

# Klimaschutz durch naturnahen Waldbau

Eine Analyse und Quantifizierung der Klimawirkungen  
nachhaltiger Waldwirtschaft

Roland Irslinger



# Agenda

- Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft ist CO<sub>2</sub>-neutral!
- Welchen Waldbau wollen wir?
- Wald als Senke - Speicher - Quelle
- Was passiert mit dem geernteten Holz?
- Holz substituiert fossile Energie!
- Klimaschutzleistung des Waldes in Deutschland
- Einschlagstopp ist kein Klimaschutz!

# Besser für's Klima - Waldwildnis oder Wirtschaftswald?



## Naturnaher Waldbaubetrieb

Lensahn, Schleswig Holstein

## Zerfallsphase

## im Naturschutzwald

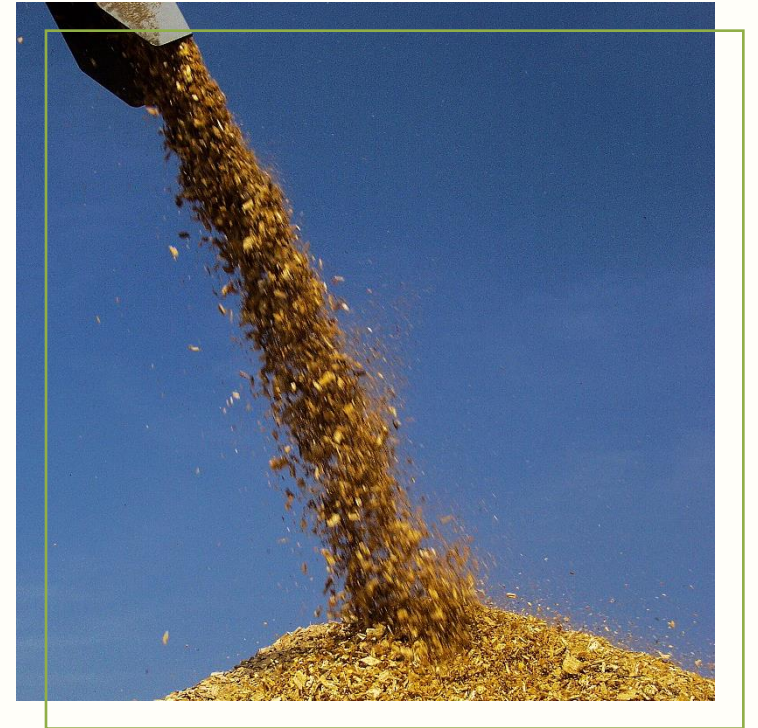
Nutzungsverzicht seit 150 Jahren

Heilige Hallen, Mecklenburg




# Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft ist CO<sub>2</sub>-neutral \*

Bei konstant hohem Holzvorrat ist Holz ein klimaneutraler Brennstoff, nicht, weil es beim Verbrennen dieselbe Menge an CO<sub>2</sub> freisetzt, die es zum Wachstum benötigt hat, sondern weil die Menge an CO<sub>2</sub>, die beim Verbrennen freigesetzt wird, bei nachhaltiger Waldwirtschaft unmittelbar wieder gebunden ist.



\* abzgl. fossiler Aufwendung der Bereitstellung

# Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft ist CO<sub>2</sub>-neutral \*



Die geringe Energiedichte des Holzes ist unerheblich,  
Holz ist **nicht** die **neue Braunkohle**,  
weil Holz Teil des globalen  
biosphärisch-atmosphärischen C-Kreislaufs ist!

Spezifische Emission (Kg CO<sub>2</sub>/kWh)

Erdgas	0,20
Braunkohle	0,35
Holz	0,35

\* abzgl. fossiler Aufwendung der Bereitstellung



# Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft ist CO<sub>2</sub>-neutral \*



Nachhaltige Waldwirtschaft regelt die Konkurrenz zwischen den Bäumen

Bewirtschaftete Wälder haben einen höheren Zuwachs als unbewirtschaftete

Es gibt bei nachhaltiger Waldwirtschaft **keine** Kohlenstoffschuld, weil Holz unmittelbar nachwächst!

\* abzgl. fossiler Aufwendung der Bereitstellung

# Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft schont Ressourcen

1 kWh aus Windenergie benötigt den  
200-fachen Ressourceneinsatz (Stahl, Beton) im  
Vergleich zu 1 kWh Energie aus Holz!





