



# Was macht Forstbetriebe resilient?

**Dr. Jasper Fuchs & Felix Möbius**

Waldökonomisches Seminar 2024

- **Zunehmende Störereignisse im Klimawandel**

(z.B. Seidl et al. 2014, *Nat. Clim. Change* 4; Senf & Seidl 2021, *Nat. Sustain.* 4; Sommerfeld et al. 2018, *Nat. Commun.* 9)

- **Kurzfristige Extremwetterereignisse mit hohem Schadpotential**

(z.B. Schuldt et al. 2020, *Basic Appl. Ecol.* 45; Buras et al. 2020, *Biogeosciences* 17; Bastos et al. 2021, *Earth Syst. Dynam.* 12)

- **Immense ökonomische Folgen für Forstbetriebe**

(z.B. Hanewinkel et al. 2013, *Nat. Clim. Change* 3; Möhring et al. 2021, *Holz.-Zentralbl.*; v. Arnim et al. 2021, *Austrian J. For. Sci.* 138)

- **Managementpotentiale zum Erhalt der Leistungsfähigkeit**

(z.B. Millar & Stephenson 2015, *Science* 349; Lindner et al. 2010, *Forest Ecol. Manag.* 259)



### Betroffen sind Betriebe

- Benachbarte Bestände fallen ggf. gleichzeitig aus
- Großräumige Kalamitäten mit Holzpreis negativ korreliert

# Aktueller Wissensstand: Resilienz



Tempels, B. 2016, Ghent University. Faculty of Engineering and Architecture ;  
InPlanning

- Sozial-ökologische Resilienz: „The **capacity of a system to absorb disturbance and reorganize** while undergoing change so as to still retain essentially the same function, structure and feedbacks, and therefore identity, that is, **the capacity to change in order to maintain the same identity.**” (Folke et al. 2010, Ecol. Soc. 15(4), 20, S. 3)

# Aktueller Wissensstand: Resilienz

- Vielzahl von Studien untersuchen Waldökosysteme
  - (siehe z.B. Nikinmaa et al. 2020, Curr. For. Rep. 6, 61-80)
- Operationalisierung der Resilienz von Wäldern als sozial-ökologischen Systemen
  - (siehe Lloret et al. 2024, Sustain. Sci. 19, 1579-1593), Nikinmaa et al. 2023, J. Environ. Manage. 331, 117039)
- Begrenzte Anzahl an Studien mit Fokus auf ökonomischen Aspekten
  - Bspw. zu verschiedenen Waldbewirtschaftungssystemen (Knoke et al. 2023, Environ. Resour. Econ. 84, 343-381)
- Meuwissen et al.: Resilienz von landwirtschaftlichen Betrieben bzw. Systemen (Meuwissen et al. 2019, Agric. Syst., 176, 102656)

→ Bisher nicht für Forstbetriebe



# Forschungsfragen

---

1. Wie kann die „ökonomische“ Resilienz von Forstbetrieben eingeschätzt werden?
2. Welche Indikatoren eignen sich zur Quantifizierung der „ökonomischen“ Resilienz von Forstbetrieben?
3. Was beeinflusst die „ökonomische“ Resilienz von Forstbetrieben?

# Einschätzung der Resilienz von Forstbetrieben

Sozial-ökologischer Ansatz von Meuwissen et al. (2019, Agric. Syst., 176, 102656)

- Resilienz von was?
  - Erwerbsforstbetrieben
  - Forst-Holz-Bereitstellungskette: Forstbetriebe, Forstliche Dienstleister, holzverarbeitende Industrie
- Resilienz gegenüber was?
  - Schocks
  - Langfristigen Stressfaktoren



Lloret et al. 2024, Sustain. Sci. 19, 1579-1593)

# Einschätzung der Resilienz von Forstbetrieben

Sozial-ökologischer Ansatz von Meuwissen et al. (2019, Agric. Syst., 176, 102656)

- Resilienz zu welchem Zweck?
  - Erhalt der Identität eines Forstbetriebs: Nachhaltige Waldbewirtschaftung und Holznutzung als Grundlage des wirtschaftlichen Erfolgs
- Fokus auf die ökonomische Funktion
  - „Financial solvency and long-term economic success are the cornerstones for the economic sustainability of forest enterprises.” (Möhring et al. 2018, Small-Scale For. 17, 25–40)

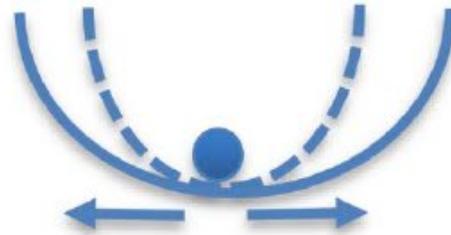
# Einschätzung der Resilienz von Forstbetrieben

Sozial-ökologischer Ansatz von Meuwissen et al. (2019, Agric. Syst., 176, 102656)

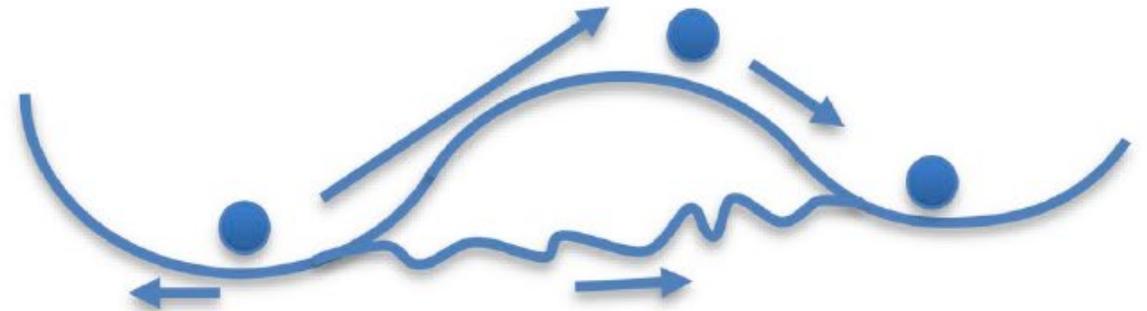
- Welche Resilienz Kapazitäten gibt es?



a. Robustness



b. Adaptability



c. Transformability

Based on Holling et al. (2002, Human and Natural Systems. Island Press), modified by Meuwissen et al. (2019, Agric. Syst., 176, 102656)

# Indikatoren zur Quantifizierung

- Für die Untersuchung von Hypothesen & eine Überführung in die Praxis wird ein Rahmenkonzept mit Indikatoren benötigt

(z.B. Nikinmaa et al. 2020, Curr. For. Rep. 6, 61-80)

- In Landwirtschaft: Ansatz zur Quantifizierung mittels Daten aus dem landwirtschaftlichen Testbetriebsnetz anhand der Resilienz Kapazitäten

(Slijper et al. 2022, Eur. Rev. Agric. Econ. 49 (1), 121-150; Meuwissen et al. 2019, Agric. Syst., 176, 102656)

