

Störung und Resilienz im Klimawandel

Rupert Seidl



Inhalt

Störungen

Wie verändern sich die Störungsregimes in Europa?

Resilienz

Wie resilient sind unsere Wälder gegenüber Störungen?

Management

Was können wir in der Waldbewirtschaftung tun?



Danksagung

Großartiges interdisziplinäres Team

Nationale & internationale Kooperationspartner:innen

Nationale & internationale Förderinstitutionen



3

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Klimawandel

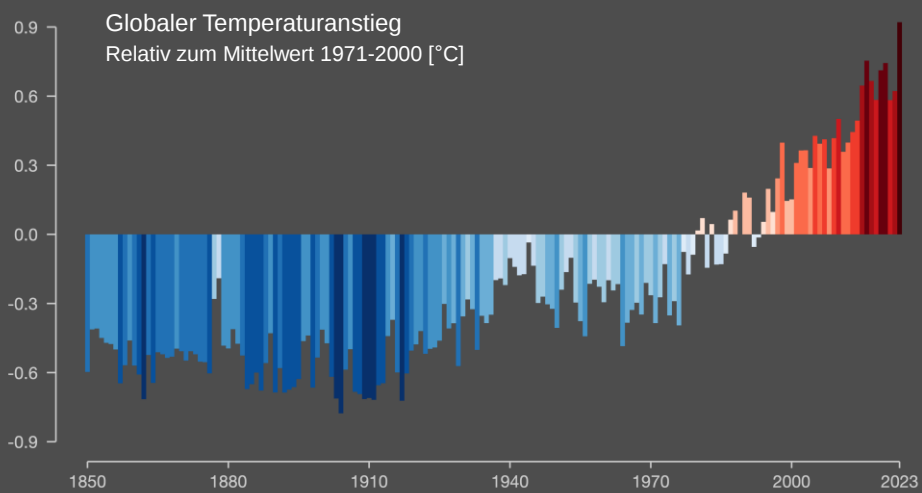


Image credit: Ed Hawkins (CC), data source: UK Met Office

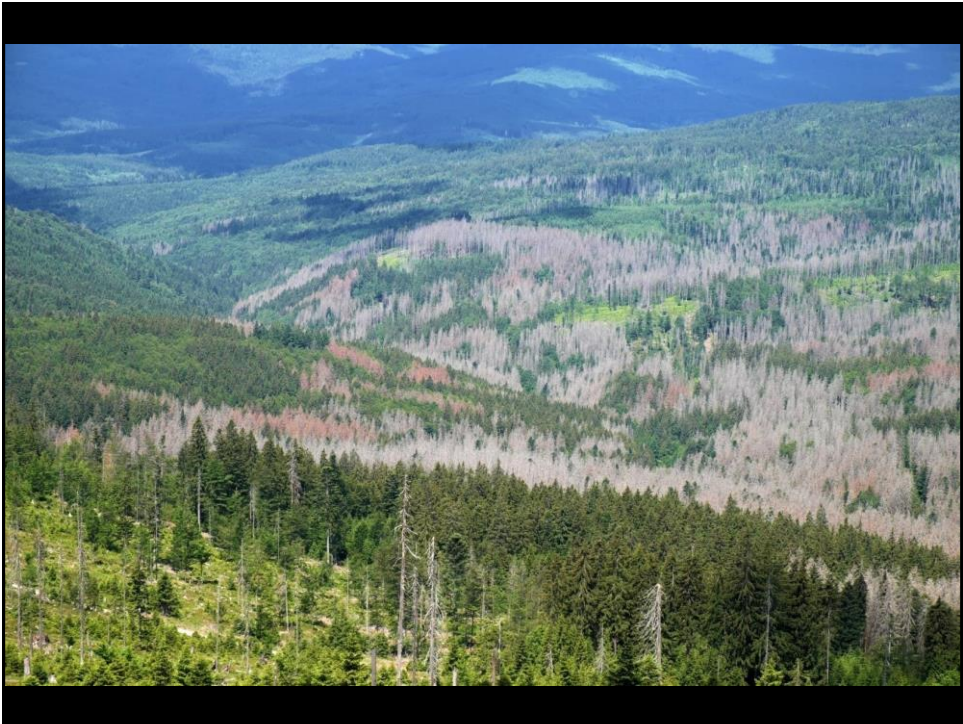


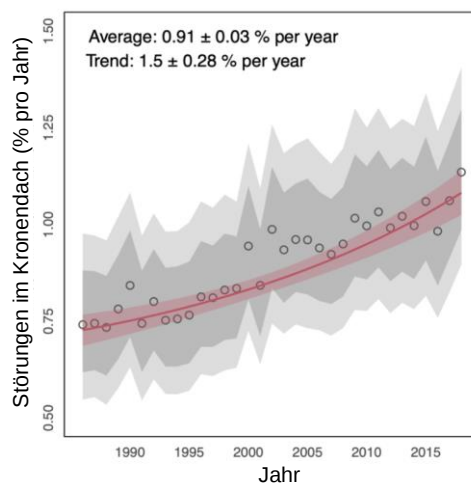
Image credit: Cameron Strandberg (CC)