**Senke**  
Flussgröße



**Speicher**  
Zustandsgröße

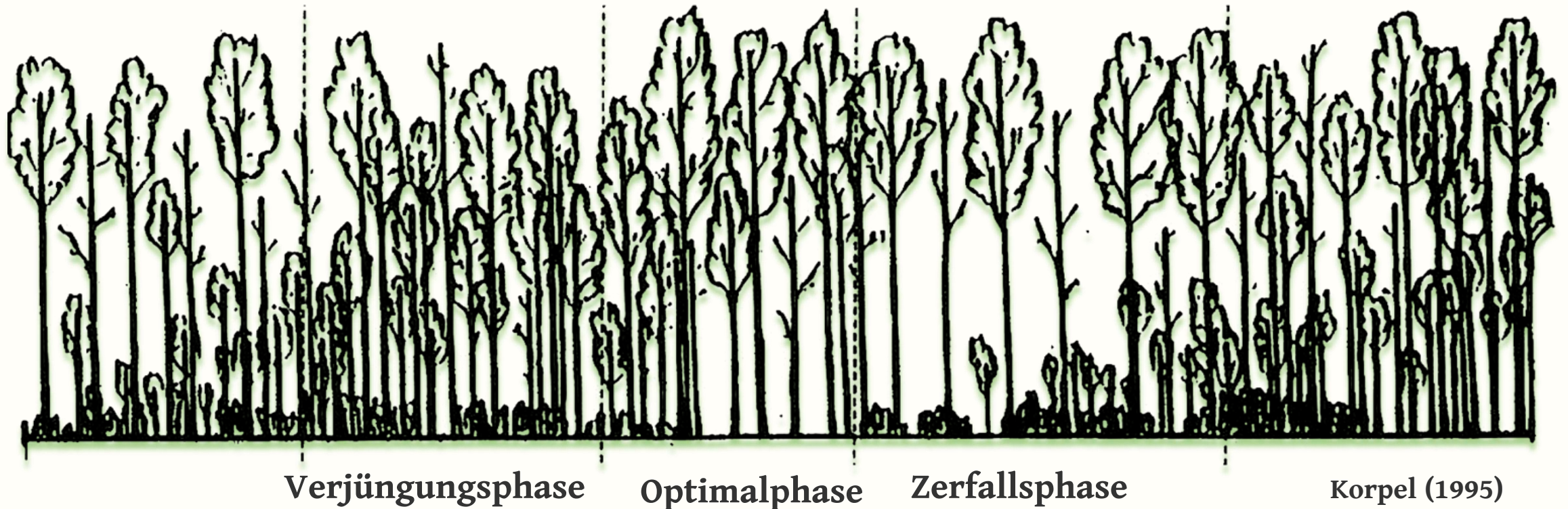


**Quelle**  
Flussgröße



# Senke - Speicher - Quelle im Buchen-Primärwald

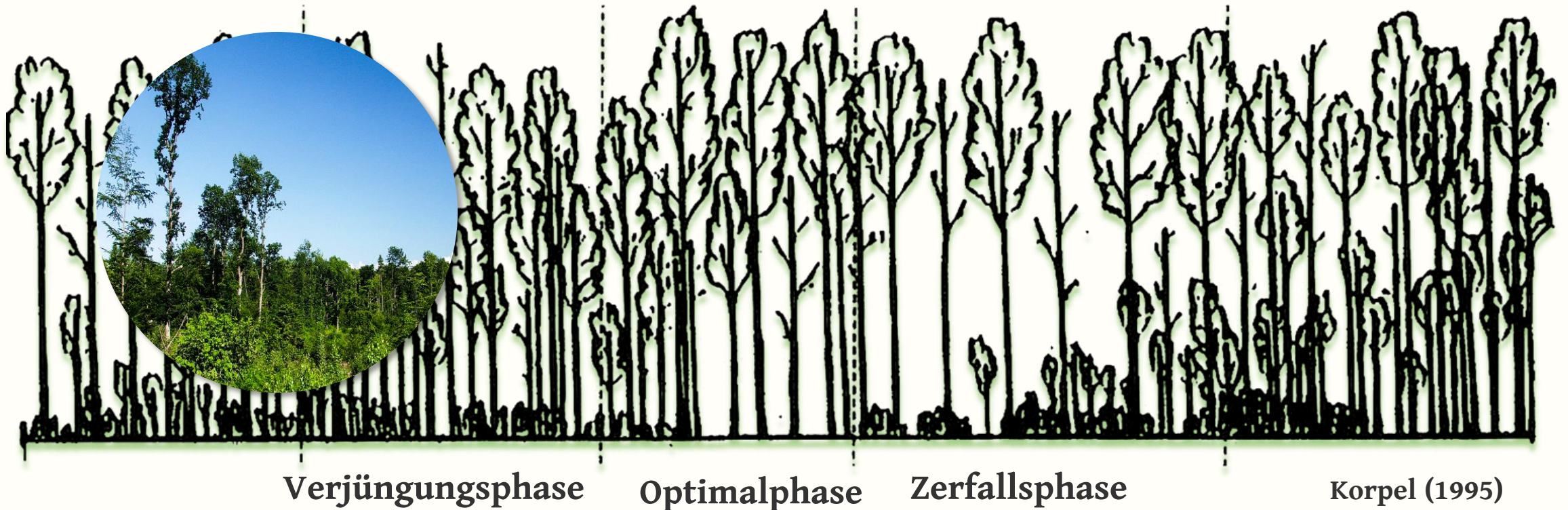
230 Jahre



# Senke - Speicher - Quelle im Buchen-Primärwald

230 Jahre

Senke:  
Speicher wird größer



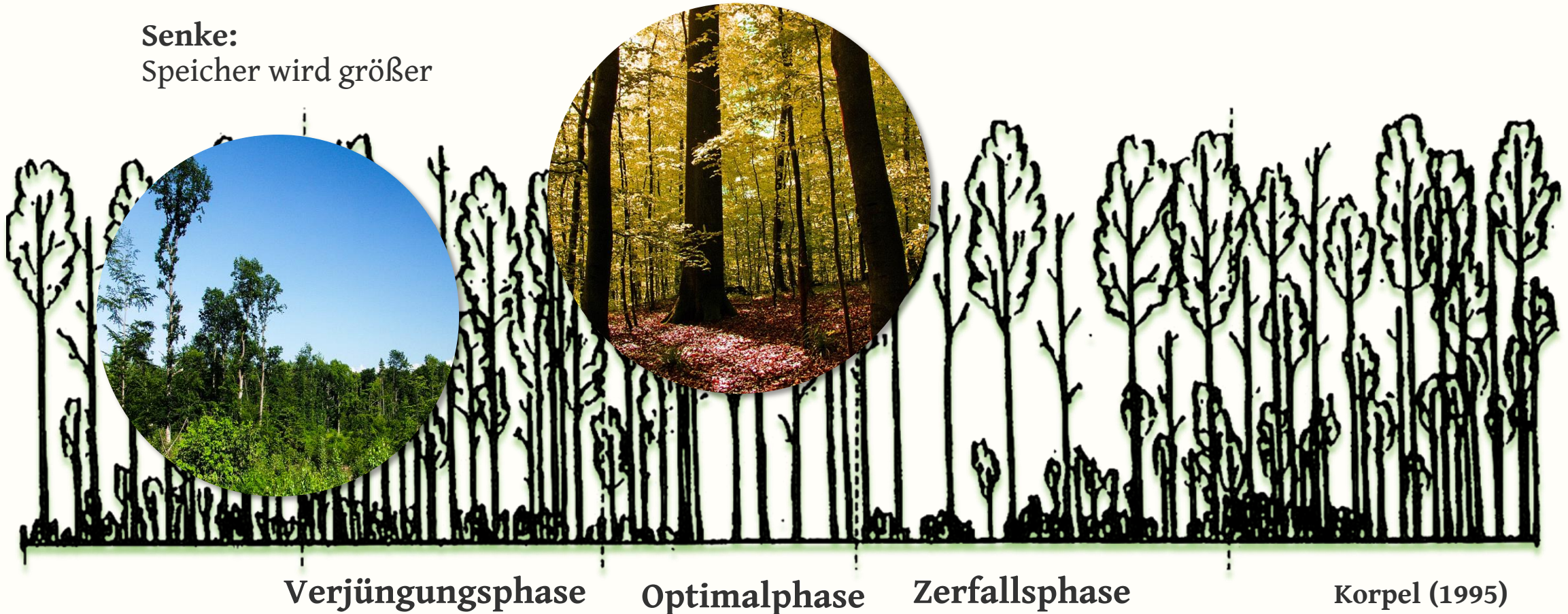


# Senke - Speicher - Quelle im Buchen-Primärwald

Speicher:  
maximaler Holzvorrat

230 Jahre

Senke:  
Speicher wird größer





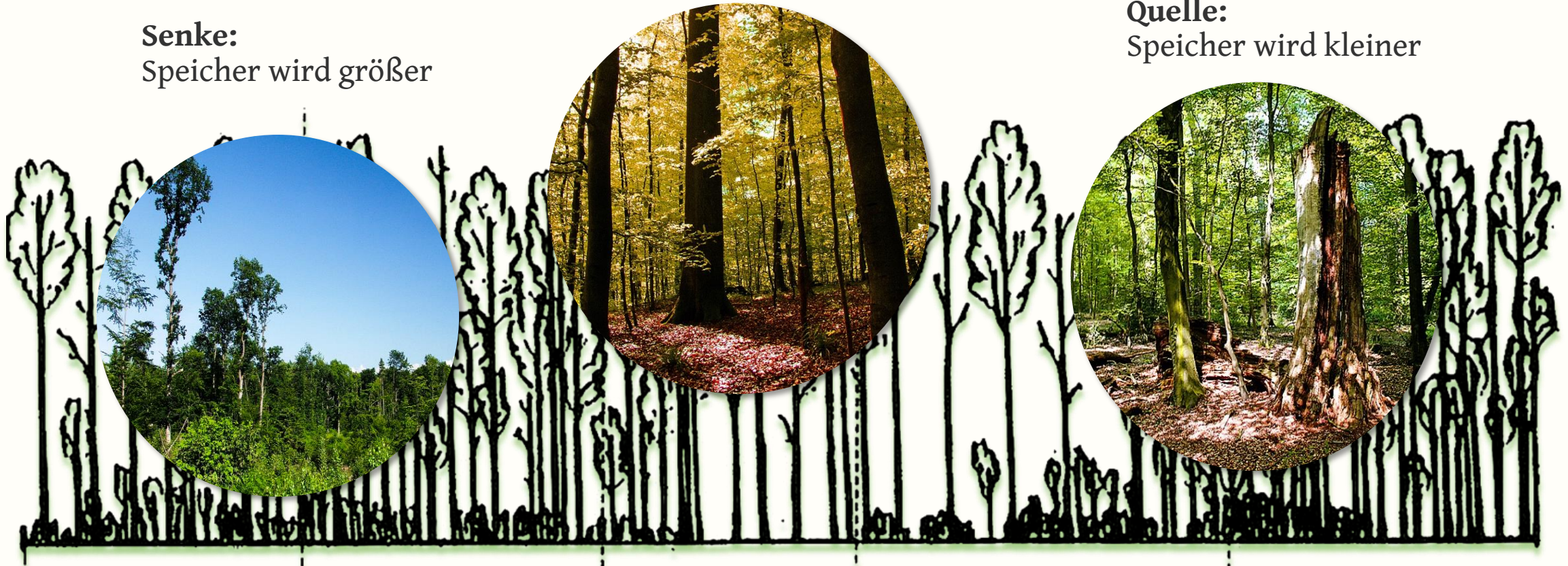
# Senke - Speicher - Quelle im Buchen-Primärwald

Speicher:  
maximaler Holzvorrat

230 Jahre

Senke:  
Speicher wird größer

Quelle:  
Speicher wird kleiner



Verjüngungsphase

Optimalphase

Zerfallsphase

Korpel (1995)



# Was passiert mit dem geernteten Holz?

Koppelprodukt Holz:  
alle Sortimente fallen  
gleichzeitig an!

30%

Waldrestholz  
(Brennholz):  
energetische Verwertung

60%

Stoffliche Verwertung  
(möglichst  
hoher Anteil)

davon

50%

Verschnitt:  
energetische Verwertung,  
tlw. Weiterverwertung

10%

Ernterückstände:  
Verrottung im Wald  
→ Totholz



## Daraus folgt

**60%**

Zeitnahe  
energetische Verwertung  
(Waldrestholz+  
Verschnitt)

**10%**

Ernterückstände:  
Verrottung im Wald  
→ Totholz

**30%**

Stoffliche Verwertung,  
dann energetische  
Verwertung nach  
1 - 2 Jahrzehnten

Abbauraten  
(Halbwertszeiten)  
von Totholz und  
Produkten sind  
ähnlich

Nicht-Derbholz  
bleibt zusätzlich  
im Wald →  
Totholz



## Das Ziel

# 90%

Energetische  
Verwertung nach  
Kaskadennutzung  
(Waldrestholz+  
Verschnitt+Altholz)