- Mögliche Datenquelle für die Forstwirtschaft: TBN Forst / Betriebsvergleich Westfalen-Lippe

# Mögliche Indikatoren

## Widerstandsfähigkeit / Robustheit

<b>finanziell</b>	<b>kurzfristig</b>	<b>langfristig</b>
	Veränderung des Betriebsergebnisses Veränderung Holzertrag Veränderung DB I	„Waldwert“ (Knoke et al. 2023, Environ. Resour. Econ. 84, 343-381)
<b>natural</b>	<b>kurzfristig</b>	<b>langfristig</b>
	Holzeinschlag Differenz Nutzungssatz – tatsächlicher Einschlag	Holzvorrat & Flächendurchschnittsalter

# Mögliche Indikatoren

## Adaptation

<b>Waldbauliche Anpassung</b>	Waldbaukosten (Walderneuerung + Bestandespflege) Waldschutz
<b>Anpassung betriebsinterner Strukturen (Veränderung betrieblicher Input, Personalausstattung, Betriebsmittel)</b>	Betriebsaufwand Arbeitskräfte oder Veränderung der Arbeitskräfte Arbeitsstunden pro Hektar Verteilung der Arbeitsstunden/Kosten auf die verschiedenen Kostenstellen (Holzeinschlag, Walderneuerung, Waldpflege, Waldschutz, ...)
<b>Auslagerung von betrieblichen Prozessen (make or buy)</b>	Veränderung des Verhältnisses Eigenregie / Unternehmer / Stockverkauf

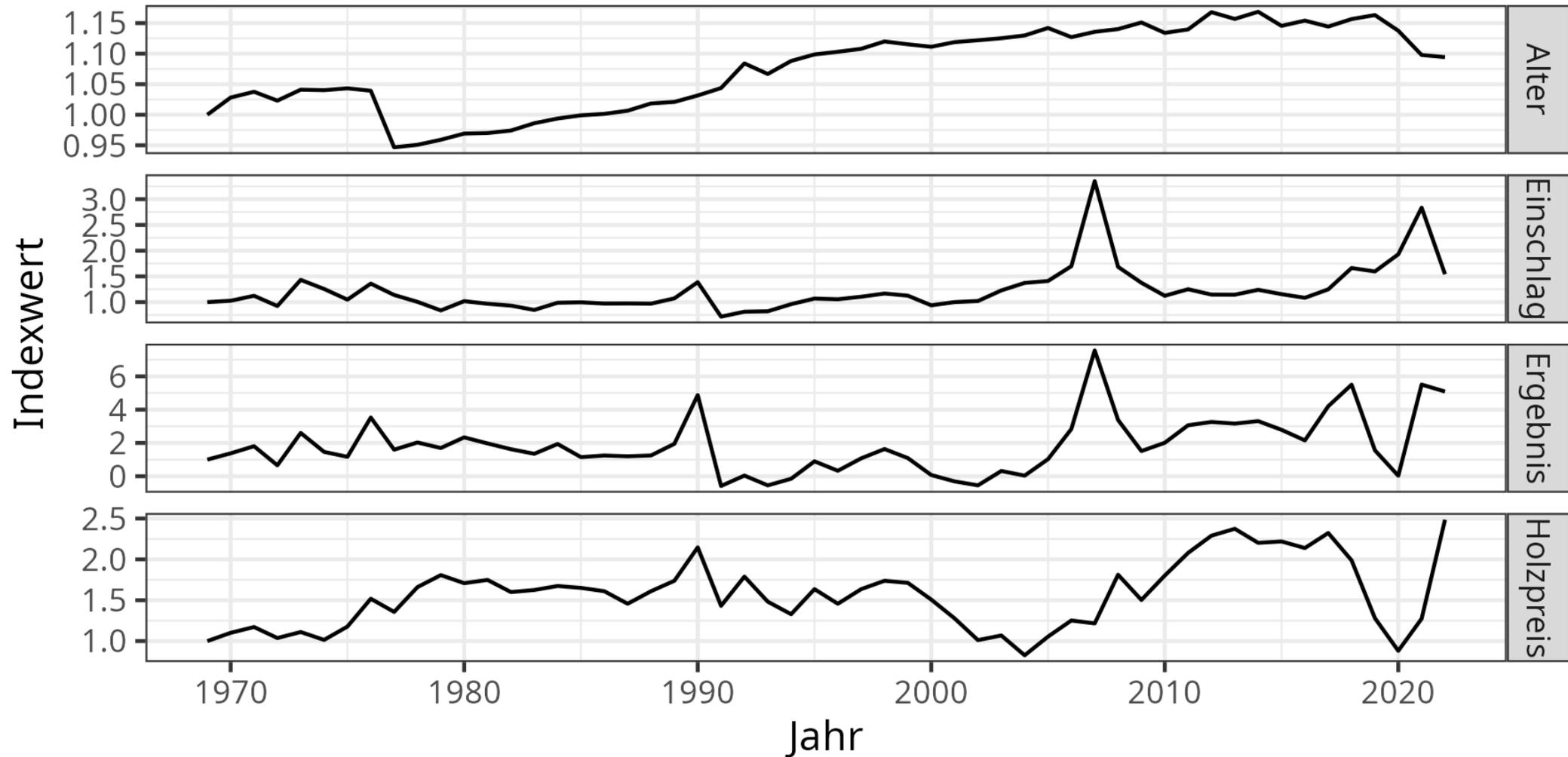
# Mögliche Indikatoren

## Transformation

Erträge jenseits der Holzproduktion (Anteil am Betriebsertrag)