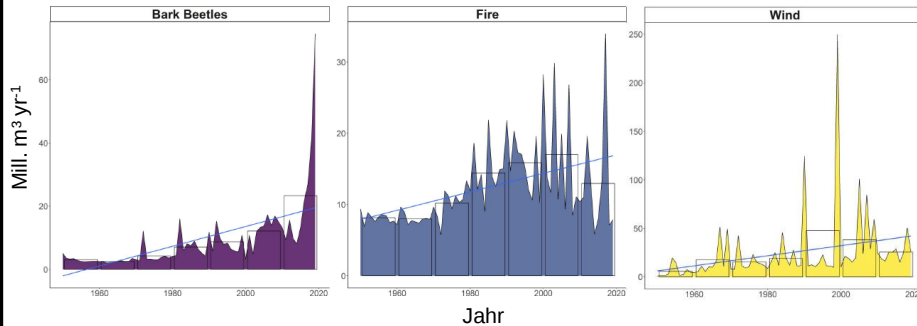
Störungen in Europa steigen an

Öffnungen des
Kronendaches steigen um
1.50% pro Jahr

Störungen haben sich in
Mitteleuropa seit Mitte der
1980er Jahre verdoppelt



Störungen in Europa steigen an



Anstieg aller natürlichen Störungsursachen

Größte Steigerung bei Borkenkäfern – Verdoppelung in den letzten 20 Jahren

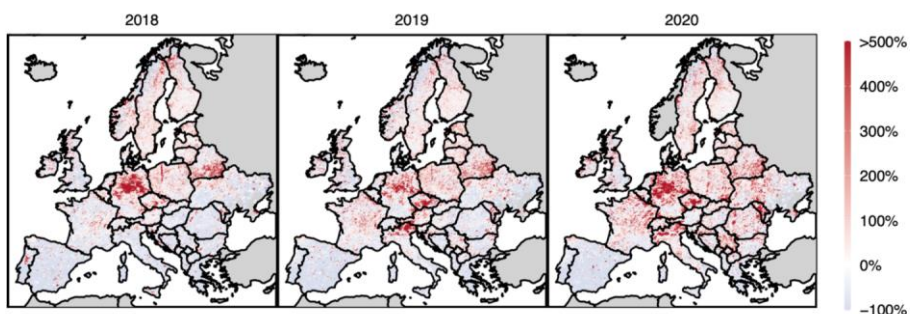
9

Patacca et al. (2022, Glob. Change Biol.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Übersterblichkeit im Wald 2018-2020

Die Dürre 2018-2020 verursachte die größte Welle der Baummortalität in Europa in den letzten 170 Jahren

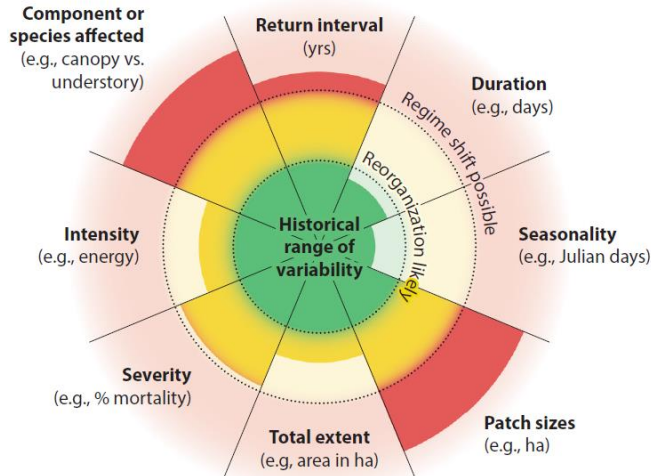


10

Senf and Seidl (2021, Biogeosciences)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Neuartige Störungsregimes

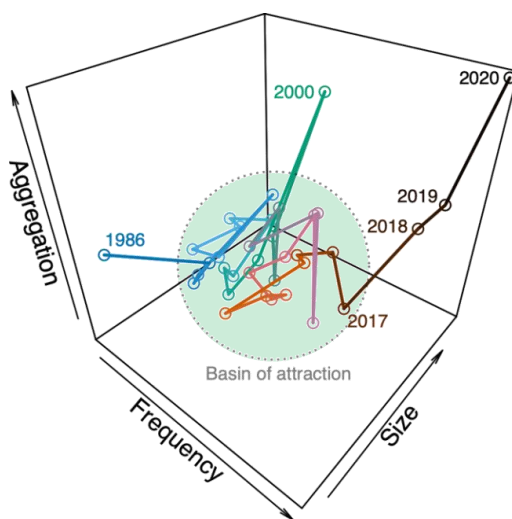


11

Turner and Seidl (2023, AREES)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Neuartige Störungsregimes