# 10%

Ernterückstände:  
Verrottung im Wald  
→ Totholz

Nicht-Derbholz  
bleibt zusätzlich  
im Wald →  
Totholz



# Substitution fossiler Energie durch Holznutzung



## Stoffliche Substitution

Ersatz fossiler Energieträger  
durch Holz bei der  
Produktherstellung

1,2 - 2,1 tC/tC\*

\* Einsparung an fossilem C im Verhältnis zum C der eingesetzten Biomasse, abhängig vom jeweiligen Energiemix



# Substitution fossiler Energie durch Holznutzung



## Energetische Substitution

Ersatz fossiler Energieträger durch energetische Verwertung von Holz

**0,67 tC/tC\***

\* Einsparung an fossilem C im Verhältnis zum C der eingesetzten Biomasse, abhängig vom jeweiligen Energiemix



# Substitution fossiler Energie durch Holznutzung



## Stoffliche Substitution

Ersatz fossiler Energieträger durch Holz bei der Produktherstellung

**1,50 tC/tC**



## Energetische Substitution

Ersatz fossiler Energieträger durch energetische Verwertung von Holz

**0,67 tC/tC**

---

## Summe

**Substitution** bei energetischer Nutzung nach einmaliger stofflicher Nutzung (**Kaskadennutzung**)

**2,17 tC/tC**



# Substitution fossiler Energie durch Holznutzung



## Stoffliche Substitution

30% der Holzernte ( $0,917 \cdot 0,3 \cdot 1,5$ )

**0,413 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**



## Energetische Substitution

90 % der Holzernte ( $0,917 \cdot 0,9 \cdot 0,67$ )

**0,553 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**

---

**Substitution durch Holznutzung insgesamt**

**0,966 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**

**Bindung durch Waldwachstum**

**0,917 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**



# Bilanzierung der Klimaschutzwirkung von Wald



**Waldspeicher inkl. Boden**

**0,25 tC/m<sup>3</sup>**



**Holzproduktspeicher**

**0,25 tC/m<sup>3</sup>**



**Stoffliche Substitution**

**1,5 tC/tC\***



**Energetische Substitution**

**0,67 tC/tC\***

\* Einsparung an fossilem C im Verhältnis zum C der Biomasse, abhängig vom jeweiligen Energiemix



# Jährliche Klimaschutzwirkung des Waldes in Deutschland\*



**Zunahme des Waldspeichers**  
15 Mio. m<sup>3</sup> nicht geerntetes Derbholz

**14 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**



**Zunahme des Holzproduktspeichers**

**3 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**



**Stoffliche Substitution**  
75 Mio. m<sup>3</sup> geerntetes Derbholz \* 0,413

**31 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**



**Energetische Substitution bei 75 Mio. m<sup>3</sup>**  
75 Mio. m<sup>3</sup> geerntetes Derbholz \* 0,553

**42 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**



**Speicherung im Waldboden**

**30 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**

**Summe**

**120 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**

**Szenario: Jährlicher Zuwachs: 90 Mio m<sup>3</sup>, davon bleiben 15 Mio m<sup>3</sup> im Wald (Vorratserhöhung), 75 m<sup>3</sup> werden geerntet.**



# Waldspeicher im Buchen-Wirtschaftswald

230 Jahre

Speicher bleibt dauerhaft  
auf gleicher Höhe

Speicher bleibt dauerhaft  
auf gleicher Höhe



Holzernte  
14% des Stoffumsatzes

Verjüngung

Verjüngungsphase

Optimalphase

[Zerfallsphase] → Totholz, Habitatbäume



# Senken vs. Vermeidung auf Landschaftsebene in Deutschland

## Naturschutzwald

Holzvorrat auf konstant hohem Niveau

## Naturnaher Wirtschaftswald

Holzvorrat auf konstant hohem Niveau





# Senken vs. Vermeidung auf Landschaftsebene in Deutschland

## Naturschutzwald

Holzvorrat auf konstant hohem Niveau

## Naturnaher Wirtschaftswald

Holzvorrat auf konstant hohem Niveau

Steigendes  
Risiko!

Bindung von jährlich  
**40 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**

davon 10 Mio t  
temporär!

davon 30 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq im  
Humus des Waldbodens

Vermeidung von jährlich  
**120 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq**  
permanent!

Bindung durch Waldwachstum **0,917 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>** Vermeidung durch Substitution: **0,966 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**

# Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft baut Humus auf

## **Intension des Gebäudeenergiegesetz-Entwurfes:**

Ersatz von Holzheizungen durch Wärmepumpen soll Wald-Humus aufbauen!?

Wärmepumpe emittiert die 8-fache Menge an CO<sub>2</sub> im Vergleich zu einer Holzheizung (157 gCO<sub>2</sub>/kWh zu 20 gCO<sub>2</sub>/kWh)

Bei vollständigem Ersatz aller Holzheizungen nach und nach wären dies 50 Mio t zusätzliche fossile CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2045\*

Davon würde nur ein Bruchteil zusätzlich im Boden gespeichert!

Humusanreicherung wird auch bei Business as usual erreicht!