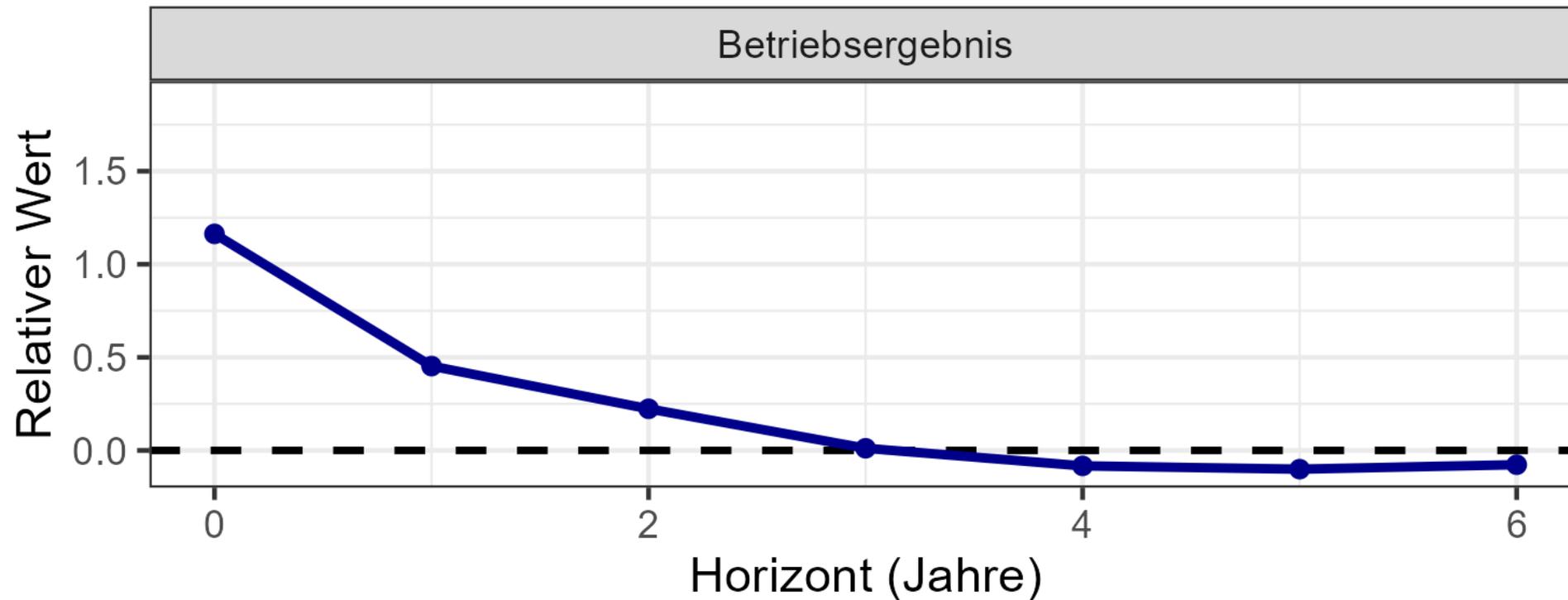
Summe aus den PB2-4, aus PB1: Nebenerzeugnissen / -nutzungen, Liegenschaften, Mieten u. Pachten, Jagd & Fischerei, sonstige Erträge

# Betriebsvergleich Westfalen-Lippe



# Betriebsvergleich Westfalen-Lippe

- Zeitreihenstatistik (VAR)
- Impulse Response Function



# Was beeinflusst die Resilienz von Forstbetrieben?

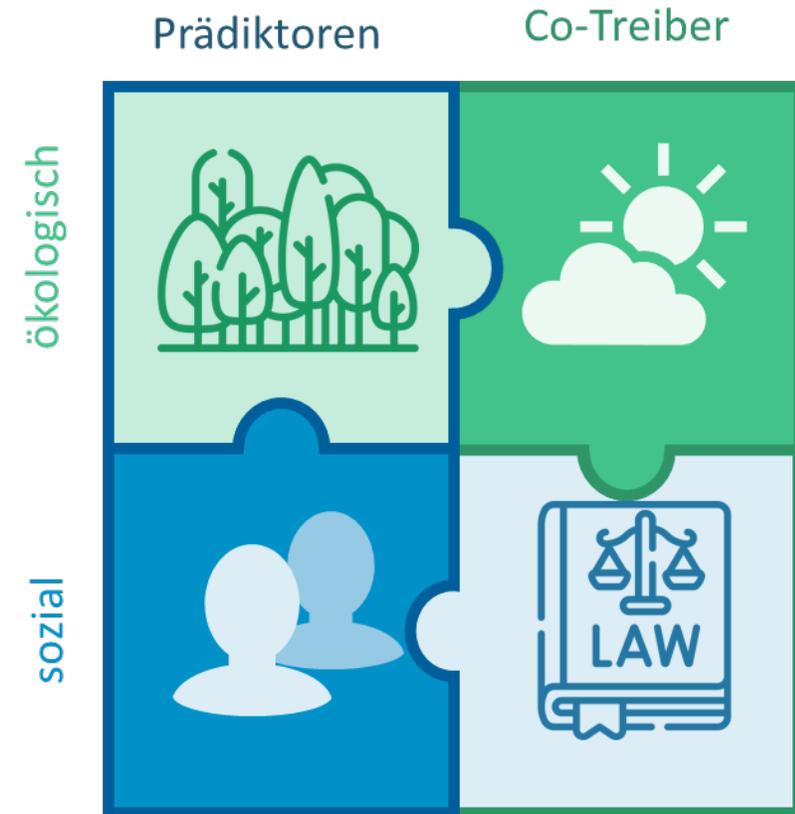
- Resilienz Prinzipien: Diversity, modularity, openness, tightness of feedbacks and system reserves

(u.a. Biggs et al. 2012, Annu. Rev. Environ. Resour. 37, 421–448;  
Weise et al. 2020, Oikos 129, 445–456;  
Resilience Alliance, 2010: Assessing resilience in social-ecological systems:  
Workbook for practitioners. Version 2.0)

- Erklärende Faktoren, die sich aus den Mechanismen ableiten lassen

(Lloret et al. 2024, Sustain. Sci. 19, 1579-1593)

- Prädiktoren: steuer-/beeinflussbar
- Co-Treiber: kontextabhängig, schwer/nicht zu beeinflussen



# Was beeinflusst die Resilienz von Forstbetrieben?

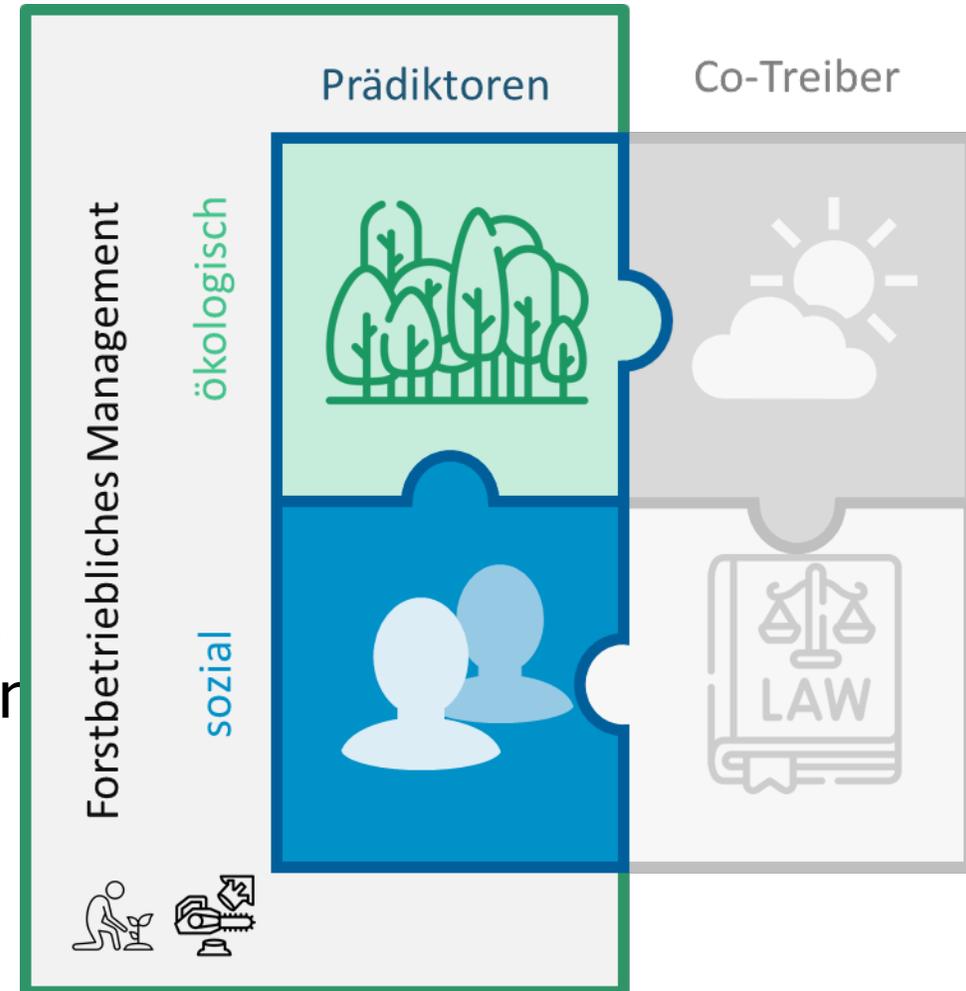
- Resilienz Prinzipien: Diversity, modularity, openness, tightness of feedbacks and system reserves

