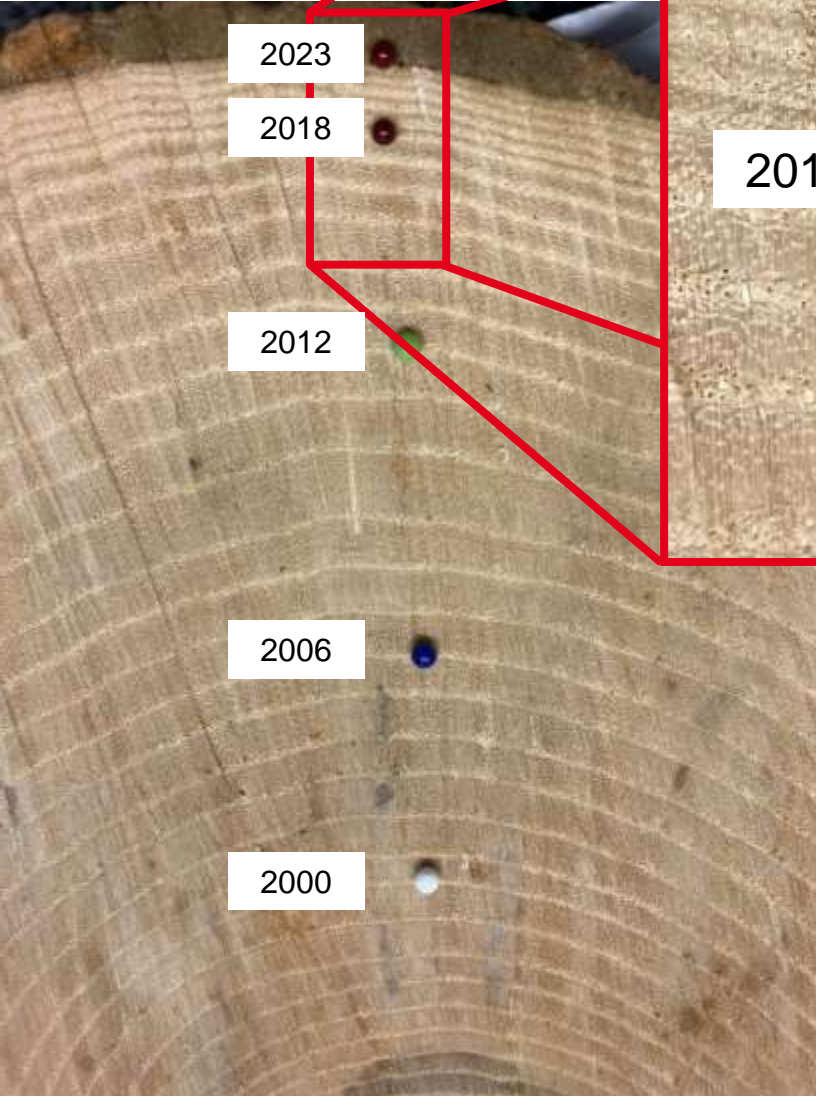
– Entwicklung der Schadstufen seit 1984



Einfluss des Alters auf den Waldzustand (Anteil der deutlichen Kronenverlichtungen nach Altersgruppen)



Waldzustand 2023



Zuwachs einer ca. 40 jährigen Esche
→ Zuwachs als Vitalitätsmaß
→ Zuwachsdpression 2018 – 2023

Schadorganismen und Waldschutz im Klimawandel



„Die zunehmende Häufigkeit von klimatischen Extremen kann für die Existenz von einzelnen Arten... zum limitierenden Faktor werden, bevor die durchschnittlichen Klimabedingungen den Bereich ihrer ökologischen Varianz verlassen“ (Ibisch, 2006).“

Schadereignisse können als „Selbstregelung des Waldes“ gegen „die Unnatur der Forsten“ verstanden werden (Friedrichs, 1938).

Um das Waldschutzrisiko zu minimieren, müssen Wälder „den natürlichen Gegebenheiten des jeweiligen Standorts entsprechen“ (Schimitschek, 1964).

Standortdrift: Naturnähe wird im Klimawandel zunehmend relativ.

