

POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH

Waldwirkungen des Klimawandels – Chancen für resiliente Waldzukünfte

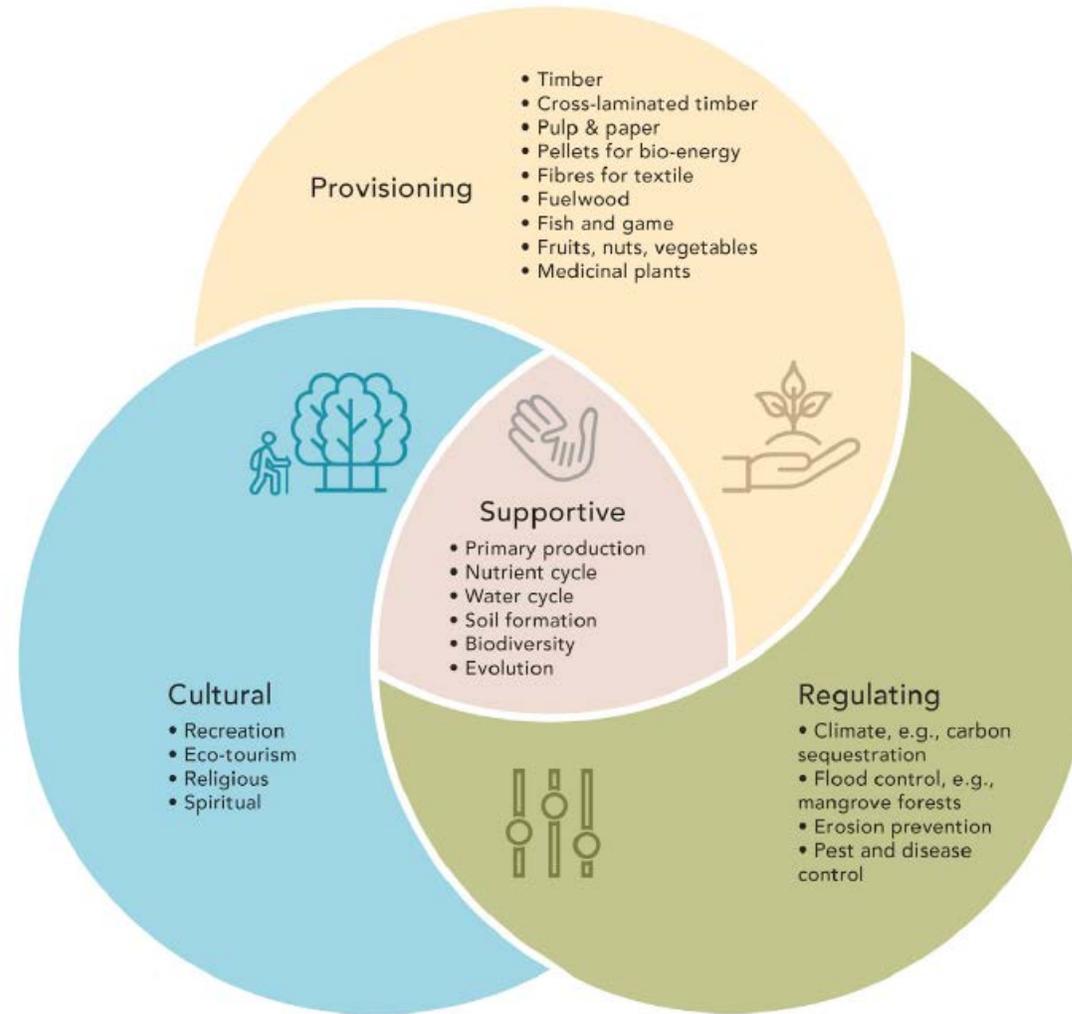
Dr. Christopher Reyer, Leiter Arbeitsgruppe "Resilienz von Waldökosystemen"

27.05.2025, 75-jähriges Jubiläum der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft Deutschland e.V.

Kontakt: reyer@pik-potsdam.de



Wälder sind relevant für Klima-, Naturschutz, Holzproduktion und vieles mehr → Multifunktionale Waldwirtschaft



Kategorien von Waldökosystemleistungen des Millennium Ecosystem Assessment

Kramer et al. 2022, One Earth

Die Ergebnisse der Bundeswaldinventur erfordern eine Zeitenwende in der Klimapolitik

Klimafreundlich bauen mit Holz

Neue Bundeswaldinventur

Der deutsche Wald wird zum Klimaproblem

Alle zehn Jahre erfassen Experten, wie viel Wald es in Deutschland gibt und in welchem Zustand er ist. Die neueste Studie zeigt: nicht gut. Dem Klima hilft der deutsche Wald daher nicht mehr wie bisher.



Nachhaltiges Bauen für die Zukunft

Baden-Württemberg geht als Vorbild voran. Mit der Holzbau-Offensive fördert die Landesregierung das klimafreundliche Bauen mit Holz. Das Projekt umfasst wirkungsvolle Maßnahmen und zielgerichtete Impulse zur nachhaltigen Entwicklung des Bausektors. Das Ziel ist es, Baden-Württemberg als Trendsetter für eine klimagerechte Baukultur zu etablieren.



- Rohstoff Holz, Kreislaufwirtschaft, #HolzKannDas, Forschung und Bildung, Förderung

Start > #HolzKannDas > Holzbasierte Bioökonomie

der Freitag

Anmelden, Digi

Politik

Bundeswaldinventur: Unser grünes Herz ist aus dem Takt

Cem Özdemir hat kürzlich mit der Bundeswaldinventur die Performance des deutschen Waldes getadelt. Der kränkelt nämlich und stößt mehr Kohlenstoff aus als er aufnimmt. Welch eine Unverschämtheit



Büromöbel aus Holz. Quelle: ©terex - stock.adobe.com

Holzbasierte Bioökonomie

Vom Kochlöffel bis zur Cellophan-Folie

Der Einsatz des nachwachsenden Rohstoffes Holz in nachhaltigen Produkten ist für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wirtschaft unerlässlich. Die heimischen Holzressourcen werden sehr unterschiedlich genutzt. Holz ist allgegenwärtig – manchmal auch außerhalb unserer Wahrnehmung.

- Home, pro holzbau hessen, Projekte, Mitglieder, Partner



Holzbauoffensive Hessen



Presse Infothek Newsletter Shop NABU-Netz DE

Wir über uns

Tiere, Pilze & Pflanzen

Natur & Landschaft

U...

News / 2024 / Oktober

125 Jahre

Wir erleben ein neues Waldsterben

Es braucht ein radikales Gesundheitsprogramm

MEHR F.A.Z.