(u.a. Biggs et al. 2012, Annu. Rev. Environ. Resour. 37, 421–448;  
Weise et al. 2020, Oikos 129, 445–456;  
Resilience Alliance, 2010: Assessing resilience in social-ecological systems:  
Workbook for practitioners. Version 2.0)

- Erklärende Faktoren, die sich aus den Mechanismen ableiten lassen

(Lloret et al. 2024, Sustain. Sci. 19, 1579-1593)

- Prädiktoren: steuer-/beeinflussbar
- Co-Treiber: kontextabhängig, schwer/nicht zu beeinflussen



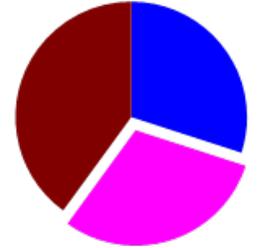
# Diversifikation als Treiber von Resilienz

- Prädiktor vs. Ko-Treiber

(Lloret et al. 2024, Sustain. Sci. 24)

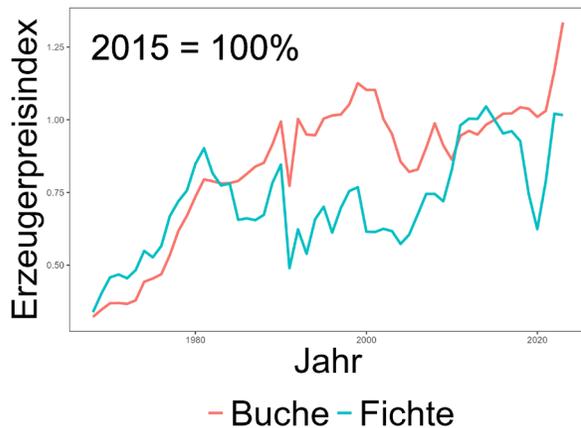
- Diversifikation als Anpassungsstrategie

(Lloret et al. 2024, Sustain. Sci. 24, Markowitz 1952, J. Finance 7 i.V.m. z.B. Knoke & Wurm 2006, Eur. J. For. Res. 125; Paul et al. 2019, Ann. Forest Sci. 76)