**\* Bei Berücksichtigung eines Strommix, der 2045 Null CO<sub>2</sub> emittiert**



# Einschlagstopp ist kein Klimaschutz

Bewirtschafteter Wald

Naturschutzwald

Einschlagstopp

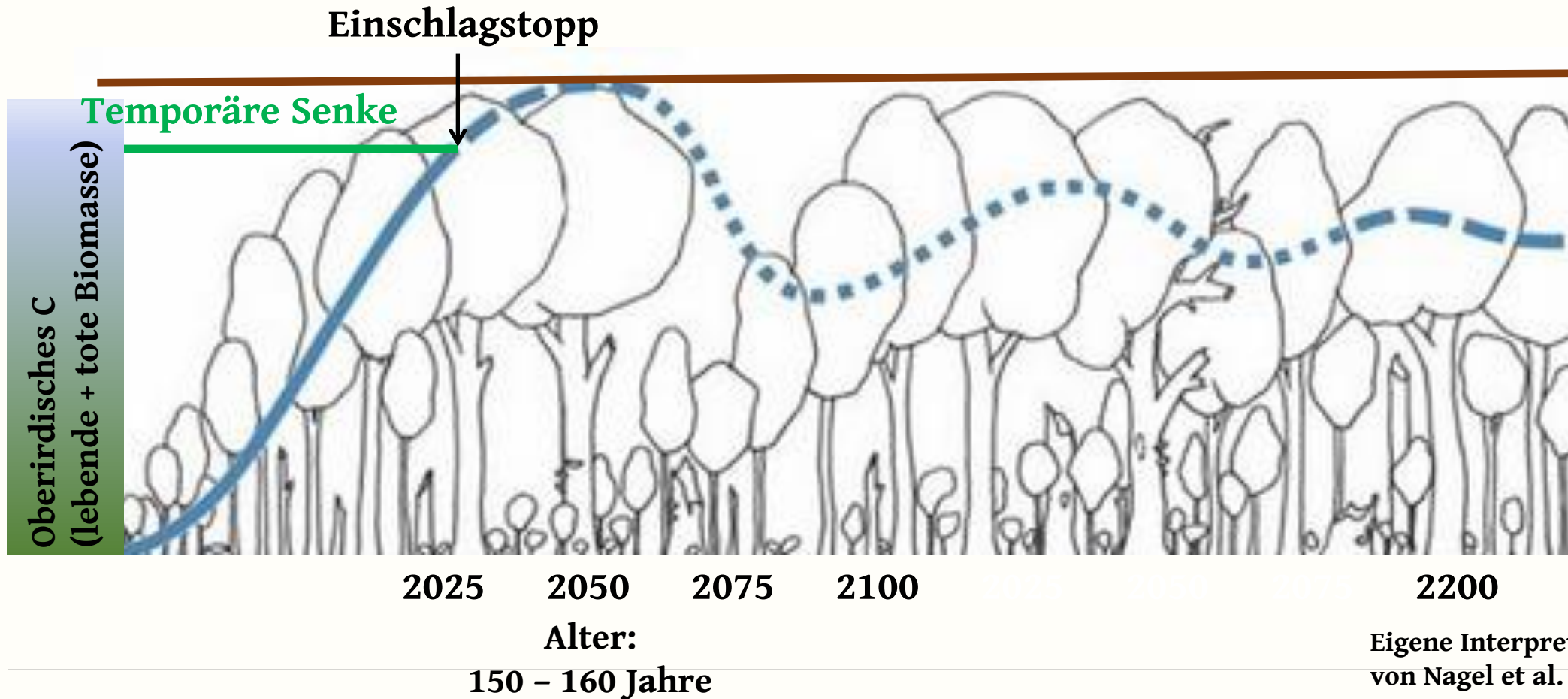


Nagel et al. 2023

# Einschlagstopp ist kein Klimaschutz

Bewirtschafteter Wald

Naturschutzwald

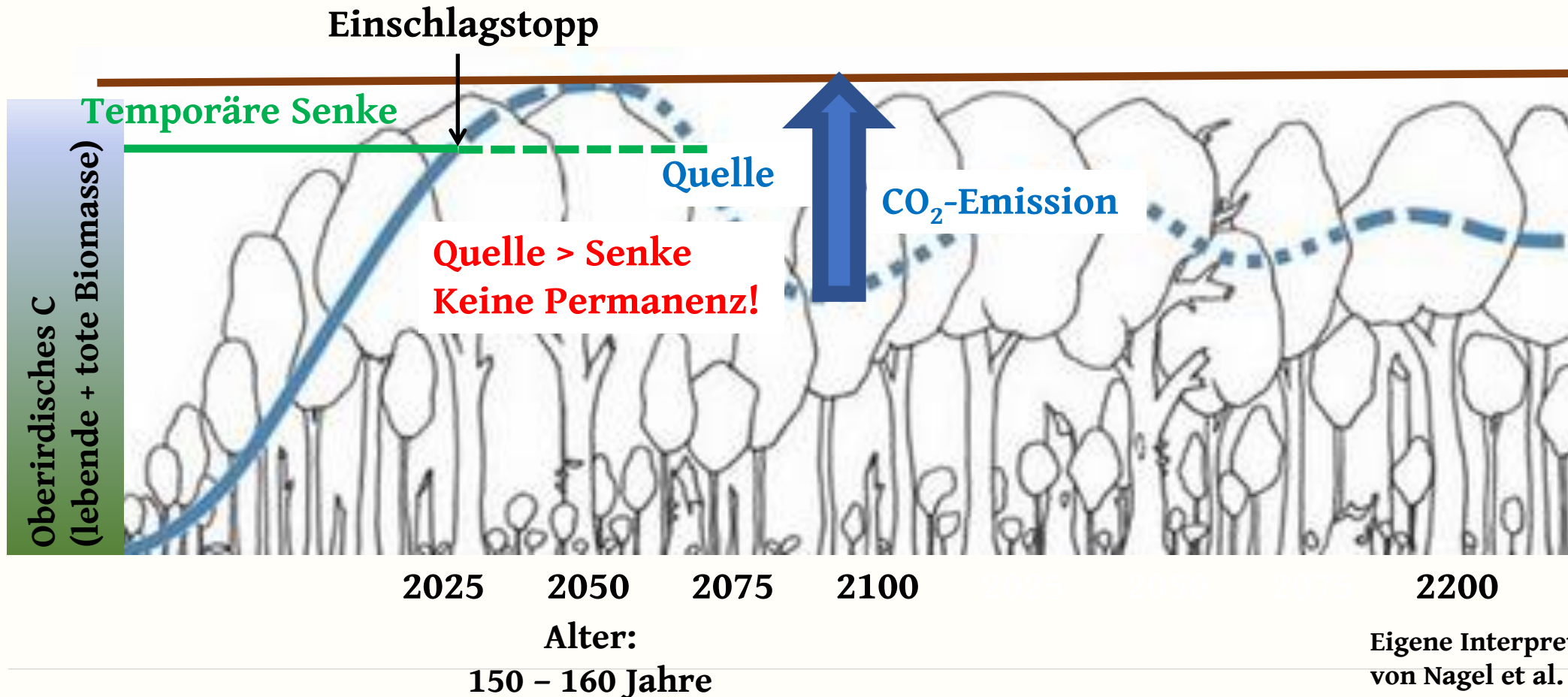




# Einschlagstopp ist kein Klimaschutz

Bewirtschafteter Wald

Naturschutzwald

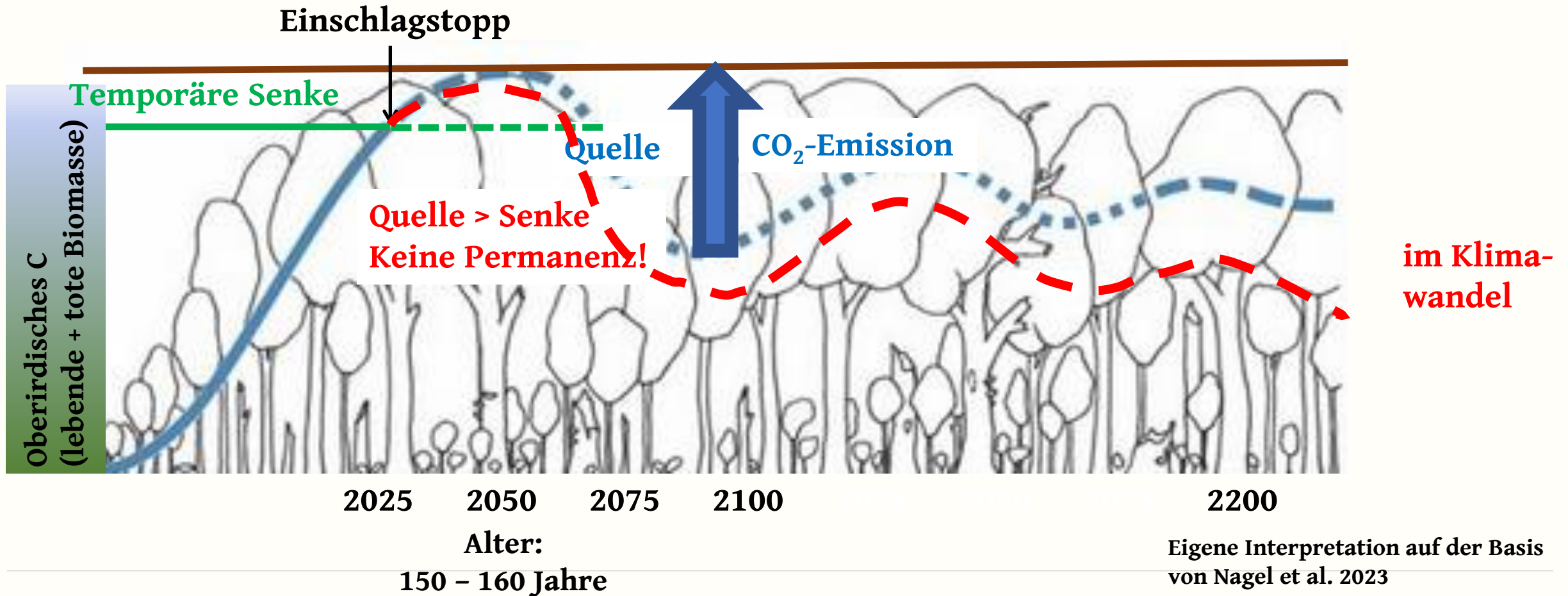


Eigene Interpretation auf der Basis von Nagel et al. 2023

# Einschlagstopp ist kein Klimaschutz

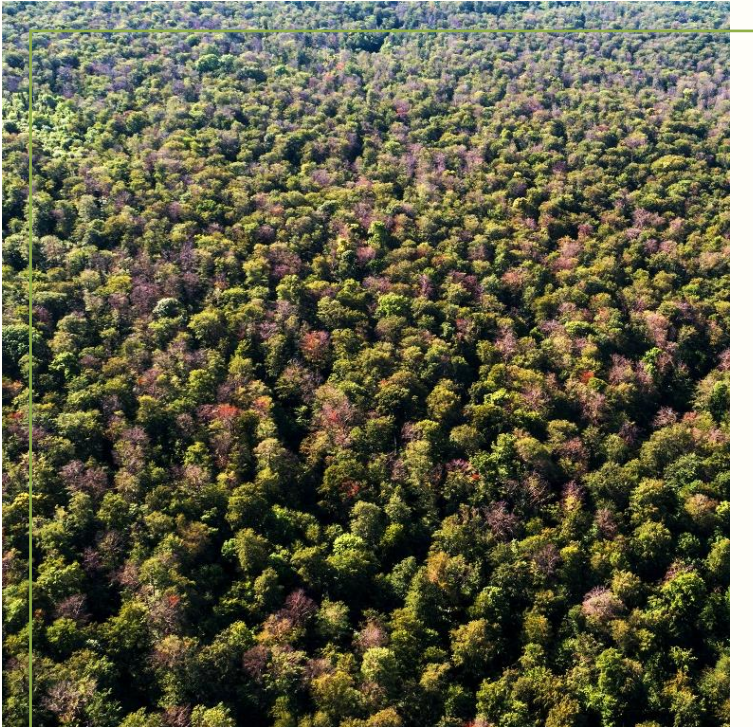
Bewirtschafteter Wald

Naturschutzwald





# Sind Naturschutzwälder im Klimawandel stabiler als naturnah bewirtschaftete Wälder?

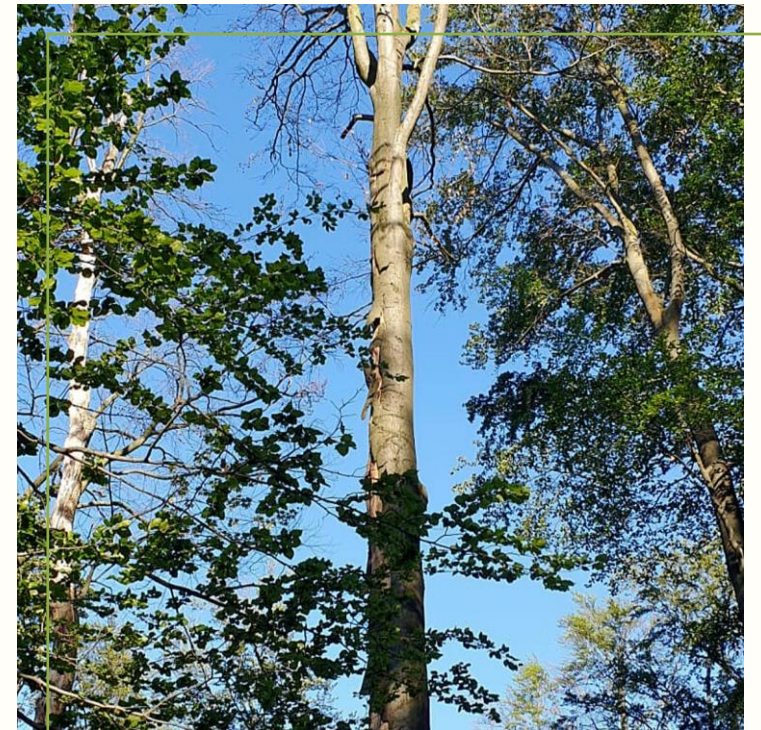


HESE, S. (Uni Jena 2019)



Nein