Das Störungsregime der Jahre 2018-2020 hat keine Analogie in der jüngeren Vergangenheit

12

Senf and Seidl (2021, Biogeosciences)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>



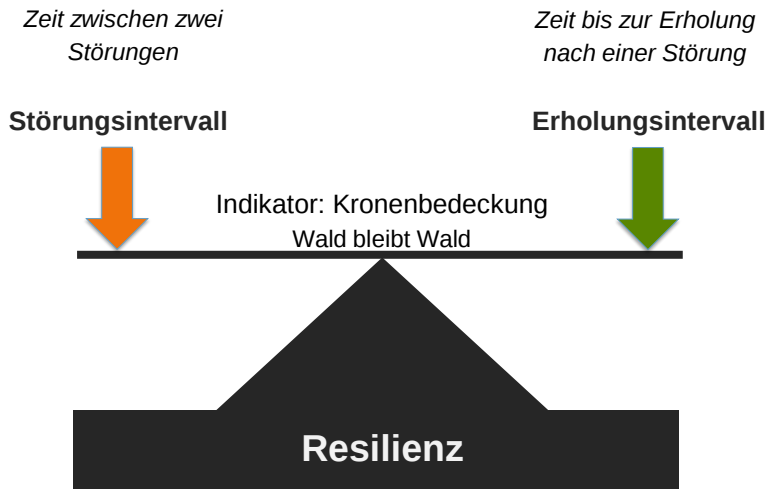
Wie resilient sind Europas Wälder?

Resilienz

Die Eigenschaft eines Systems, nach einer Störung wieder zu seinem Ausgangszustand zurückzukehren bzw. seine relevanten Funktionen wiederzuerlangen.



Wie resilient ist Europas Wald?

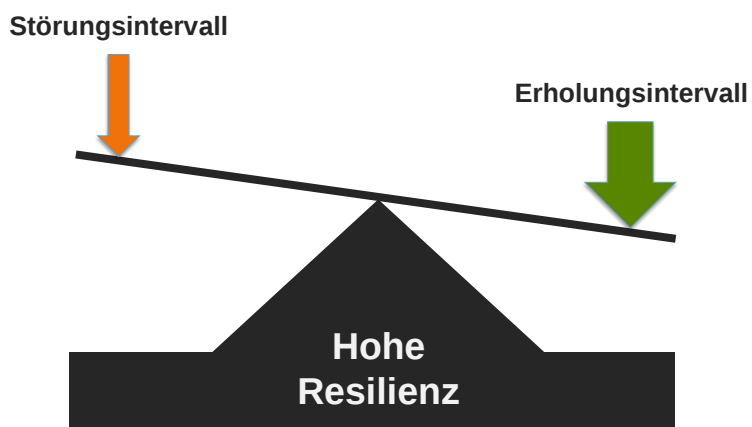


15

Senf and Seidl (2022, Glob. Ecol. Biogeogr.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Wie resilient ist Europas Wald?

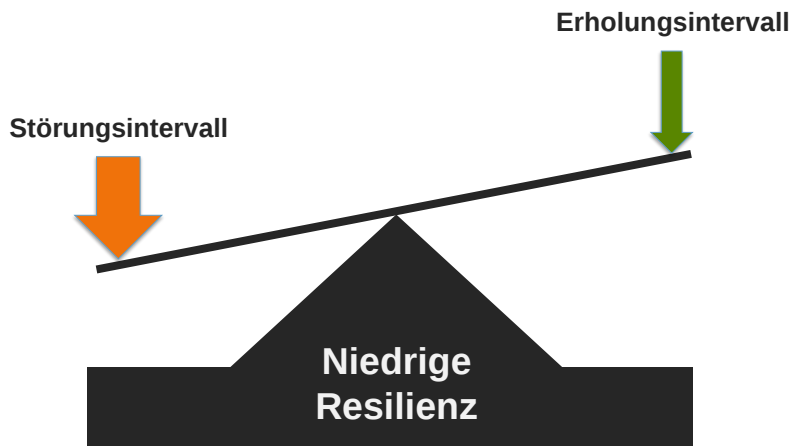


16

Senf and Seidl (2022, Glob. Ecol. Biogeogr.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Wie resilient ist Europas Wald?