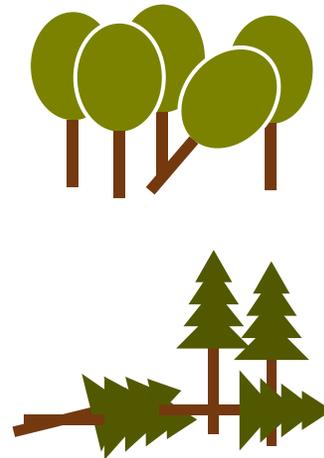
■ Fichte ■ Douglasie ■ Buche

## Produktdiversifikation

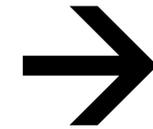


Datenquelle: destatis

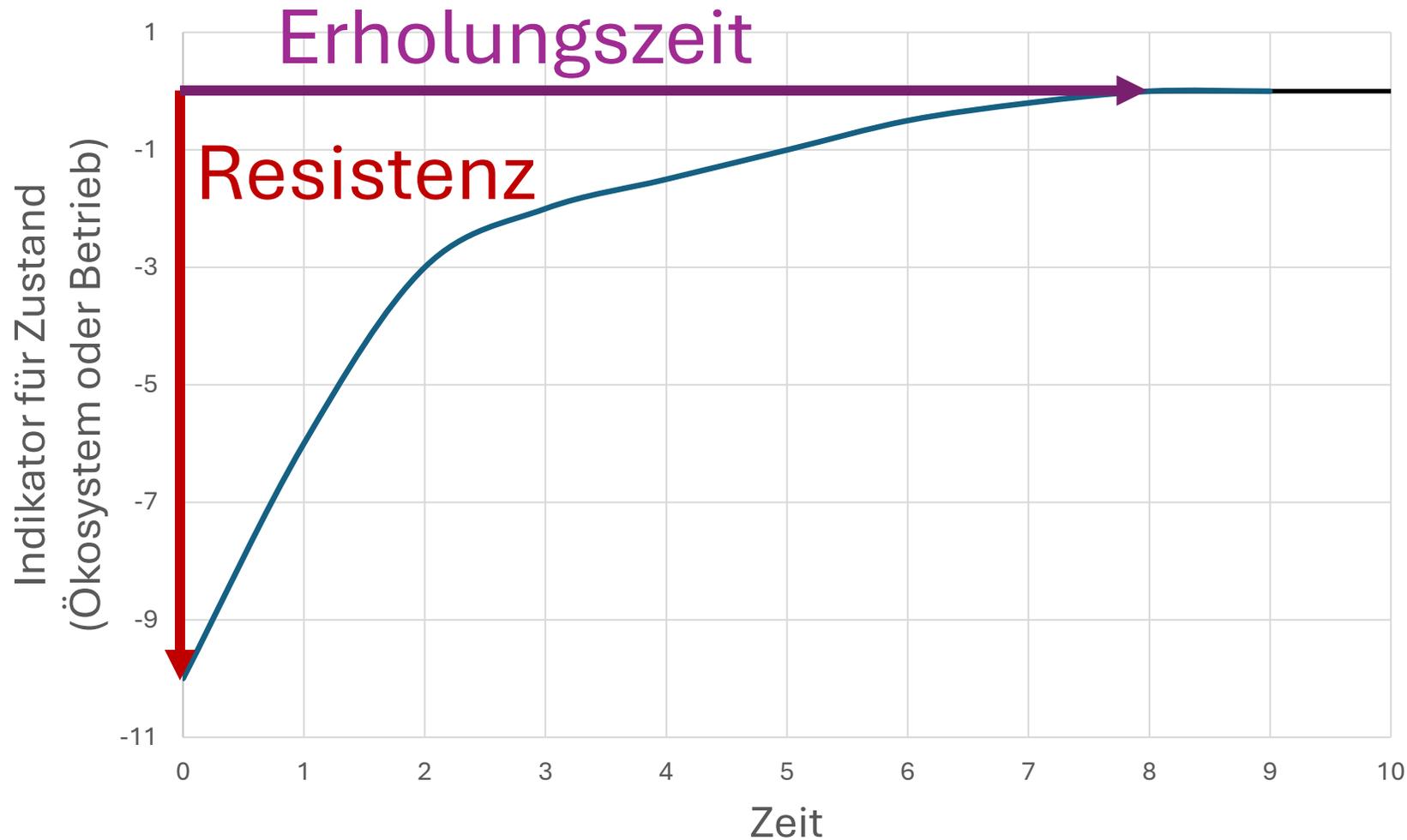
## Unterschiedliche Vulnerabilität



## Biophysikalische Stabilität (Interaktion)



# Resistenz als Teil von Resilienz

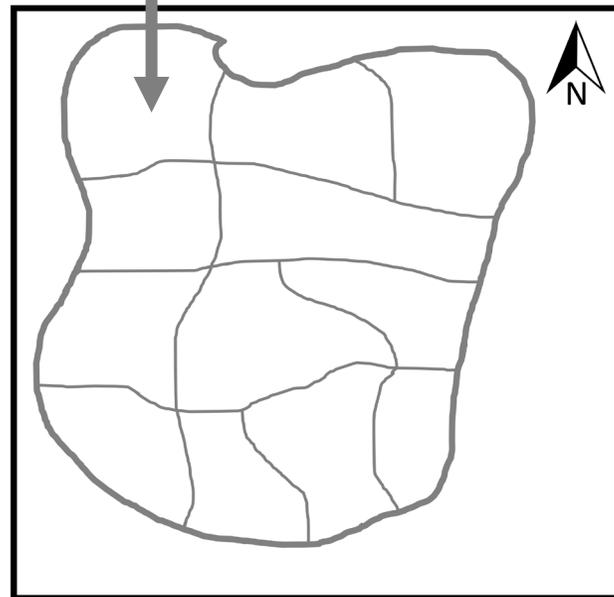
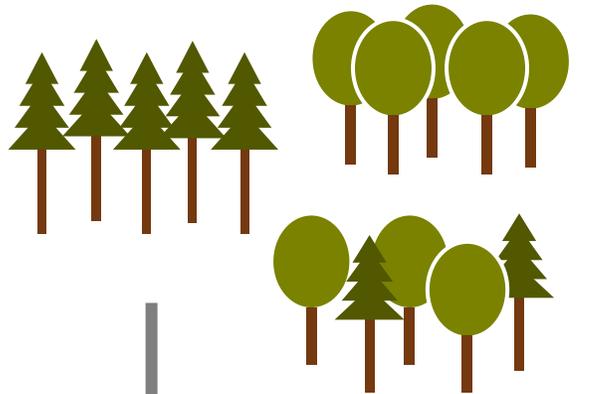


s., z.B.,  
Lemoine (2021, Okikos 2023) und  
Ingrisch & Bahn (2018, TREE 33(4))

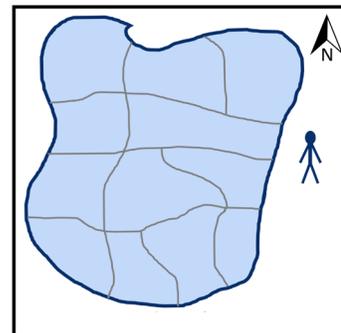


# Resistenz im Betrieb unter Extremwetter

*Auf welcher räumlichen Skala diversifizieren risikoaverse Entscheider ihr Baumartenportfolio?*