**Hainich und Heilige Hallen**  
Naturschutzwald seit 1870/1900



Fritzlar, D. (2019)



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Sie können mich gerne kontaktieren

[irslinger@gmx.de](mailto:irslinger@gmx.de)

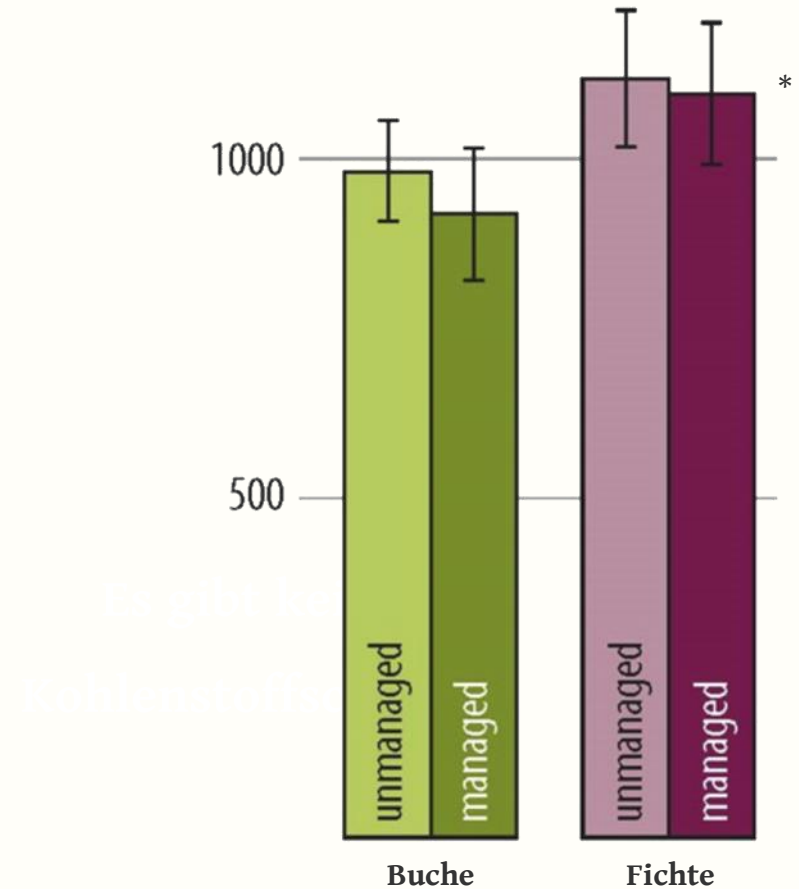


# Holzvorräte im Vergleich

Maximale Holzvorräte bewirtschafteter und unbewirtschafteter Buchen- und Fichtenwälder (Vfm/ha)



Es gibt **keine** Kohlenstoffschuld!



\* nach Schulze et al. 2021

# Berechnung der Substitution durch Ernte von 1 m<sup>3</sup> Holz

1 m<sup>3</sup> Holz enthält 0,25 t C = 0,917 t CO<sub>2</sub>

1 t C bildet beim Verbrennen 44/12 t CO<sub>2</sub> = 3,667 t CO<sub>2</sub>

**Substitution [t CO<sub>2</sub>-eq]**

**10 % Verrottung**

$$0,1 * 0,917 * 0,00 = 0,0$$

**60 % energetische Verwertung**

$$0,6 * 0,917 * 0,67 = 0,369$$

**30 % stoffliche, dann energetische Verwertung**

$$0,3 * 0,917 * 2,17 = 0,597$$

---

**Summe Substitution je m<sup>3</sup> Holz**

**0,966**

[Atomgewicht C = 12; Atomgewicht Sauerstoff = 16; Molekulargewicht CO<sub>2</sub> = 44]



# Der Waldspeicher

- 1 m<sup>3</sup> Holz = **0,25 t Kohlenstoff (C)**
- 1 Kg Kohlenstoff entspricht **3,667 kg Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)**  
(Verhältnis der Atomgewichte: CO<sub>2</sub> : C = 44 : 12 = 3,667)
- 1 m<sup>3</sup> Holz bindet **0,917 t CO<sub>2</sub>**
- Derbholzvorrat in Deutschland: **358 m<sup>3</sup>** pro Hektar,  
dies entspricht 90 t C bzw. 330 t CO<sub>2</sub> pro Hektar
- Waldfläche in Deutschland **10,8 Mio. Hektar**,  
dies entspricht 972 Mio. t C bzw. 3,6 Milliarden t CO<sub>2</sub>
- Gesamter Waldspeicher **2,6 Mrd. t C bzw. 9,5 Mrd. t CO<sub>2</sub>**  
(einschl. Nicht-Derbholz, Wurzeln, Humus, Totholz)