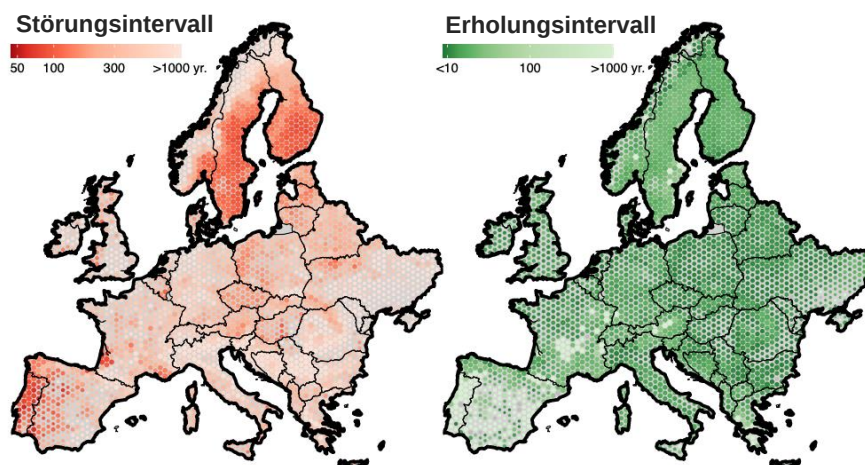


17

Senf and Seidl (2022, Glob. Ecol. Biogeogr.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Wie resilient ist Europas Wald?



18

Senf and Seidl (2022, Glob. Ecol. Biogeogr.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

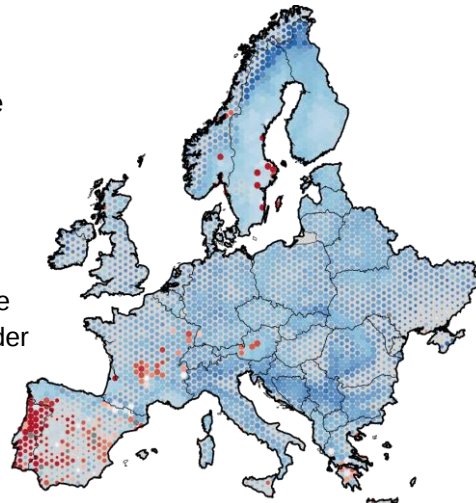
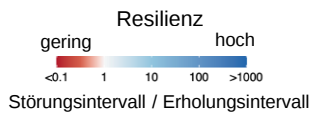
Wie resilient ist Europas Wald?

Hohe Störungsresilienz

Auf 69% der europ. Waldfläche ist die Erholung nach Störungen >10 Mal schneller als das Störungsintervall

Aber...

14% der europ. Wälder haben geringe Resilienz (Störungsintervall kleiner oder gleich Erholungsintervall)



19

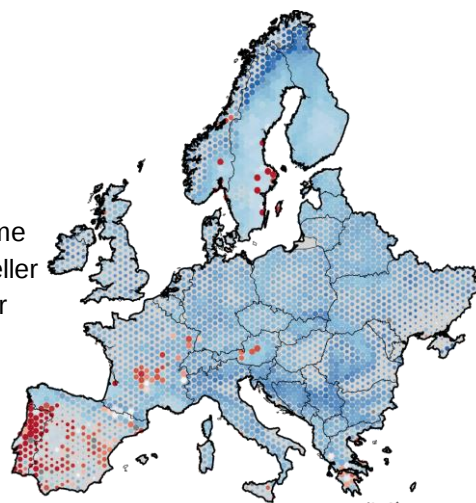
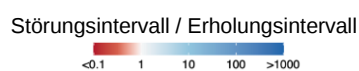
Senf and Seidl (2022, Glob. Ecol. Biogeogr.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Resilienz des Waldes in Europa