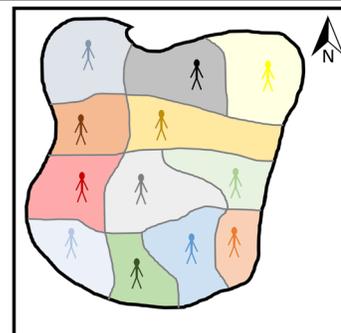


2 Planungsperspektiven

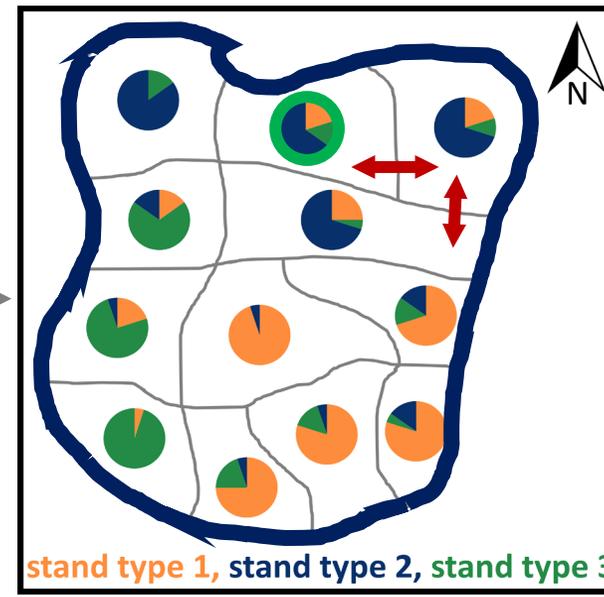


*top-down*

ökonomische  
Optimierung



*bottom-up*



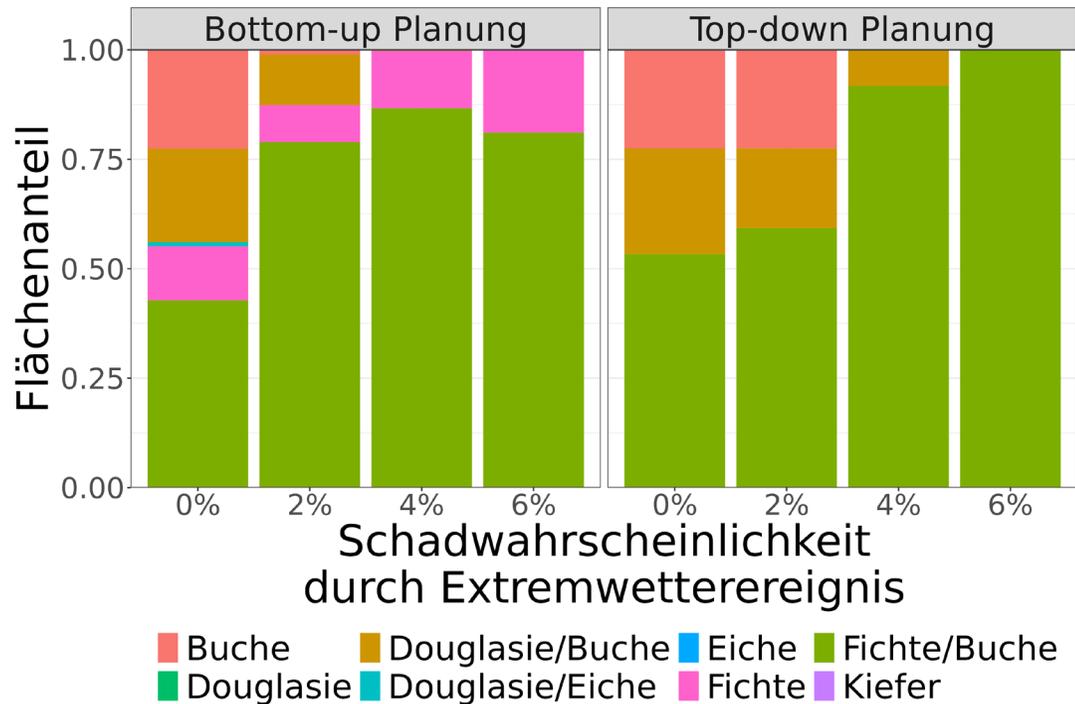
$\alpha$ -Diversität

$\beta$ -Diversität

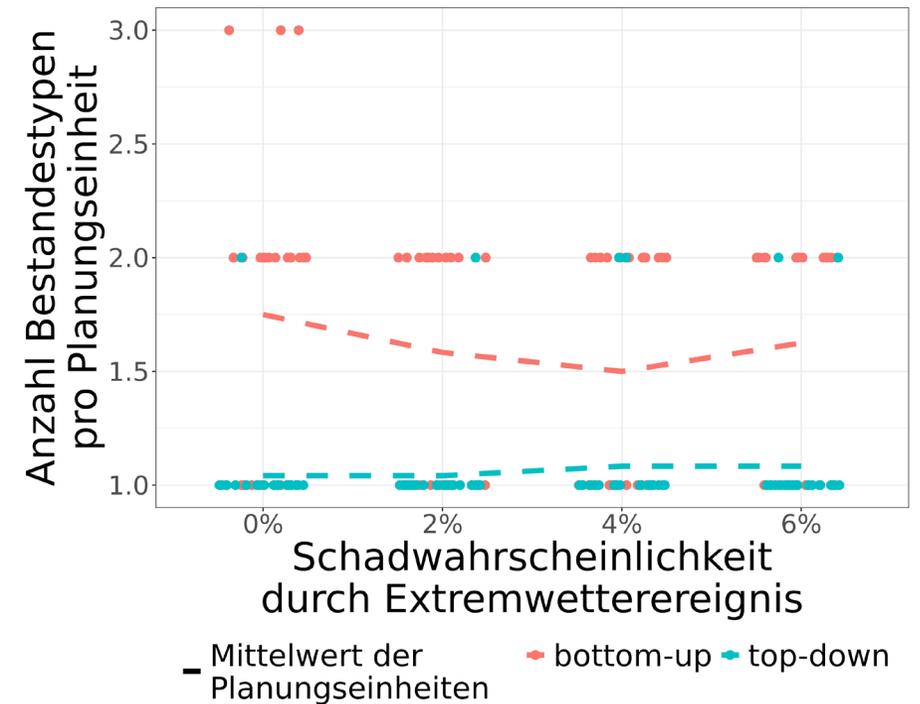
$\gamma$ -Diversität

# Resistenz im Betrieb unter Extremwetter

## $\gamma$ -Diversität

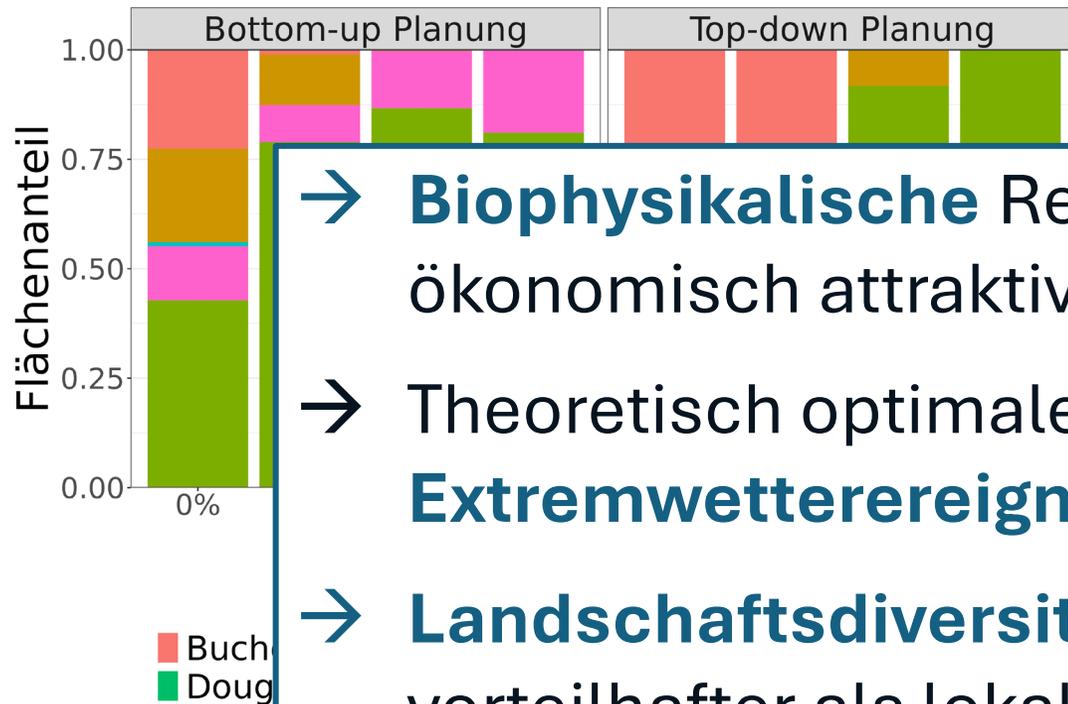


## $\alpha$ -Diversität



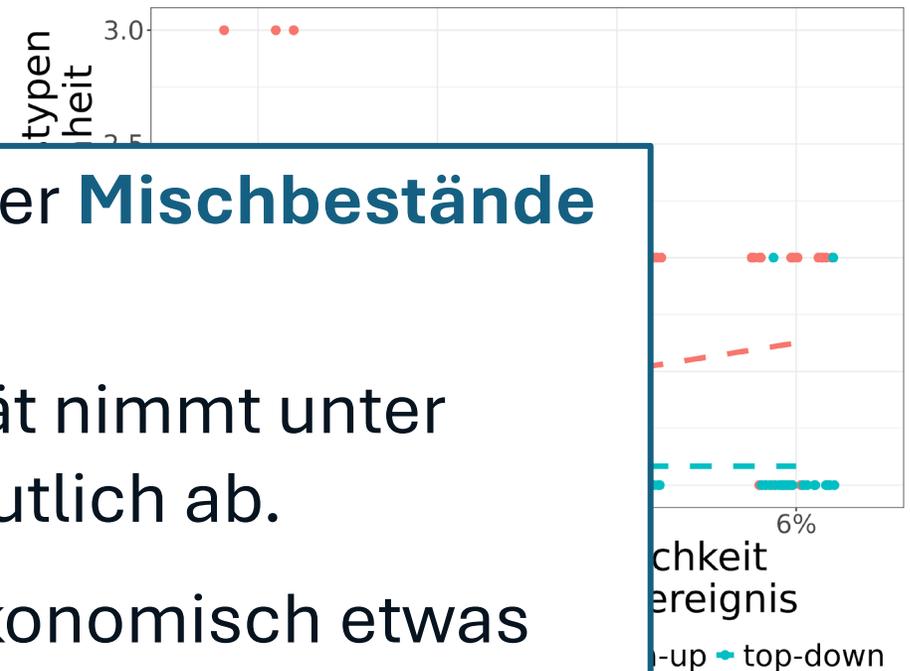
# Resistenz im Betrieb unter Extremwetter