Frankfurter Allgemeine

BUNDESWALDINVENTUR

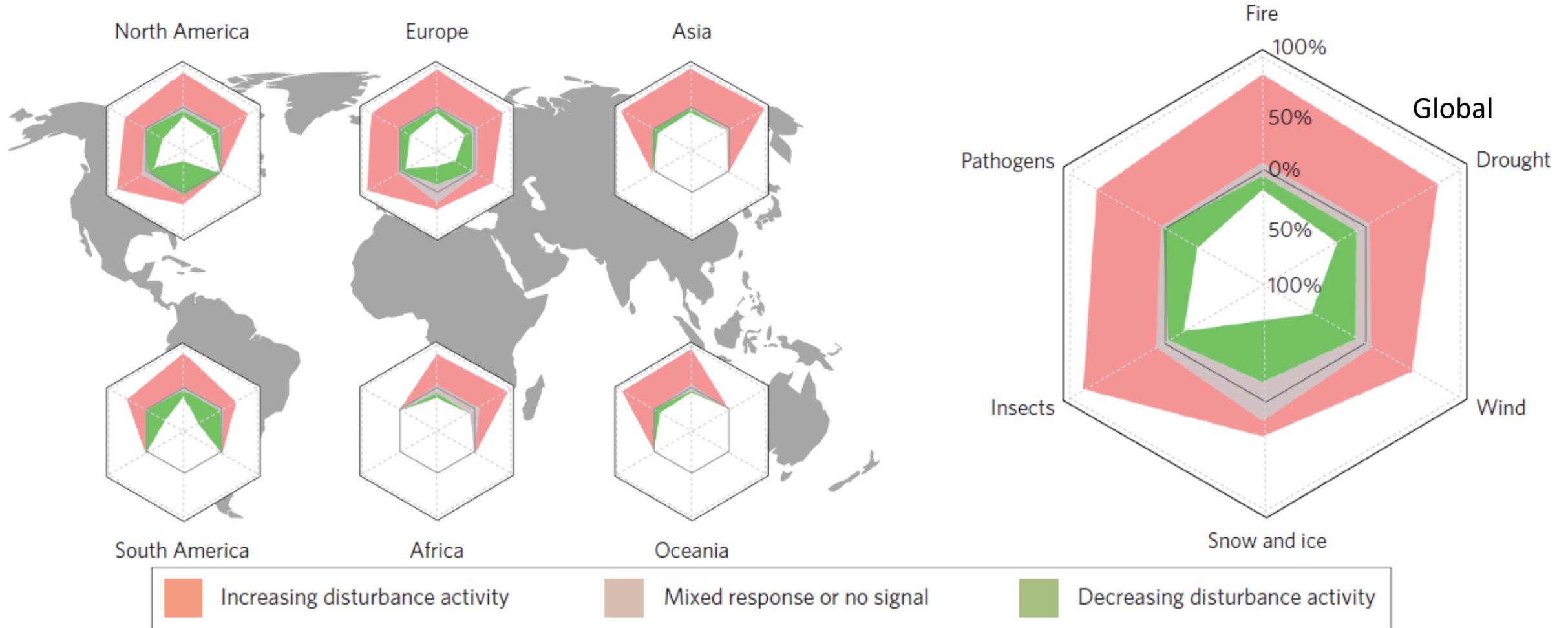
Voreilig eing geplante Bäume



POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH

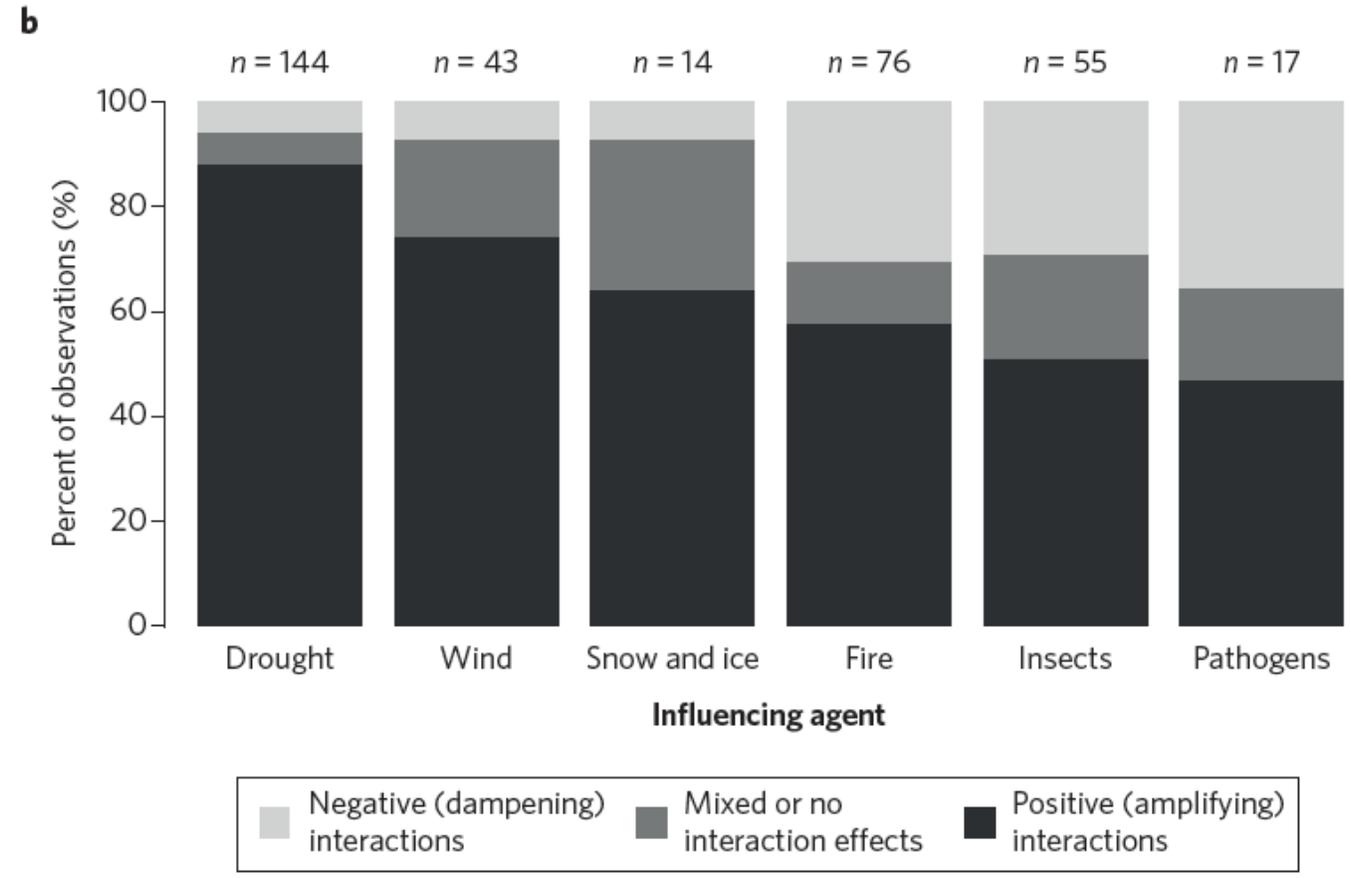
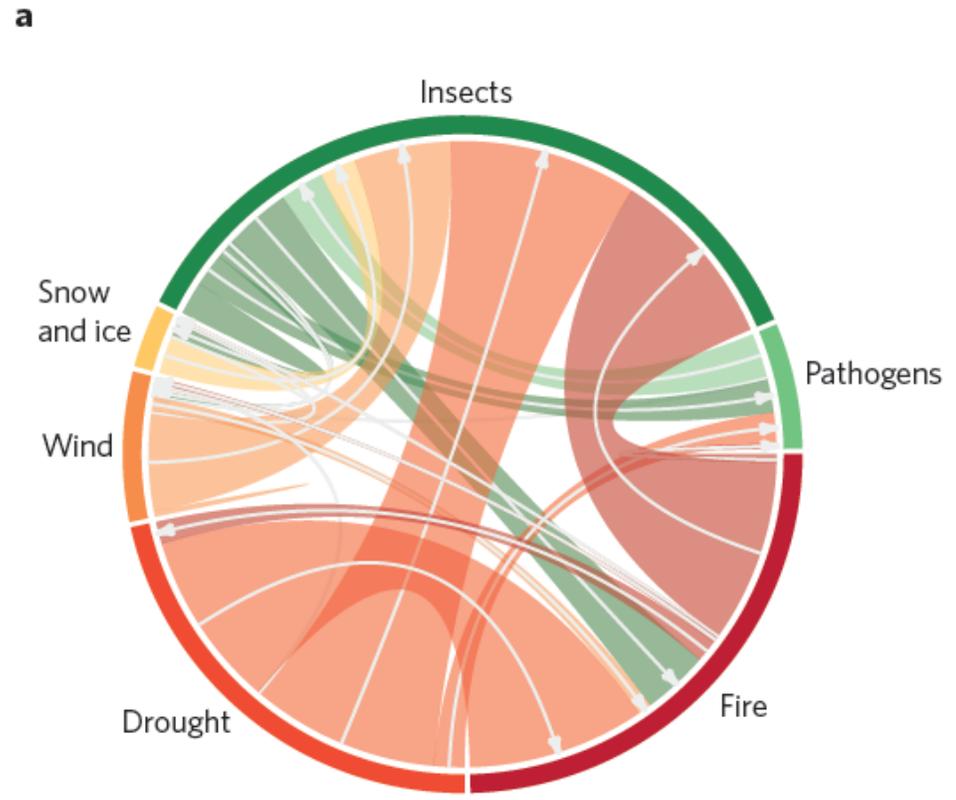


Waldstörungen nehmen zu in einer wärmeren und trockeneren Welt



Literaturstudie zu Auswirkungen des Klimawandels auf Waldstörungen: 674 Artikel, 1669 Datenpunkte

Waldstörungen interagieren stärker als bisher bekannt.....und diese Interaktionen verstärken die Auswirkungen