Für Mitteleuropa

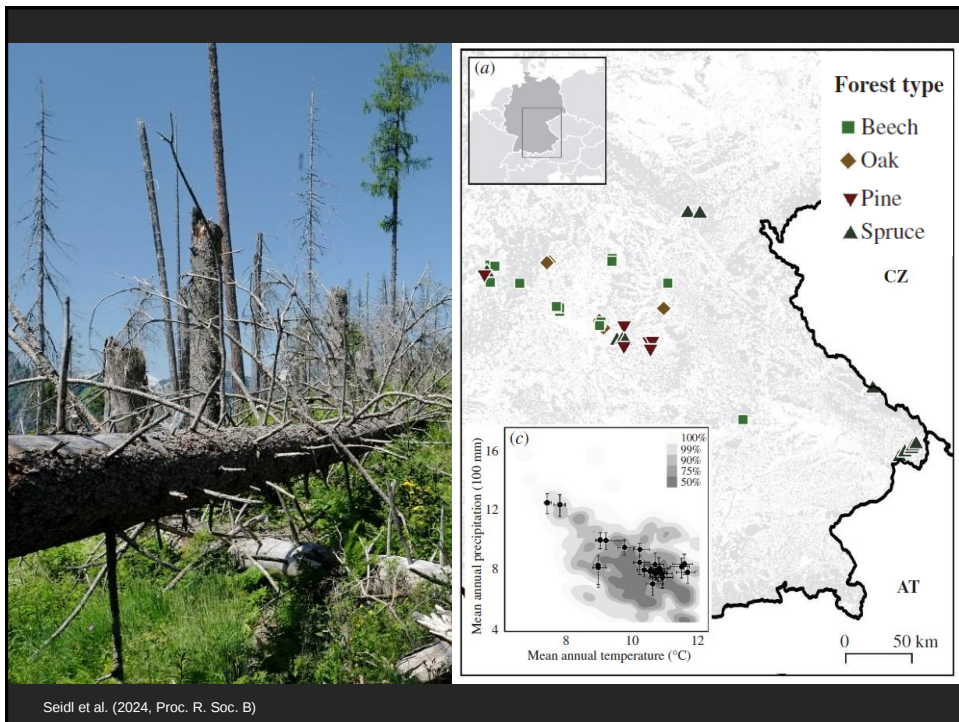
Wald bleibt auch nach Störung Wald,
große Bäume sterben ab, junge Bäume
kommen nach, aktuell kein substantieller
Waldverlust in Mitteleuropa erkennbar



20

Senf and Seidl (2022, Glob. Ecol. Biogeogr.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>



Wie sehen unsere gestörten Wälder aus?

Durchschnittliche Störungsstärke: 67% der Grundfläche

- Fichten-Waldtypen: 81%
- Eichen-Waldtypen: 37%

Mittlere Stammzahl 3 Jahre nach Störung: 11,900 Stämme ha⁻¹

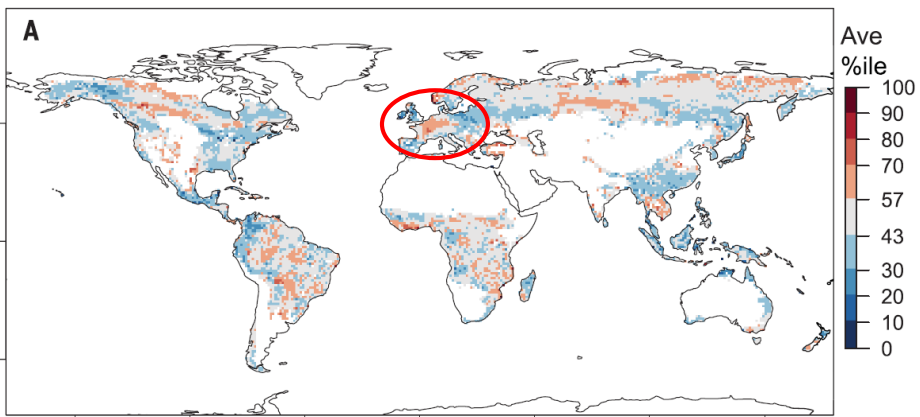
- 5^{te} Perzentille: 1,170 Stämme ha⁻¹
- Vorausverjüngung als wichtiger Faktor für die Walderholung





Zukünftige Klimarisiken

Zukünftige Klimarisiken in Zentraleuropa stark ausgeprägt



Klimarisiko: Risiko für C-Verlust, Risiko für Baumartenverlust, Risiko für Störung

24

Anderegg et al. (2022, Science)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Nach der Störung ist vor der Störung

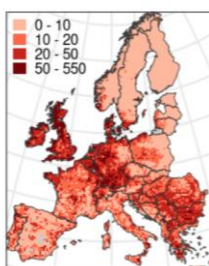


Negative Auswirkungen auf Waldleistungen

Störungsrisiko für...