## $\gamma$ -Diversität



- **Biophysikalische** Resistenz der **Mischbestände** ökonomisch attraktiv.
- Theoretisch optimale Diversität nimmt unter **Extremwetterereignissen** deutlich ab.
- **Landschaftsdiversität** war ökonomisch etwas vorteilhafter als lokale Diversität.

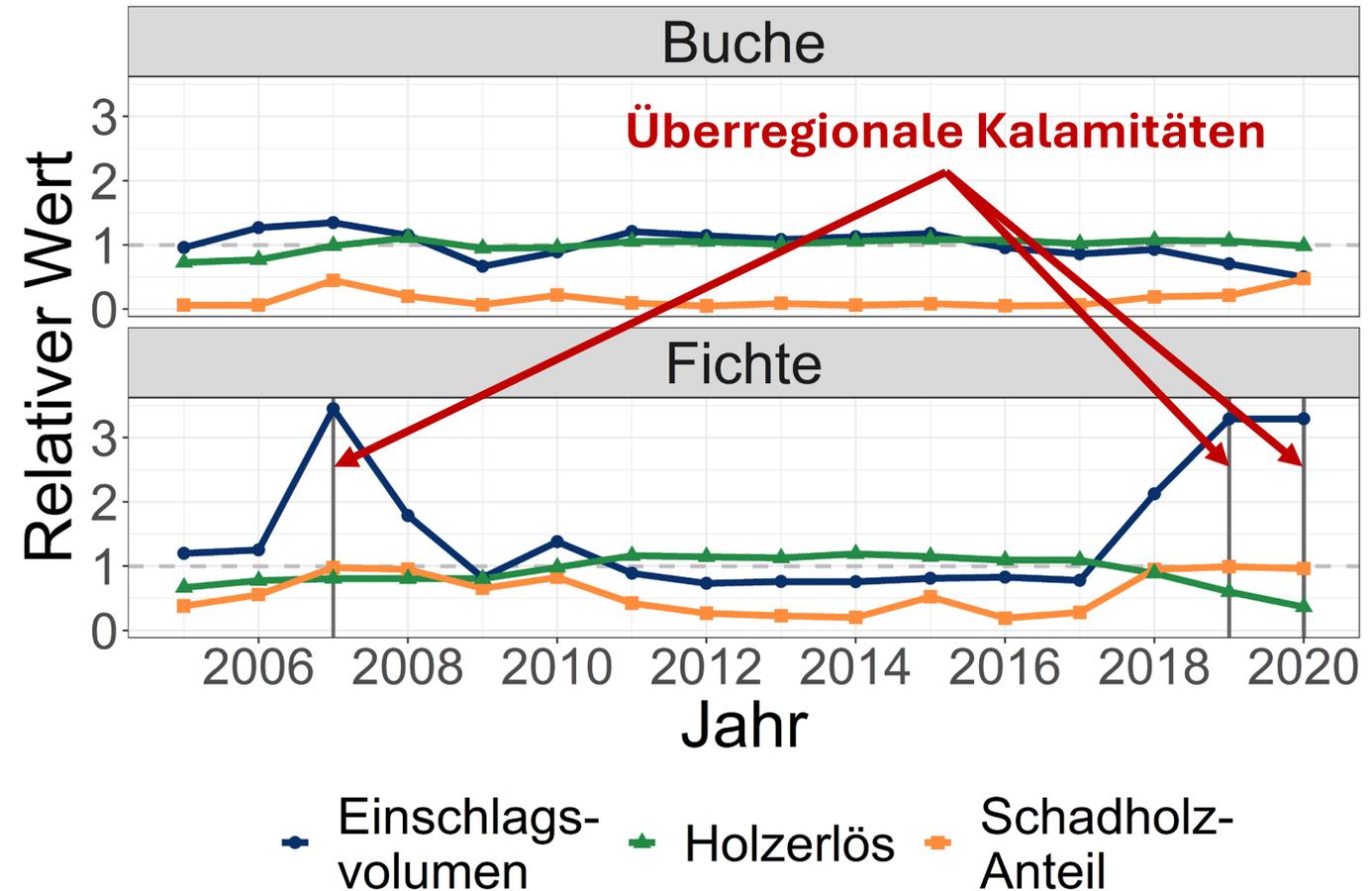
## $\alpha$ -Diversität



# Resilienz der Holzerlöse

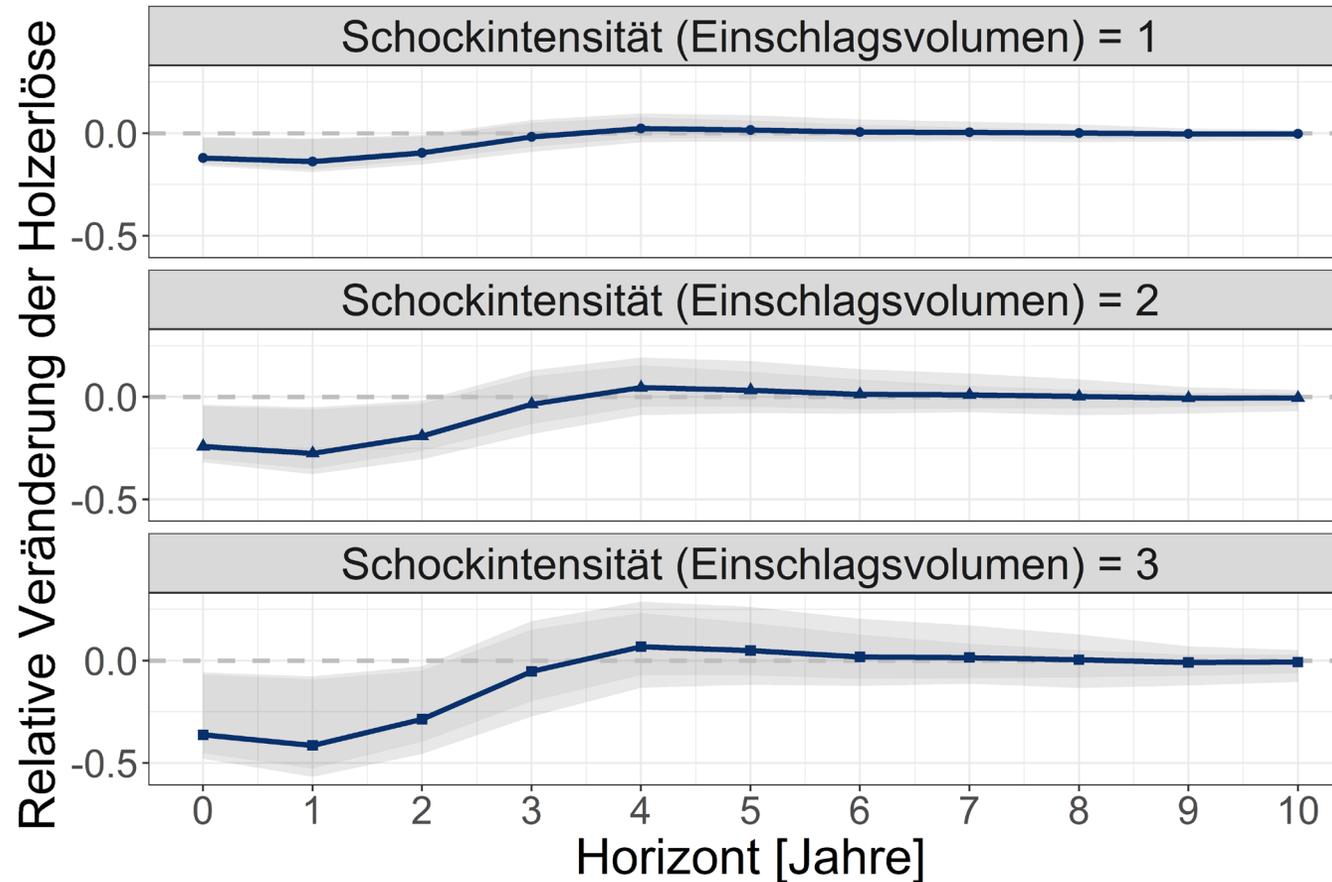
## Wie kann die Resilienz von Holzerlösen modelliert werden?

- Mittlerer Erlös pro Fm verkauften Holzes
- Einschlags- und Verkaufsdaten HessenForst (2005-2020)
- Structural Vector Autoregressive Models
- Impulse Response Functions
  - Schadholzanteil („Qualität“)
  - Einschlagsvolumen („Markt“)