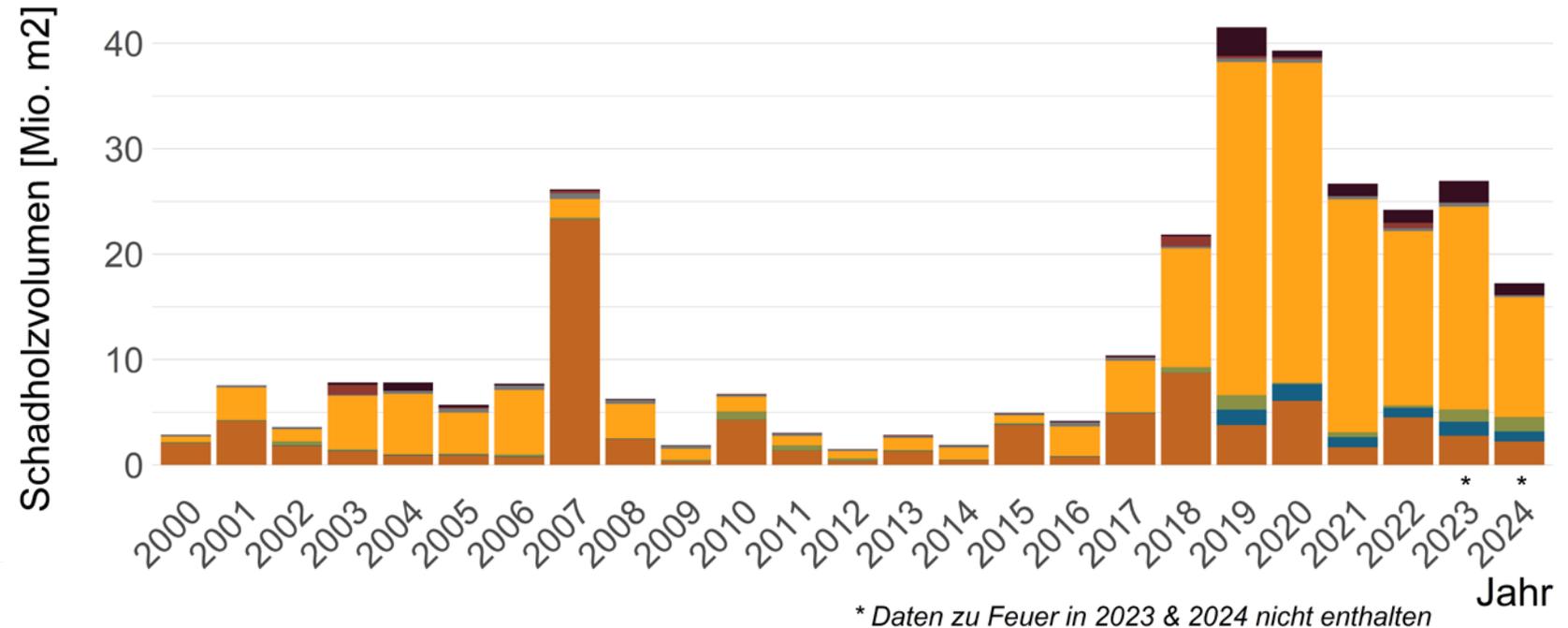
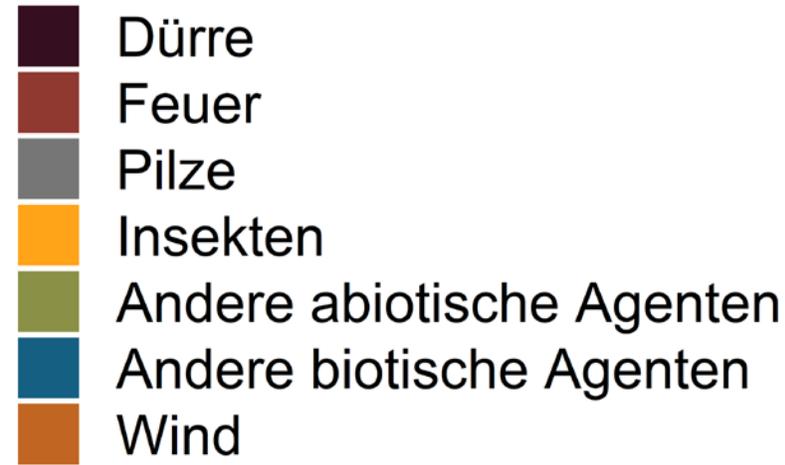
Literaturstudie zu Auswirkungen des Klimawandels auf Waldstörungen: 674 Artikel, 1669 Datenpunkte

Waldschäden in Deutschland folgen diesem Muster...

Unterschied 2007 und 2018:

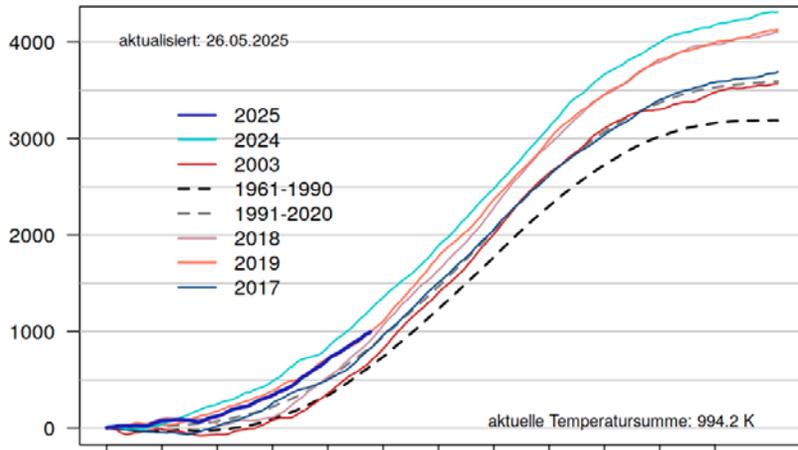
- 2007 hauptsächlich Sturmschaden (Kyrill)
- 2018 kombinierte Waldschäden durch Dürre, Sturm und Insekten

Ursache

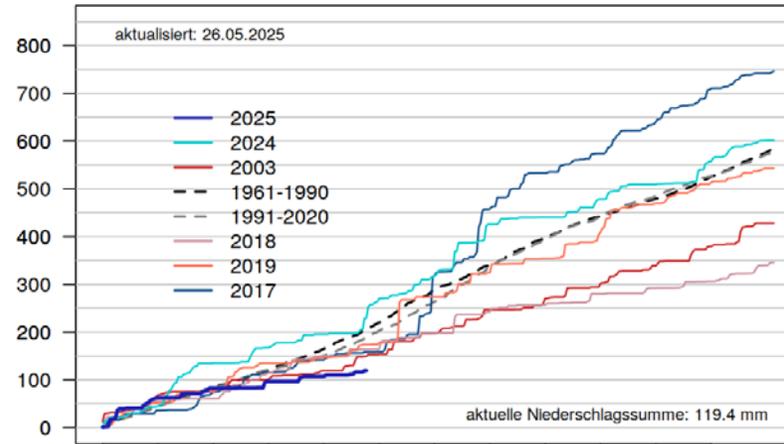


Aktuelle Daten der Wetterstation Potsdam/Telegrafenberg und des UFZ-Dürremonitors

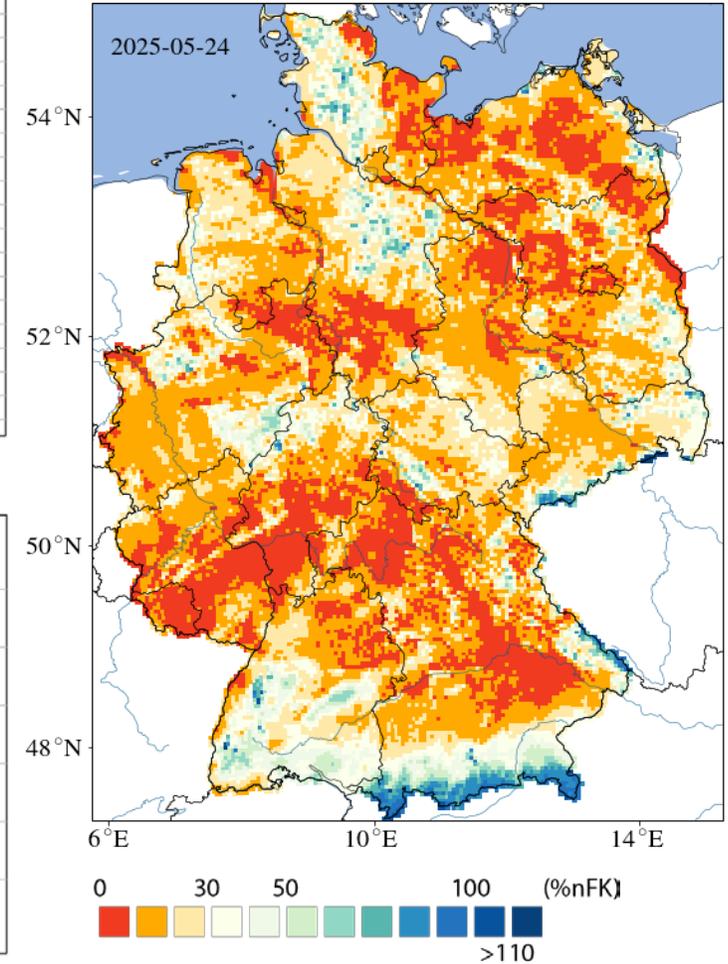
°C Tagesmitteltemperatur - kumulativ Jahrgang



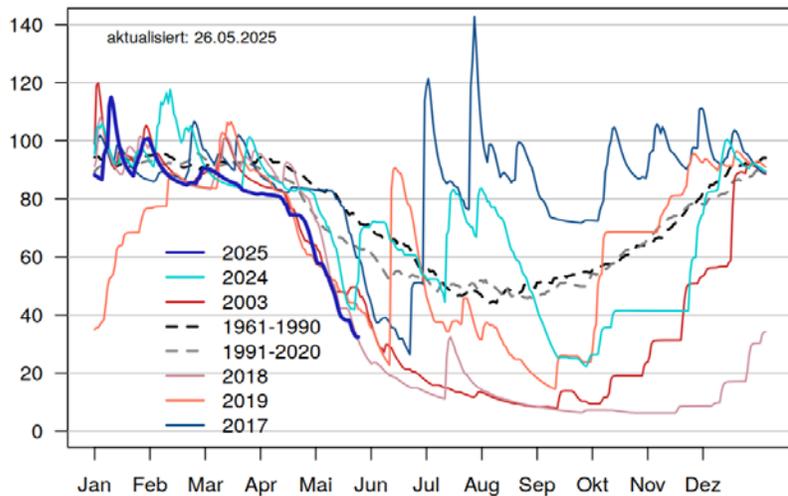
mm Niederschlag - kumulativ Jahrgang



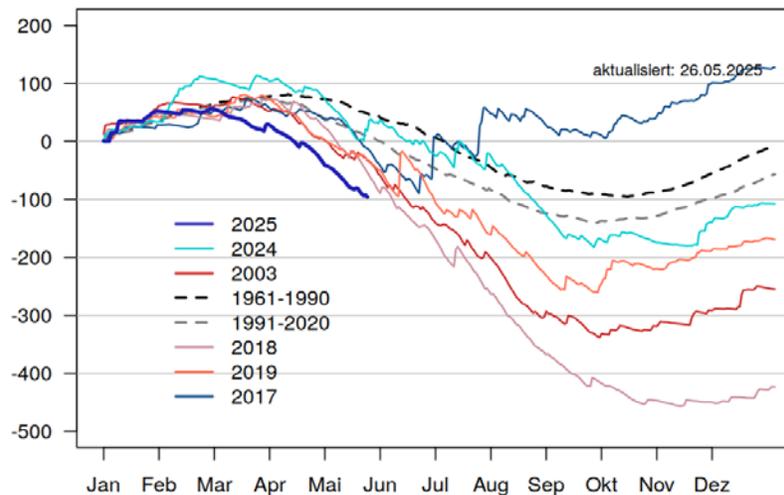
Pflanzenverfügbares Wasser bis 25cm



mm Bodenwasser - Jahrgang bis 1m Bodentiefe



mm Wasserbilanz - kumulativ Jahrgang



0 %nFK, Welkepunkt
 < 30 %nFK, Trockenstress
 < 50 %nFK, beginnender Trockenstress

Was ist der Anteil des Klimawandels an den beobachteten Extremen?