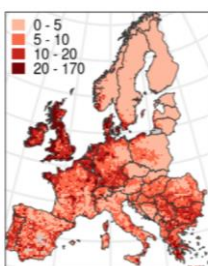
Holz-
produktion



$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$



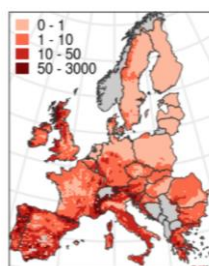
Klimaschutz-
funktion



t C ha^{-1}



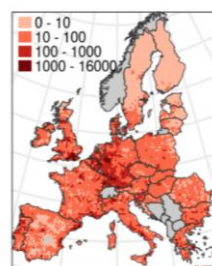
Schutz vor
Erosion



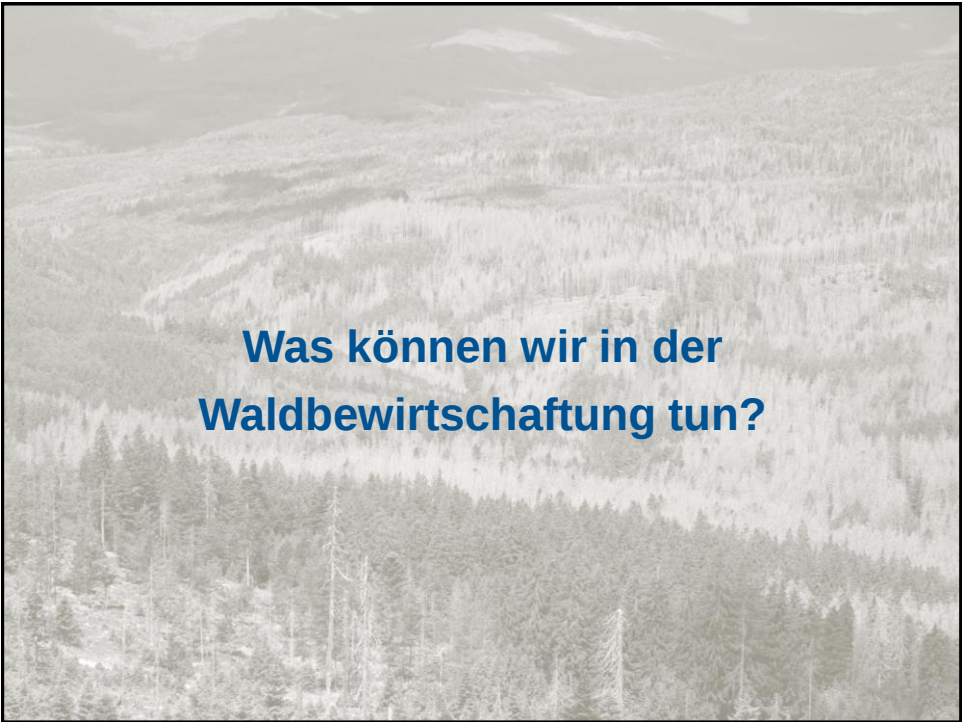
t ha^{-1}



Erholungs-
funktion



pot. Besuche
 $\text{Jahr}^{-1} \text{ha}^{-1}$



Was können wir in der Waldbewirtschaftung tun?

Resilienz im Waldbau

Keine Patentrezepte!

Lösungen, die an die Gegebenheiten angepasst sind
Standort, Eigentümer, Ökosystemleistung(en), Gesellschaft

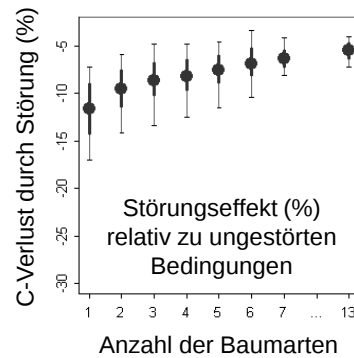
Voraussetzung: Gut ausgebildetes Forstpersonal vor Ort



Gemischte Wälder

Baumartenvielfalt zahlt sich aus
Abfederung negativer Störungseffekte
Schnellere Erholung nach Störungen

Reaktionsvielfalt als Schlüssel
Mischen von Baumarten mit
unterschiedlichen Eigenschaften (z.B.
Pionier- und Schlusswaldbaumarten)



Angepasste Wildstände

Gemischte, klimafitte Wälder sind nur bei angepassten
Wildständen möglich



Angepasste Wildstände

Störungen

- führen zu mehr Verjüngungs-notwendigen Flächen



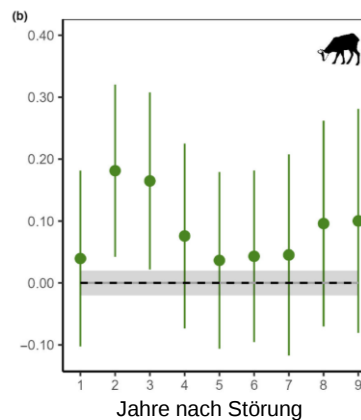
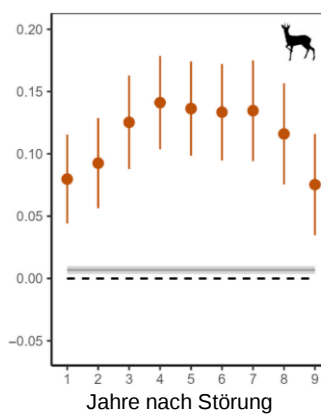
31

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Angepasste Wildstände

Störungen

- führen zu mehr Verjüngungs-notwendigen Flächen
- erhöhen die Habitatqualität für Schalenwild



Veränderung des
Jährlingsgewichtes
in kg pro 10 m/ha
zusätzliche durch
Störung erzeugte
Randlinie

32

Reiner et al. (2023, J. Appl. Ecol.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Strukturierte Wälder