# Resilienz der Holzerlöse

## Fichte: Schock im Einschlagsvolumen



2x Volumen eines  
Nicht-Kalamitätsjahrs

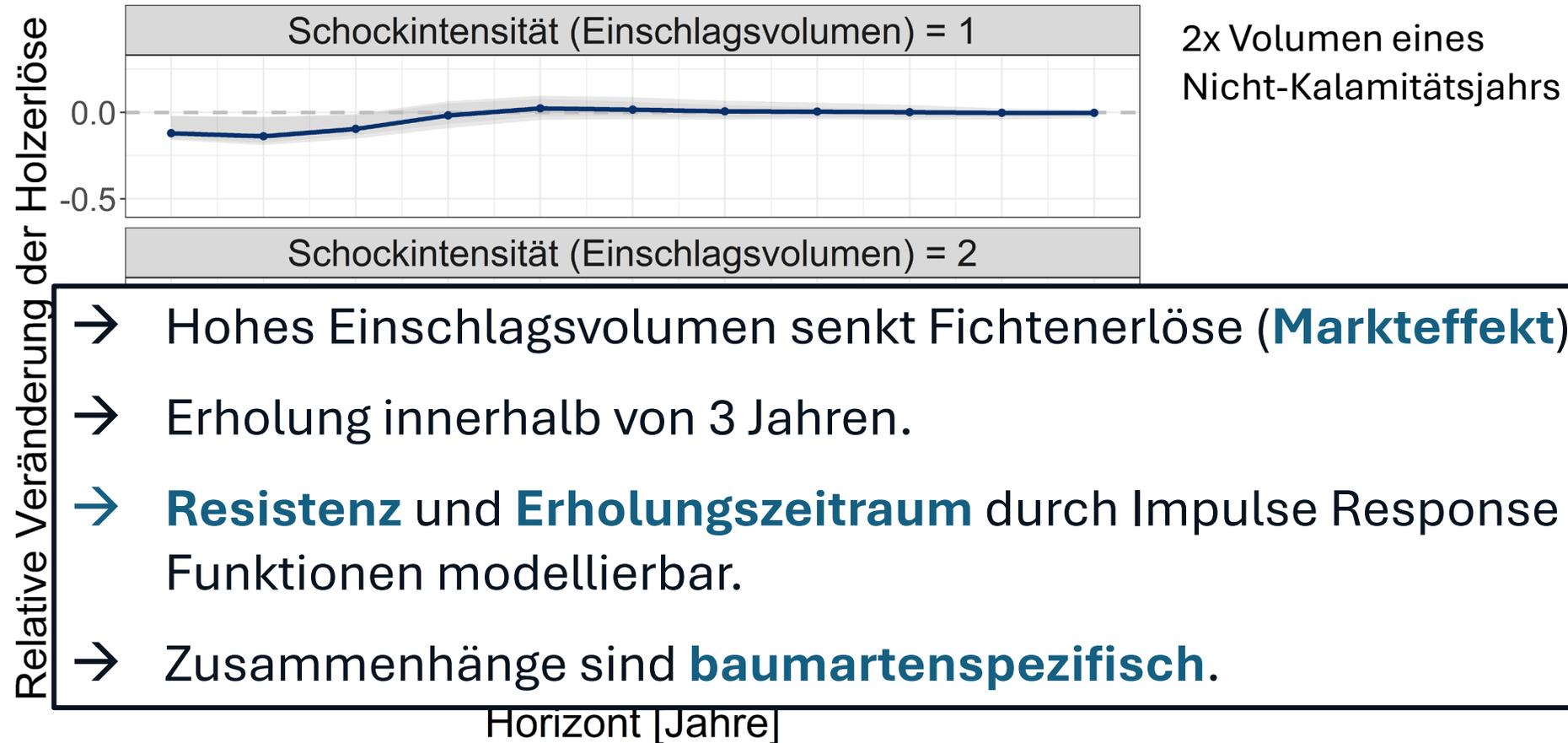
~ Sturm Kyrill

*weitere -20%-Punkte durch  
überregionale Effekte*



# Resilienz der Holzerlöse

## Fichte: Schock im Einschlagsvolumen



# Herausforderungen & Ausblick

- „Langfristige“ Resilienz
  - Abbildung der mittel- & langfristigen Auswirkungen von Schocks
    - Bedarf an Simulationen
  - Betriebliche Simulation mit verbesserten sozioökonomischen Feedbacks (z.B. Marktreaktionen)
- Empirische Überprüfung von Hypothesen
  - Definition von Prädiktoren
  - Identifikation von Datenlücken, ggf. ergänzende Datenerhebung
- Quantifizierung der einzelbetrieblichen Resilienz

# Anhang