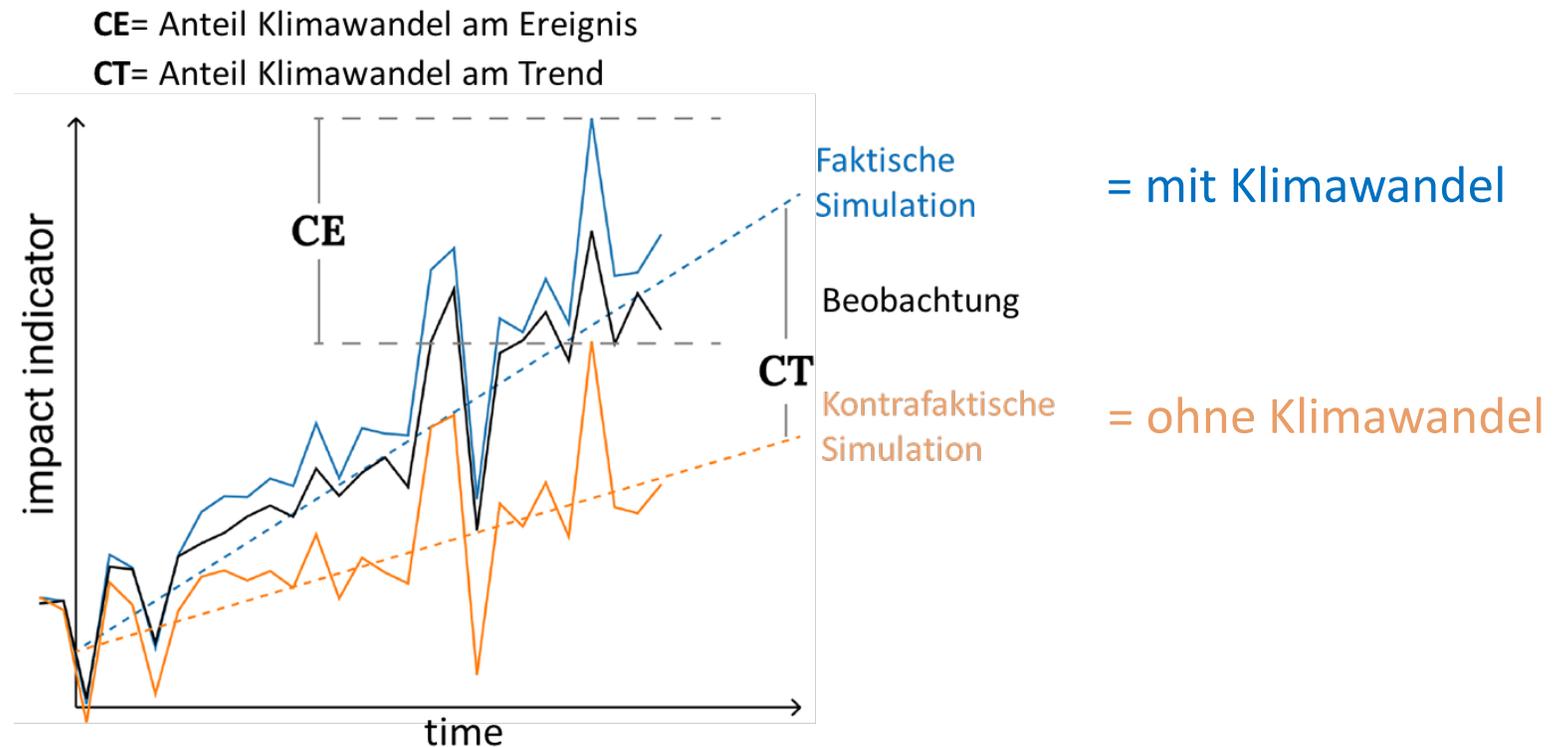
Was bedeuten die vielen Ansprüche an den Wald für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen und das Erreichen unserer Klimaschutz-, Anpassungs-, Bioökonomie- und Naturschutzziele unter Klimawandel?

Modelle und Szenarien

- Szenarien & Projektionen → “mögliche Zukünfte“
- Modell ≠ Realität
- Modelle haben unterschiedliche Zielsetzungen
- Modellensembles um Unsicherheiten abzudecken

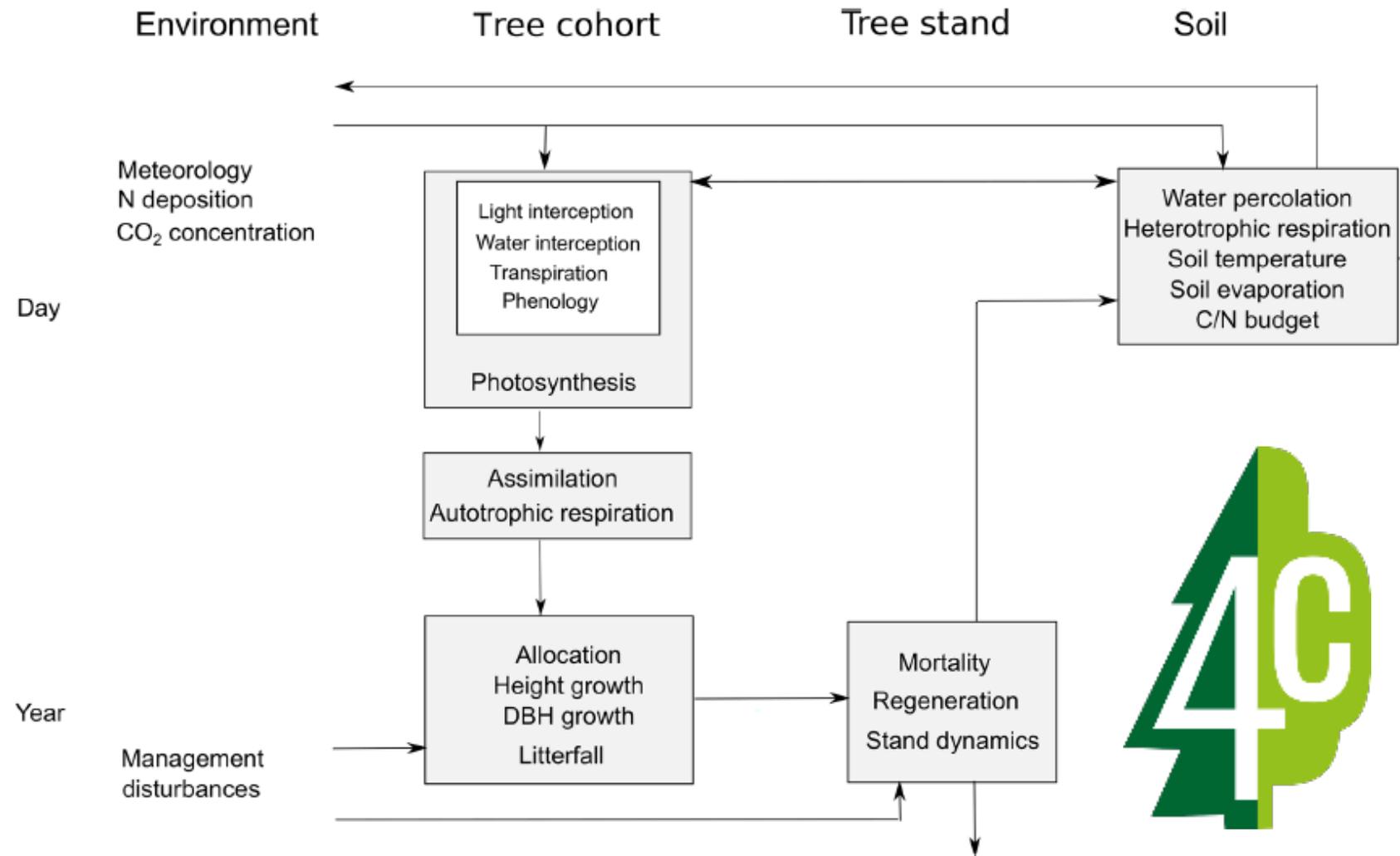
Attributionskonzept

- › zielt darauf ab, die Triebkräfte für Veränderungen in einem System zu quantifizieren
- › Differenz zwischen dem beobachteten Zustand des Systems und einer kontrafaktischen Basislinie
 - › Verhalten des Systems ohne Klimawandel, wobei Klimawandel → "langfristiger Trend im Klima, unabhängig von seiner Ursache" (IPCC, 2014)