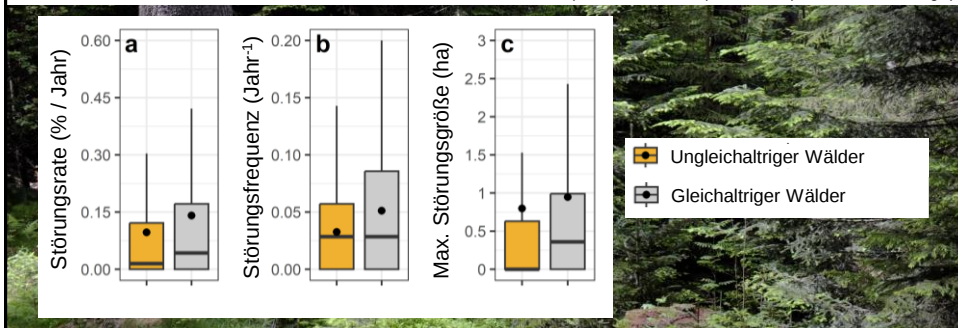
Struktur reduziert Störungseffekte

Störungsrate und Störungsgrößen sind in strukturierten Wäldern kleiner

Struktur fördert Erholung nach Störung

Vorausverjüngung beschleunigt den Kronenschluss nach Störung

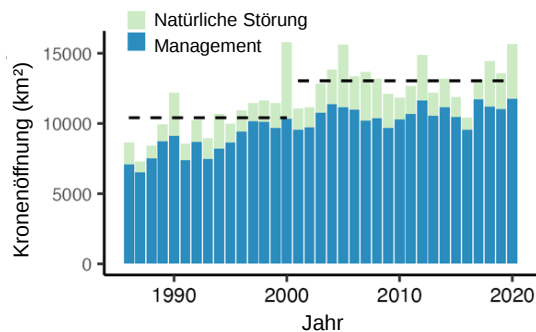
Seidl et al. (2024 Proc. R. Soc. B), Mohr et al. (2024, For. Ecol. Manage.)

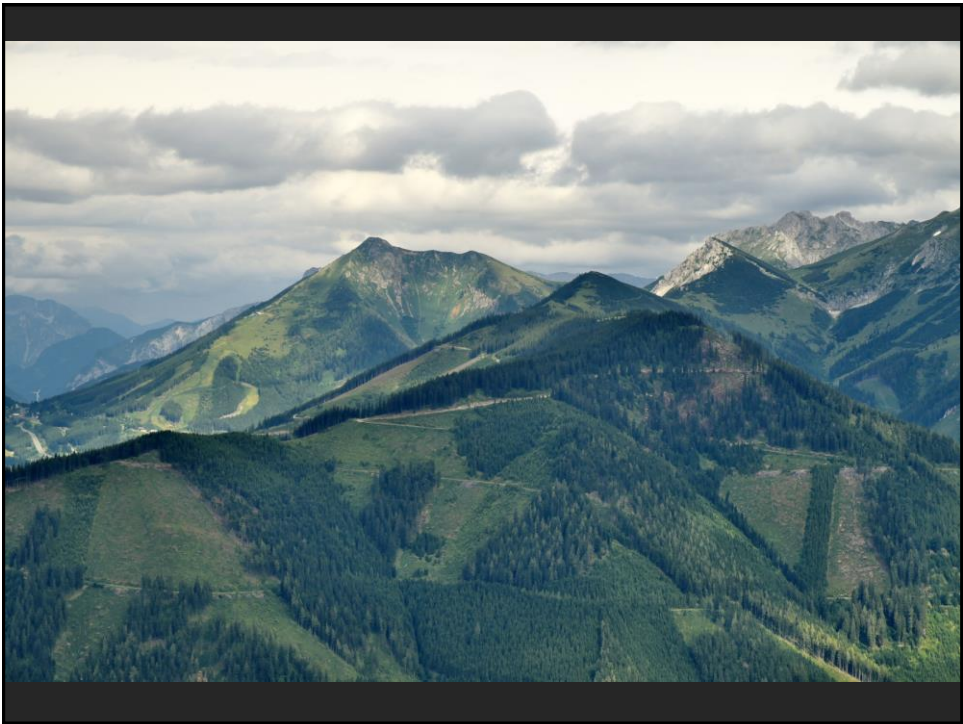


Störungen im Waldbau kompensieren

Nicht nur die natürlichen Störungen, auch die

Kronenöffnungen durch Waldbewirtschaftung sind in Europa
angestiegen





Störungen im Waldbau kompensieren

Mehr flächige Kronenöffnungen durch natürliche Störungen mit weniger flächigen Kronenöffnungen im Waldbau kompensieren



37

Seidl und Senf (2024, Nature Communications)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Management größer(skalig) denken