Der Waldspeicher „verliert allerdings seine Wirksamkeit mit dem fortschreitenden Klimawandel, der die Gesundheit der Wälder beeinträchtigt und schließlich droht durch deren Kollaps gewaltige **Rückkopplungskohlenstoffbomben** zu zünden“ (Ibisch, 2006).



Primat des Möglichen und Nötigen

Klimaschutzaspekt?

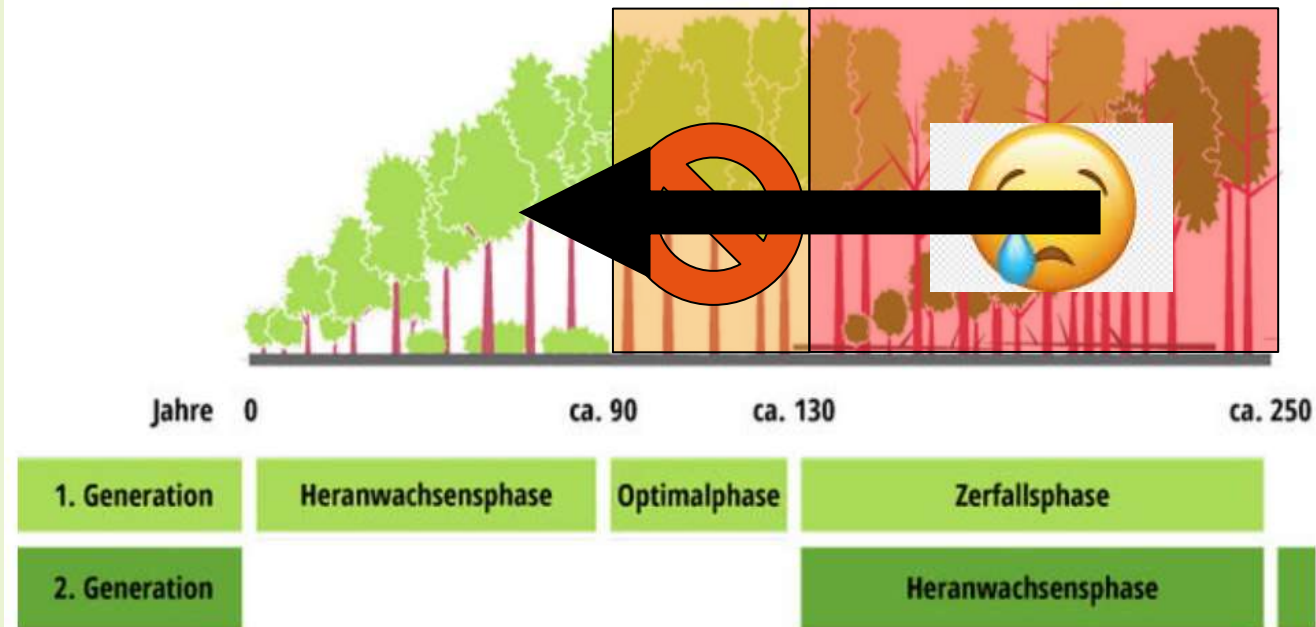
Idee: "Einstellung der Holznutzung"

Waldentwicklungsphasen eines Buchen(ur)waldes – „Das Karpaten-Narrativ“

„Wir stoppen den Einschlag in alten, naturnahen Buchenwäldern in öffentlichem Besitz.“
(Koalitionsvertrag 2021-2025, Zeile 1219)

- Wald wird im Klimawandel nicht alt
- CO₂-Waldspeicher ist labil
- Förderung der Epigenetischen Anpassung gelingt nur durch ständige Verjüngung.