Daten und prozess-basiertes Waldwachstumsmodell 4C

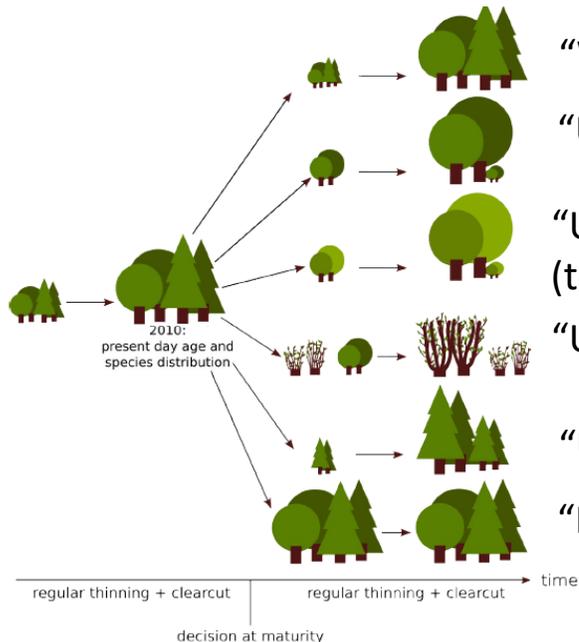
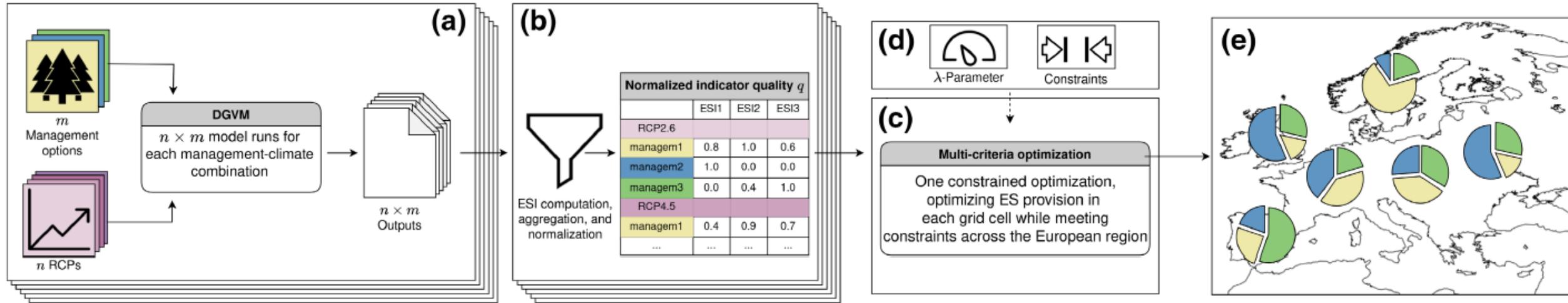
- 48000 Aufnahmepunkte der Bundeswaldinventur 2012
- Bodendaten BÜK1000N V2.31 (BGR)
- Dürre-Indikator definiert als *“die Anzahl der Tage im Jahr bei denen der pflanzenverfügbare Bodenwassergehalt in der Wurzelzone weniger als 40% beträgt (D_{paw40})”* (Bréda et al., 2006, AFS)



Was ist der Anteil des Klimawandels an den beobachteten Extremen?

Was bedeuten die vielen Ansprüche an den Wald für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen und das Erreichen unserer Klimaschutz-, Anpassungs-, Bioökonomie- und Naturschutzziele unter Klimawandel?

Multi-kriterielle Optimierung für Europäische Wälder mit LPJ-GUESS



“Weiter wie bisher (base)”

“Umbau zu Laubholz (toBd)”

“Umbau zu immergrünem Laubholz (toBe)”

“Umbau zu Niederwald (toCoppice)”

“Umbau zu Nadelwald (ToNe)”

“Kein Management (unmanaged)”

Indikatoren für Ökosystemleistungen

- C-Pool = Waldkohlenstoffspeicher
- Mitigation = Waldkohlenstoffspeicher + Produktspeicher + Substitutionseffekte
- Harvests = Gesamtholzernte
- HLP = Holzernte für langlebige Holzprodukte
- ET = Gesamtevapotranspiration
- Ψ_{soil} = Bodenwasserpotential
- z_0 = Oberflächenrauigkeit
- Bio = Totholz, dicke Bäume

Gregor et al. 2022, Earth's Future

Gregor et al. 2024, Global Change Biology



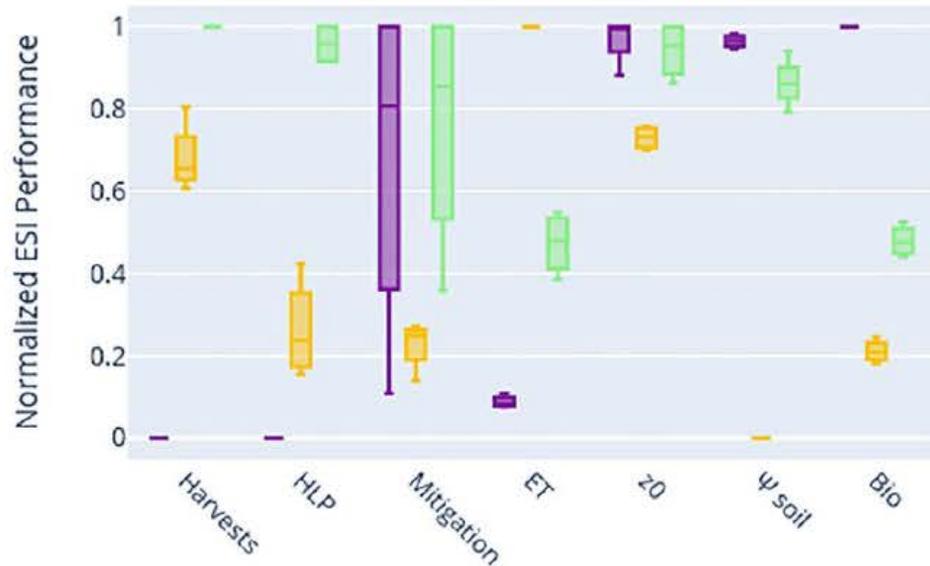
POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE IMPACT RESEARCH



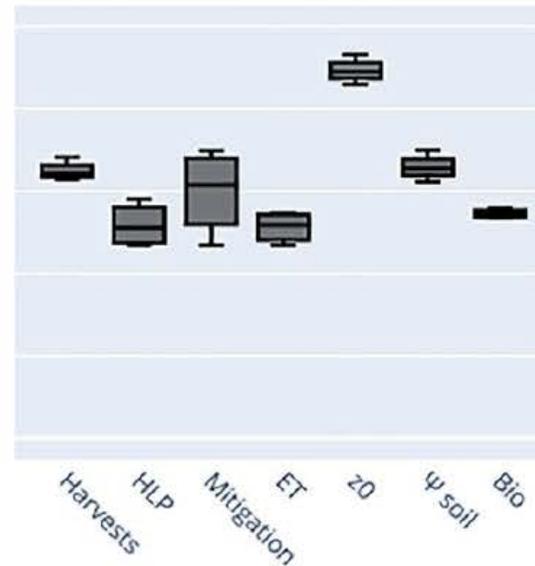
Beispiel einer Gitterzelle in Süd-Schweden

Southern Sweden (13.75, 55.75)

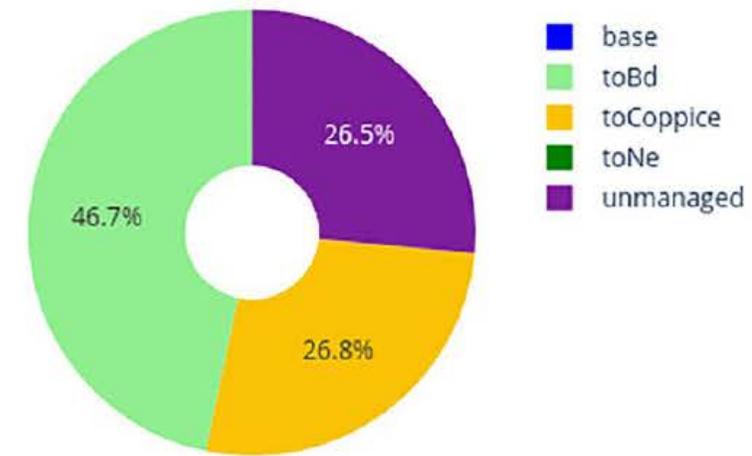
Ökosystemleistungen in 2100-2130



Optimierte Ökosystemleistungen



Optimiertes Portfolio



- Starke Streuung über Klimaszenarien
- Optimierung balanciert Ökosystemleistungen aus