Diversität jenseits der Bestandesebene
(β -Diversität)

Baumartenvielfalt auf Landschaftsebene

Strukturvielfalt auf Landschaftsebene

Konnektivität

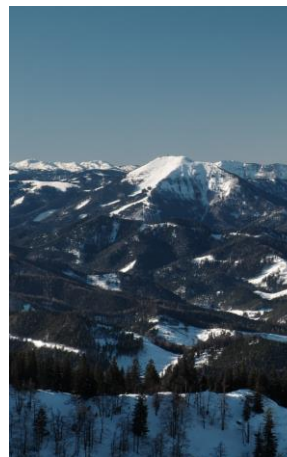
Negative Konnektivität reduzieren (z.B. Borkenkäfer)

Positive Konnektivität erhöhen (z.B. Artenverbreitung)

Redundanz und Heterogenität

Funktionale Redundanz = stabile Leistungserfüllung

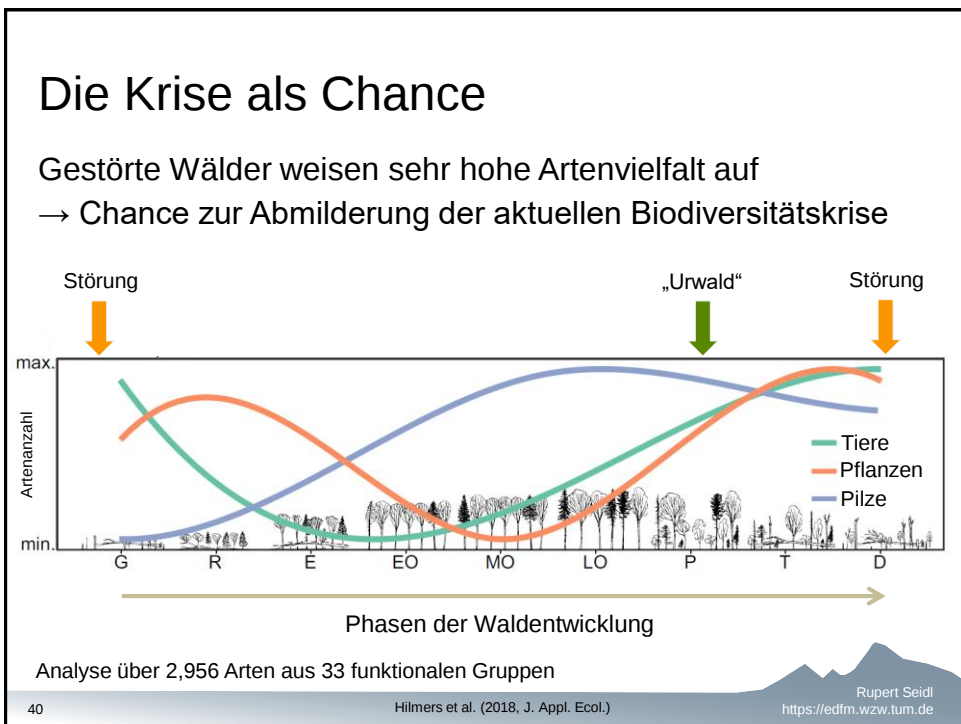
Heterogenität schafft Möglichkeiten zur Priorisierung



38

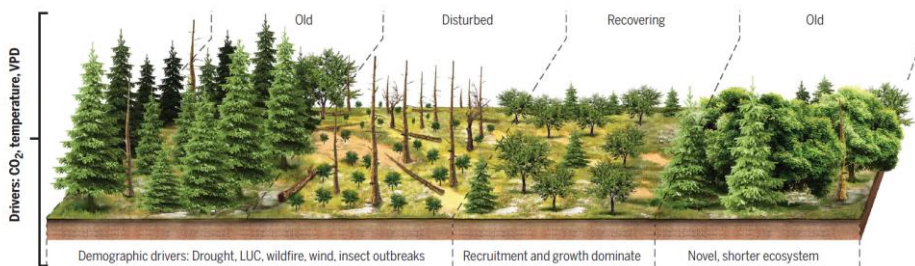
Sebald et al. (2021, J. Appl. Ecol.), Honkaniemi et al. (2020, Landsc. Ecol.),
Mina et al. 2022, Glob. Change Biol.)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>



Störung als Katalysator der Transformation

Reorganisation im Wald erfolgt nach Störung



Episode mit vielen Störungen = viele Chancen für Anpassung
Aktuelle Mortalitätswelle = die Geburt des Waldes der Zukunft

41

McDowell et al. (2020, Science), Seidl und Turner (2022, PNAS)

Rupert Seidl
<https://edfm.wzw.tum.de>

Never waste a good crisis!

Winston Churchill



Vielen Dank!

rupert.seidl@tum.de