Derbholz: > 7 cm Durchmesser

# Literaturhinweise

## Literaturhinweise Bioenergie und Substitution

- Churkina G et al. 2020 Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability* 3: 269–276.
- Irslinger, R. 2023: Einschlagstopp ist kein Klimaschutz. In *AFZ-DerWald*, 3:35-38. Irslinger R 2022a Waldlandschaften in der Klimakrise : Risikopatient und Problemlöser zugleich. *Artenschutzreport* 46:26-52.
- Irslinger R 2022 Waldlandschaften für Klimaschutz : Fossile Emissionen vermeiden, anstatt sie in Wäldern zu speichern. In: Bemann, A.; Irslinger, R.; Anders, K. (Hrsg.): *Vom Glück der Ressource : Wald und Forstwirtschaft im 21. Jahrhundert*. München, oekom Verlag:175-191.
- Irslinger R 2021b Fossile Emissionen vermeiden, anstatt sie in Wäldern zu speichern : Erwiderung auf LUICK und GROSSMANN in *AFZ-DerWald* 19/2021, „Urwälder und alte Wälder im Kontext des Klimaschutzes“. In *AFZ-DerWald*, 21:39-42.
- Irslinger R 2021a Waldwildnis ist der falsche Weg. In: *topagrar* 50 (10):48-50.
- Kuittinen M, Zernicke C, Slabik S, Hafner A 2021: How can carbon be stored in the built environment? A review of potential options, *Architectural Science Review*.
- Nagel R, Meyer P, Blaschke M, Feldmann E (2023): Strict forest protection : A meaningful contribution to Climate-Smart Forestry? An evaluation of temporal trends in the carbon balance of unmanaged forests in Germany. *Front. For. Glob. Change* 6:1099558.
- Schulze ED , Bouriaud O , Irslinger R , Valentini R 2022: The role of wood-harvest from sustainably managed forests in the carbon cycle. In: *Annals of Forest Science* 79(17):13 pp.
- Schulze ED, Rock J, Kroihner F, Egenolf V, Wellbrock N, Irslinger R, Bolte A, Spellmann H 2021 Klimaschutz mit Wald : Speicherung von Kohlenstoff im Ökosystem und Substitution fossiler Brennstoffe. *Biol Unserer Zeit* 51(1):46-54.
- Schulze ED, Sierra C, Egenolf V, Woerdehoff R, Irslinger R, Baldamus C, Stupak I, Spellmann H 2020 The climate change mitigation effect of bioenergy from sustainably managed forests in Central Europe. *Global Change Biology-Bioenergy* 12(3):1-12.



# Literaturhinweise

## Literaturhinweise Waldökologie und Naturschutz

- Aggestam F, Konczal A, Sotirov M, Wallin I, Paillet Y, Spinelli R, Lindner M, Derks J, Hanewinkel M, Winkel G 2020 Can nature conservation and wood production be reconciled in managed forests? A review of driving factors for integrated forest management in Europe. *Journal of Environmental Management* 268.
- Cowie AL, Berndes G, Bentsen NS, Brandão M, Cherubini F, Egnell G, George B, Gustavsson L, Hanewinkel M, Harris ZM, Johnsson F, Junginger M, Kline KL, Koponen K, Koppejan J, Kraxner F, Lamers P, Majer S, Marland E, Nabuurs GJ, Pelkmans L, Sathre R, Schaub M, Tattersall Smith Jr C, Soimakallio S, Van der Hilst F, Woods J, Ximenes FA 2021 Applying a science-based systems perspective to dispel misconceptions about climate effects of forest bioenergy. *GCB Bioenergy* 13:1210-1231. [<https://doi.org/10.1111/gcbb.12844>].
- Fahrig L 2020 Why do several small patches hold more species than few large patches? *Global Ecol Biogeogr.* 2020;00:1–14.
- Gundersen P, Thybring EE, Nord-Larsen T, Vesterdal L, Nadelhoffer KJ, Johannsen VK 2021 Old-growth forest carbon sinks overestimated. *Nature* vol 591, pp E21-E23.
- Nabuurs GJ, Delacote P, Ellison D, Hanewinkel M, Hetemäki L, Lindner M 2017 By 2050 the Mitigation Effects of EU Forests Could Nearly Double through Climate Smart Forestry. *Forests*, 8, pp 484-498.
- Sabatini FM, De Andrade RB, Paillet Y, Ódor P, Bouget C, Campagnaro T, Gosselin F, Janssen P, Mattioli W, Nascimbene J, Sitzia T, Kuemmerle T, Burrascano S 2019 Trade-offs between carbon stocks and biodiversity in European temperate forests. *Global Change Biology* 25, pp 536-548.
- Schall P, Heinrichs S, Ammer C, Ayasse M, Boch S, Buscot F, Fischer M, Goldmann K, Overmann J, Schulze ED, Sikorski J, Weisser WW, Wubet T, Gossner MM 2020 Can multi-taxa diversity in European beech forest landscapes be increased by combining different management systems? *J Appl Ecol.* 2020; 57 : 1363-1375.

# Literaturhinweise

## Literaturhinweise Waldökologie und Naturschutz

- Schulze ED, Ammer, C. 2015: Konflikte um eine nachhaltige Entwicklung der Biodiversität: Spannungsfeld Naturschutz und Forstwirtschaft. Biol Unserer Zeit 51(5): 304-314.
- Seibold S, Gossner MM, Simons NK, Blüthgen N, Müller J, Ambarli D, Ammer C, Bauhus J, Fischer M, Habel JC, Linsenmair KE, Nauss T, Penone C, Prati D, Schall P, Schulze ED, Vogt J, Wöllauer S, Weisser WW 2019 Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. Nature 574, pp 671-688.