Lokale Optimierung von Ökosystemleistungen führt zu mehr unbewirtschafteten Wäldern, mehr Laubholz in 2100-2130 und weniger Holzernte

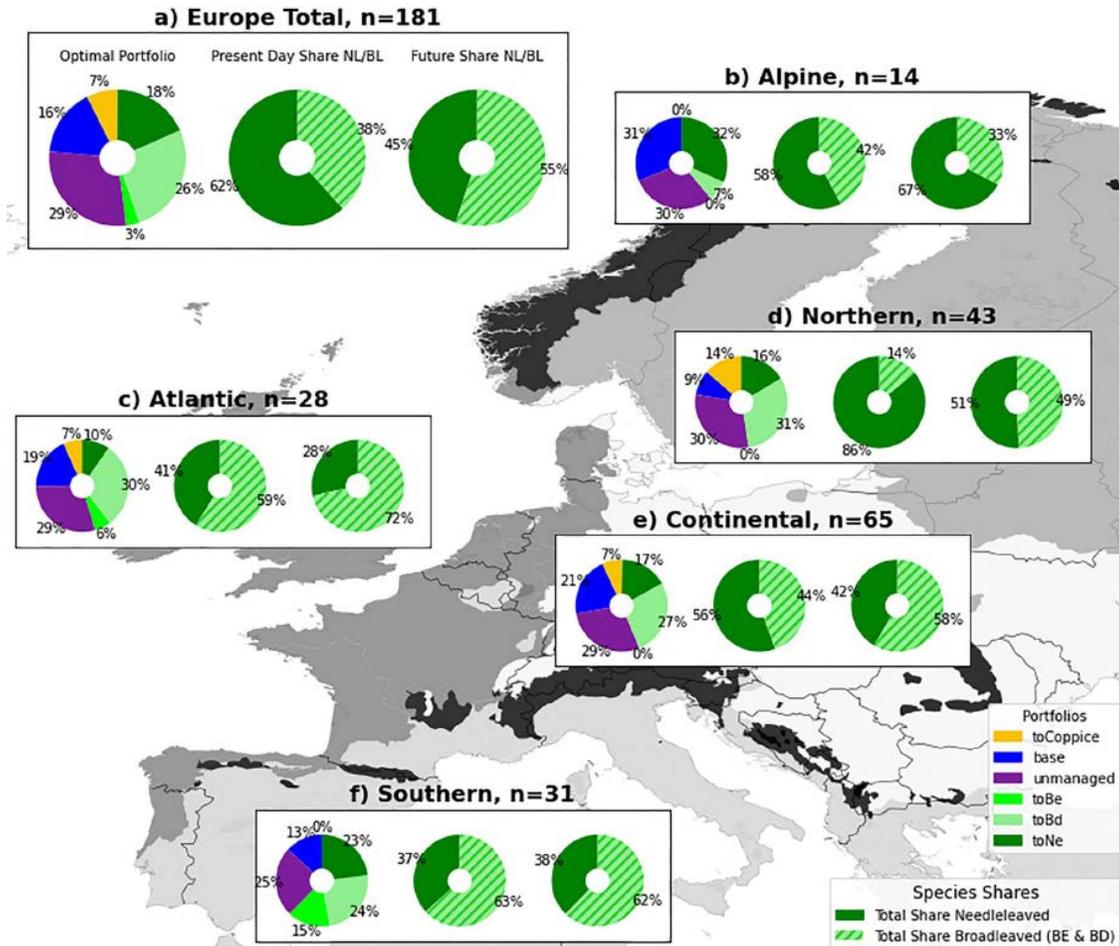


Table 4

Ecosystem Service Indicator Mean Performances if One Management Were Applied to the 181 Grid Cells

Unit	C-Pool kgC/m ²	Mitigation kgC/m ²	Harvests m ³ /ha/yr	HLP m ³ /ha/yr	ET mm/yr	Ψ_{soil} MPa	z_0 m	Bio unitless
base	9.8(±0.2)	1.7(±0.6)	2.99(±0.36)	0.77(±0.09)	495(±22)	-1.55(±0.10)	0.53(±0.01)	0.47(±0.01)
toBd	10.1(±0.1)	1.7(±0.7)	2.77(±0.52)	0.43(±0.07)	498(±17)	-1.66(±0.12)	0.75(±0.03)	0.55(±0.02)
toBe*	3.0(±0.1)	0.5(±0.2)	0.78(±0.08)	0.12(±0.01)	457(±47)	-2.76(±0.08)	0.41(±0.02)	0.08(±0.00)
toCoppice	9.9(±0.1)	1.3(±0.5)	1.77(±0.35)	0.11(±0.01)	505(±22)	-2.12(±0.10)	0.60(±0.03)	0.21(±0.01)
toNe	9.7(±0.2)	1.7(±0.6)	3.20(±0.29)	0.98(±0.10)	490(±25)	-1.44(±0.07)	0.40(±0.01)	0.42(±0.02)
unmanaged	12.2(±0.2)	1.8(±0.2)	0.08(±0.01)	0.02(±0.00)	492(±23)	-1.53(±0.07)	0.66(±0.04)	0.77(±0.04)
Present	10.3	0.0	2.48	0.65	501	-1.41	0.52	_b
Optimized	10.7(±0.1)	1.7(±0.5)	2.10(±0.29)	0.44(±0.05)	498(±22)	-1.64(±0.09)	0.63(±0.02)	0.57(±0.01)
Double harv	10.4(±0.2)	1.7(±0.6)	2.47(±0.32)	0.55(±0.06)	498(±22)	-1.62(±0.09)	0.62(±0.02)	0.54(±0.01)
Double mit	11.0(±0.1)	1.8(±0.5)	1.75(±0.26)	0.34(±0.04)	495(±21)	-1.58(±0.09)	0.67(±0.02)	0.64(±0.00)

- C-Pool = Waldkohlenstoffspeicher
- Mitigation = Waldkohlenstoffspeicher + Produktspeicher + Substitutionseffekte
- Harvests = Gesamtholzernte
- HLP = Holzernte für langlebige Holzprodukte
- ET = Gesamtevapotranspiration
- Ψ_{soil} = Bodenwasserpotential
- z_0 = Oberflächenrauigkeit
- Bio = Totholz
- Double harv/mit = doppelte Gewichtung von 'Harvests' oder 'Mitigation' in Optimierung

Lokale Optimierung von Ökosystemleistungen führt zu mehr unbewirtschafteten Wäldern, mehr Laubholz in 2100-2130 und weniger Holzernte

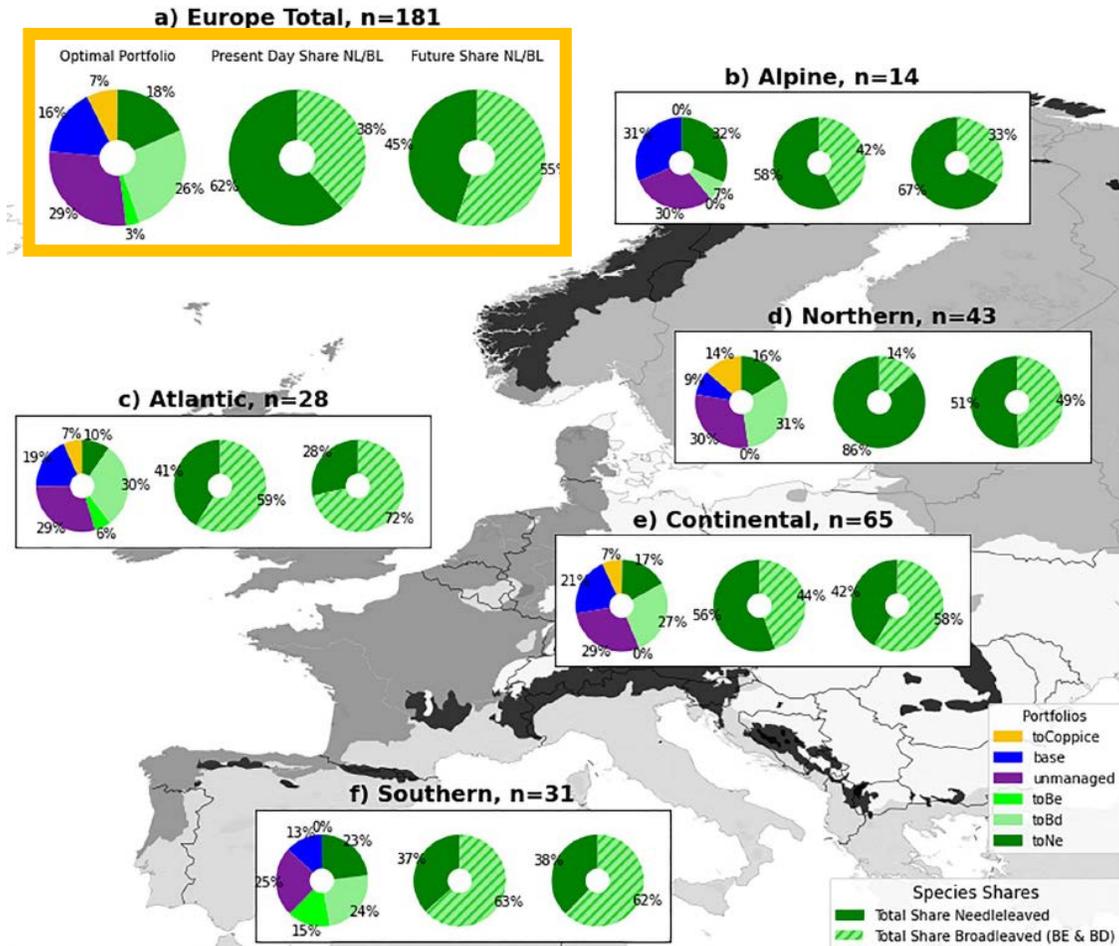


Table 4

Ecosystem Service Indicator Mean Performances if One Management Were Applied to the 181 Grid Cells