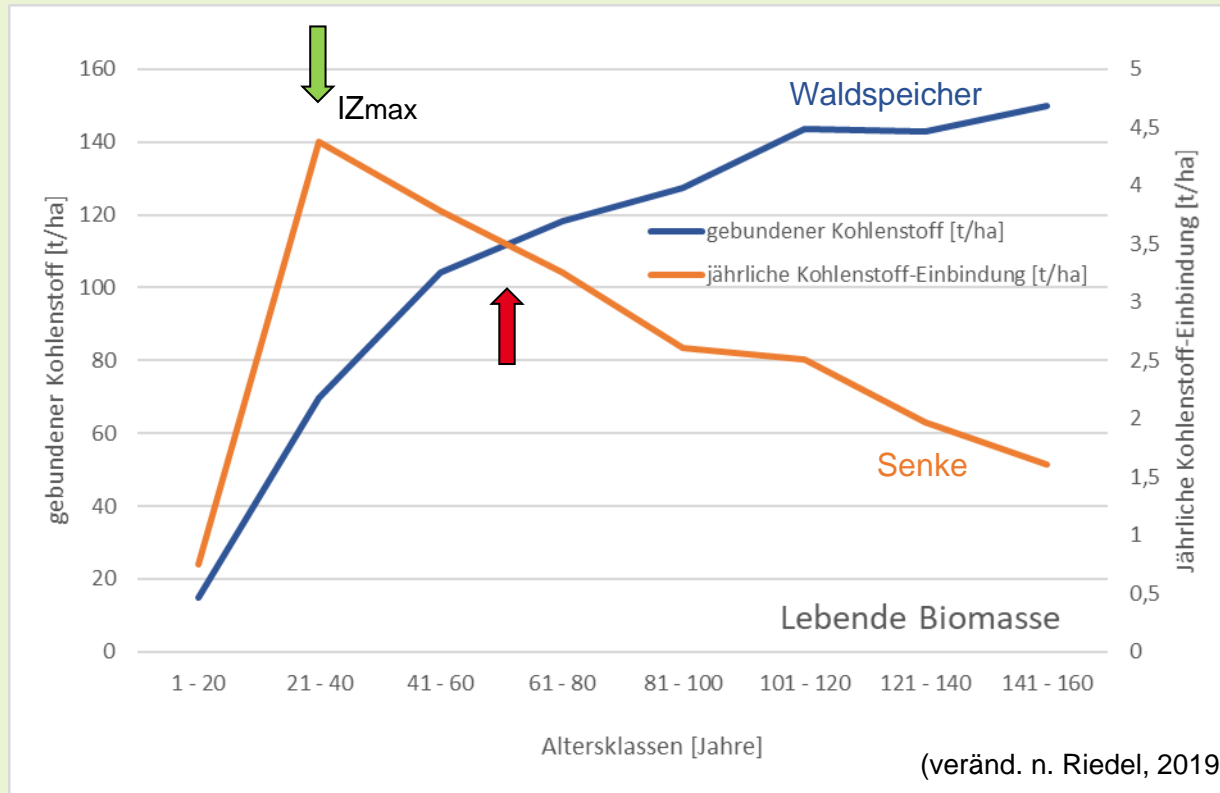
Problem: physiologisches und numerisches Alter fallen im Klimawandel zunehmend auseinander.



(Quelle: veränd. n. Korpel, 1995)



Herausforderung Klimaschutz



- Nutzung aller Speicher und Substitutionsleistung bei Holzverwendung
- Optimierung des Wald- und Waldbodenspeichers
- Maximierung des Holzproduktespeichers (Holzbau)



Naturnaher Waldbau im Klimawandel

Handlungsprinzipien zur Minimierung des Waldschutzrisikos:

1. Erhöhung der Baumartenvielfalt
2. Erhöhung der Strukturvielfalt
3. Erhöhung der genetischen Vielfalt
4. Erhöhung der Stabilität der Einzelbäume
5. Reduktion der Umtriebszeit/ Zieldurchmesser mit dem Ziel einer vorzeitigen Verjüngung

Zielvorstellung:

**Nachhaltig, multifunktional bewirtschafteter, klimaanpassungsfähiger
Dauermischwald aus standortgerechten Baumarten mit möglichst
hoher CO₂-Senkenleistung und mit angepasstem Wildbestand.**



Herausforderung Klimaanpassung



Strukturreiche Dauermischwälder als Lösung

„... wissen wir, wie das (der Dauerwald) geht,
nicht durch Verzicht auf Nutzung, sondern sogar
mit steigender Nutzung.“

(W. Bode und R. Kant, 2021)

„Das Holz muss geerntet werden
als die Frucht des Waldes, der
Wald aber muss bleiben.“

(Alfred Möller, 1922)





Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!