Unit	C-Pool kgC/m ²	Mitigation kgC/m ²	Harvests m ³ /ha/yr	HLP m ³ /ha/yr	ET mm/yr	Ψ _{soil} MPa	z ₀ m	Bio unitless
base	9.8(±0.2)	1.7(±0.6)	2.99(±0.36)	0.77(±0.09)	495(±22)	-1.55(±0.10)	0.53(±0.01)	0.47(±0.01)
toBd	10.1(±0.1)	1.7(±0.7)	2.77(±0.52)	0.43(±0.07)	498(±17)	-1.66(±0.12)	0.75(±0.03)	0.55(±0.02)
toBe*	3.0(±0.1)	0.5(±0.2)	0.78(±0.08)	0.12(±0.01)	457(±47)	-2.76(±0.08)	0.41(±0.02)	0.08(±0.00)
toCoppice	9.9(±0.1)	1.3(±0.5)	1.77(±0.35)	0.11(±0.01)	505(±22)	-2.12(±0.10)	0.60(±0.03)	0.21(±0.01)
toNe	9.7(±0.2)	1.7(±0.6)	3.20(±0.29)	0.98(±0.10)	490(±25)	-1.44(±0.07)	0.40(±0.01)	0.42(±0.02)
unmanaged	12.2(±0.2)	1.8(±0.2)	0.08(±0.01)	0.02(±0.00)	492(±23)	-1.53(±0.07)	0.66(±0.04)	0.77(±0.04)
Present	10.3	0.0	2.48	0.65	501	-1.41	0.52	0.57
Optimized	10.7(±0.1)	1.7(±0.5)	2.10(±0.29)	0.44(±0.05)	498(±22)	-1.64(±0.09)	0.63(±0.02)	0.57(±0.01)
Double harv	10.4(±0.2)	1.7(±0.6)	2.47(±0.32)	0.55(±0.06)	498(±22)	-1.62(±0.09)	0.62(±0.02)	0.54(±0.01)
Double mit	11.0(±0.1)	1.8(±0.5)	1.75(±0.26)	0.34(±0.04)	495(±21)	-1.58(±0.09)	0.67(±0.02)	0.64(±0.00)

- C-Pool = Waldkohlenstoffspeicher
- Mitigation = Waldkohlenstoffspeicher + Produktspeicher + Substitutionseffekte
- Harvests = Gesamtholzernte
- HLP = Holzernte für langlebige Holzprodukte
- ET = Gesamtepotranspiration
- Ψ_{soil} = Bodenwasserpotential
- z₀ = Oberflächenrauigkeit
- Bio = Totholz
- Double harv/mit = doppelte Gewichtung von 'Harvests' oder 'Mitigation' in Optimierung

Lokale Optimierung von Ökosystemleistungen führt zu mehr unbewirtschafteten Wäldern, mehr Laubholz in 2100-2130 und weniger Holzernte

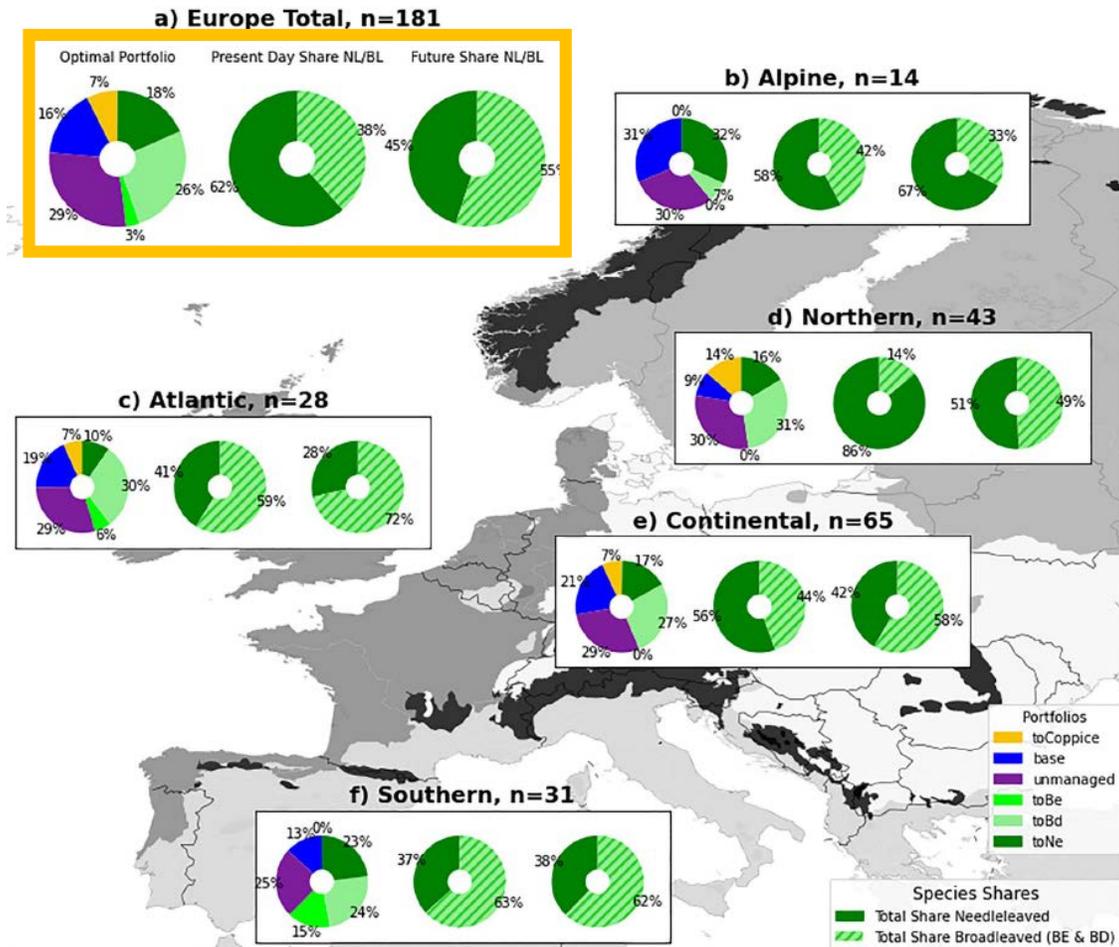


Table 4
Ecosystem Service Indicator Mean Performances if One Management Were Applied to the 181 Grid Cells

Unit	C-Pool kgC/m ²	Mitigation kgC/m ²	Harvests m ³ /ha/yr	HLP m ³ /ha/yr	ET mm/yr	Ψ _{soil} MPa	z ₀ m	Bio unitless
base	9.8(±0.2)	1.7(±0.6)	2.99(±0.36)	0.77(±0.09)	495(±22)	-1.55(±0.10)	0.53(±0.01)	0.47(±0.01)
toBd	10.1(±0.1)	1.7(±0.7)	2.77(±0.52)	0.43(±0.07)	498(±17)	-1.66(±0.12)	0.75(±0.03)	0.55(±0.02)
toBe*	3.0(±0.1)	0.5(±0.2)	0.78(±0.08)	0.12(±0.01)	457(±47)	-2.76(±0.08)	0.41(±0.02)	0.08(±0.00)
toCoppice	9.9(±0.1)	1.3(±0.5)	1.77(±0.35)	0.11(±0.01)	505(±22)	-2.12(±0.10)	0.60(±0.03)	0.21(±0.01)
toNe	9.7(±0.2)	1.7(±0.6)	3.20(±0.29)	0.98(±0.10)	490(±25)	-1.44(±0.07)	0.40(±0.01)	0.42(±0.02)
unmanaged	12.2(±0.2)	1.8(±0.2)	2.47(±0.32)	0.55(±0.06)	492(±23)	-1.53(±0.07)	0.66(±0.04)	0.77(±0.04)
Present	10.3	0.0	2.48	0.65	501	-1.41	0.52	_b
Optimized	10.7(±0.1)	1.7(±0.5)	2.10(±0.29)	0.44(±0.05)	498(±22)	-1.64(±0.09)	0.63(±0.02)	0.57(±0.01)
Double harv	10.4(±0.2)	1.7(±0.6)	2.47(±0.32)	0.55(±0.06)	498(±22)	-1.62(±0.09)	0.62(±0.02)	0.54(±0.01)
Double mit	11.0(±0.1)	1.8(±0.5)	1.75(±0.26)	0.34(±0.04)	495(±21)	-1.58(±0.09)	0.67(±0.02)	0.64(±0.00)

- C-Pool = Waldkohlenstoffspeicher
- Mitigation = Waldkohlenstoffspeicher + Produktspeicher + Substitutionseffekte
- Harvests = Gesamtholzernte
- HLP = Holzernte für langlebige Holzprodukte
- ET = Gesamtevapotranspiration
- Ψ_{soil} = Bodenwasserpotential
- z₀ = Oberflächenrauigkeit
- Bio = Totholz
- Double harv/mit = doppelte Gewichtung von 'Harvests' oder 'Mitigation' in Optimierung

Lokale Optimierung von Ökosystemleistungen führt zu mehr unbewirtschafteten Wäldern, mehr Laubholz in 2100-2130 und weniger Holzernte

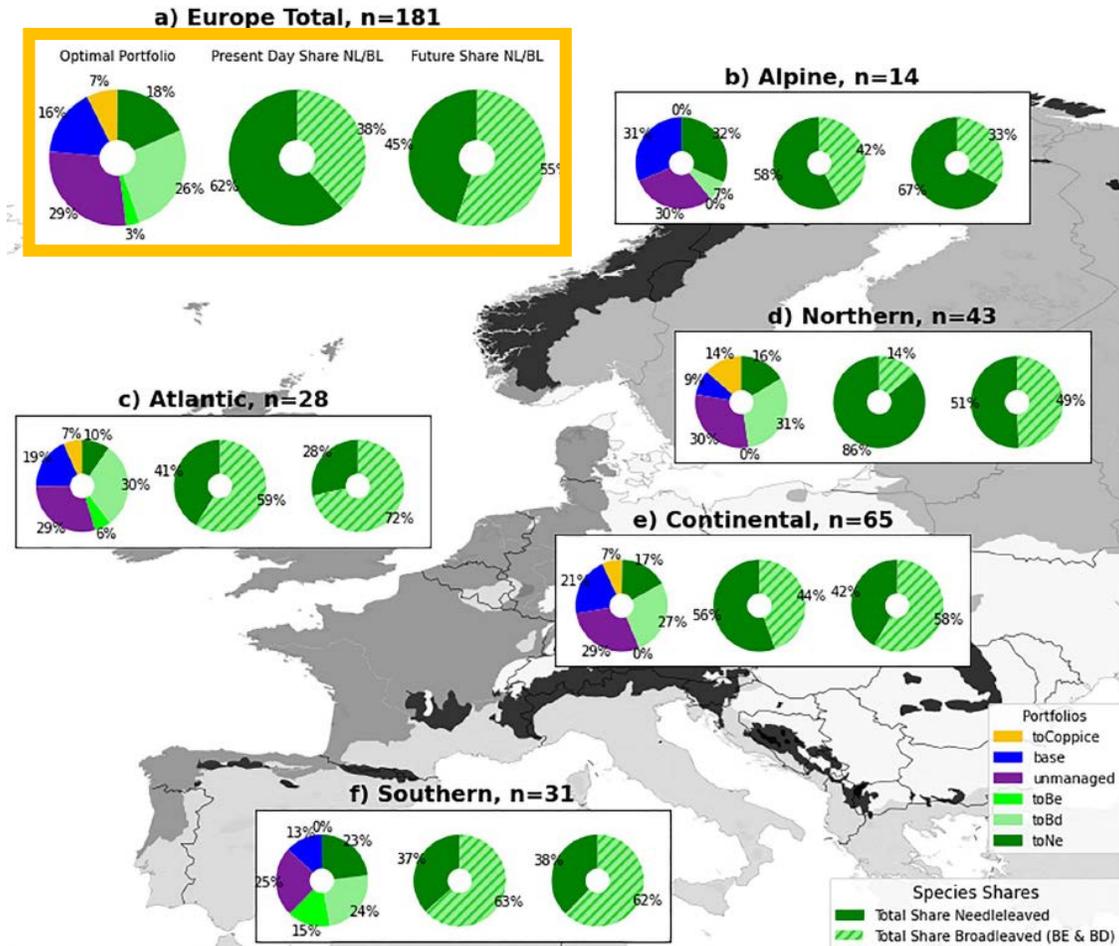


Table 4

Ecosystem Service Indicator Mean Performances if One Management Were Applied to the 181 Grid Cells

Unit	C-Pool kgC/m ²	Mitigation kgC/m ²	Harvests m ³ /ha/yr	HLP m ³ /ha/yr	ET mm/yr	Ψ _{soil} MPa	z ₀ m	Bio unitless
base	9.8(±0.2)	1.7(±0.6)	2.99(±0.36)	0.77(±0.09)	495(±22)	-1.55(±0.10)	0.53(±0.01)	0.47(±0.01)
toBd	10.1(±0.1)	1.7(±0.7)	2.77(±0.52)	0.43(±0.07)	498(±17)	-1.66(±0.12)	0.75(±0.03)	0.55(±0.02)
toBe*	3.0(±0.1)	0.5(±0.2)	0.78(±0.08)	0.12(±0.01)	457(±47)	-2.76(±0.08)	0.41(±0.02)	0.08(±0.00)
toCoppice	9.9(±0.1)	1.3(±0.5)	1.77(±0.35)	0.11(±0.01)	505(±22)	-2.12(±0.10)	0.60(±0.03)	0.21(±0.01)
toNe	9.7(±0.2)	1.7(±0.6)	3.20(±0.29)	0.98(±0.10)	490(±25)	-1.44(±0.07)	0.40(±0.01)	0.42(±0.02)
unmanaged	12.2(±0.2)	1.8(±0.2)	0.08(±0.01)	0.02(±0.00)	502(±22)	-1.53(±0.07)	0.66(±0.04)	0.77(±0.04)
Present	10.3	0.0	2.48	0.65	501	-1.41	0.52	_b
Optimized	10.7(±0.1)	1.7(±0.5)	2.10(±0.29)	0.44(±0.05)	498(±22)	-1.64(±0.09)	0.63(±0.02)	0.57(±0.01)
Double harv	10.4(±0.2)	1.7(±0.6)	2.47(±0.32)	0.55(±0.06)	498(±22)	-1.62(±0.09)	0.62(±0.02)	0.54(±0.01)
Double mit	11.0(±0.1)	1.8(±0.5)	1.75(±0.26)	0.34(±0.04)	495(±21)	-1.58(±0.09)	0.67(±0.02)	0.64(±0.00)

- C-Pool = Waldkohlenstoffspeicher
- Mitigation = Waldkohlenstoffspeicher + Produktspeicher + Substitutionseffekte
- Harvests = Gesamtholzernte
- HLP = Holzernte für langlebige Holzprodukte
- ET = Gesamtepotranspiration
- Ψ_{soil} = Bodenwasserpotential
- z₀ = Oberflächenrauigkeit
- Bio = Totholz
- Double harv/mit = doppelte Gewichtung von 'Harvests' oder 'Mitigation' in Optimierung

EU Strategien für Wälder

**COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN
PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL
COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS**

EU Biodiversity Strategy for 2030

Bringing nature back into our lives

**COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN
PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL
COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS**

New EU Forest Strategy for 2030

**REGULATION (EU) 2018/841 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
of 30 May 2018**

**on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and
forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013
and Decision No 529/2013/EU**



POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH

Leibniz
Leibniz
Association

EU Strategien für Wälder

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS

**30% der EU Landfläche schützen
Strenger Schutz von 10% der EU Landfläche**

COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS

**Anpassung von Wäldern an Klimawandel
Multifunktionalität verbessern
Mischwälder fördern**

REGULATION (EU) 2018/841 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
of 30 May 2018

**+ stabile Holzernte für Bioökonomie
+ Holzernte für langlebige Produkte → Bauwende**

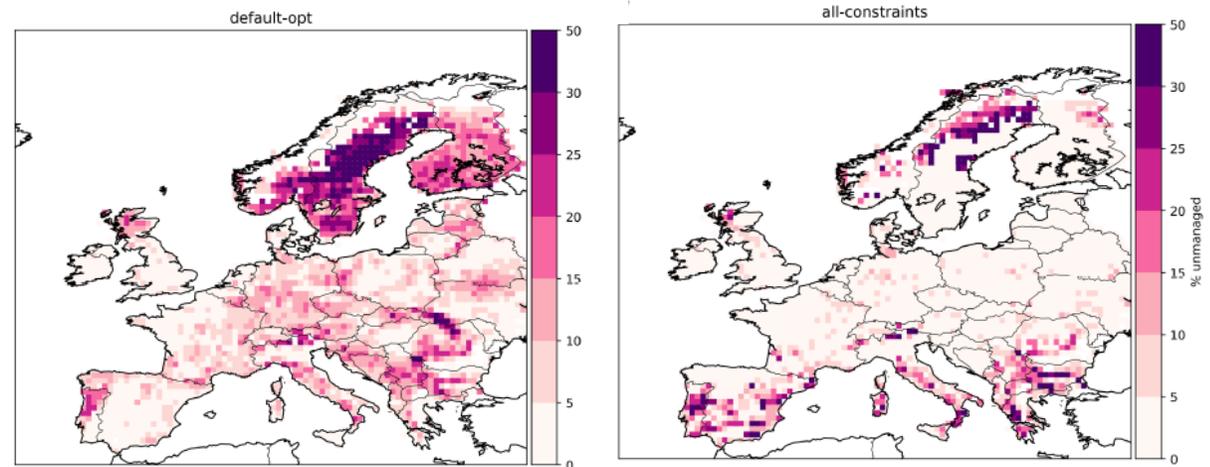
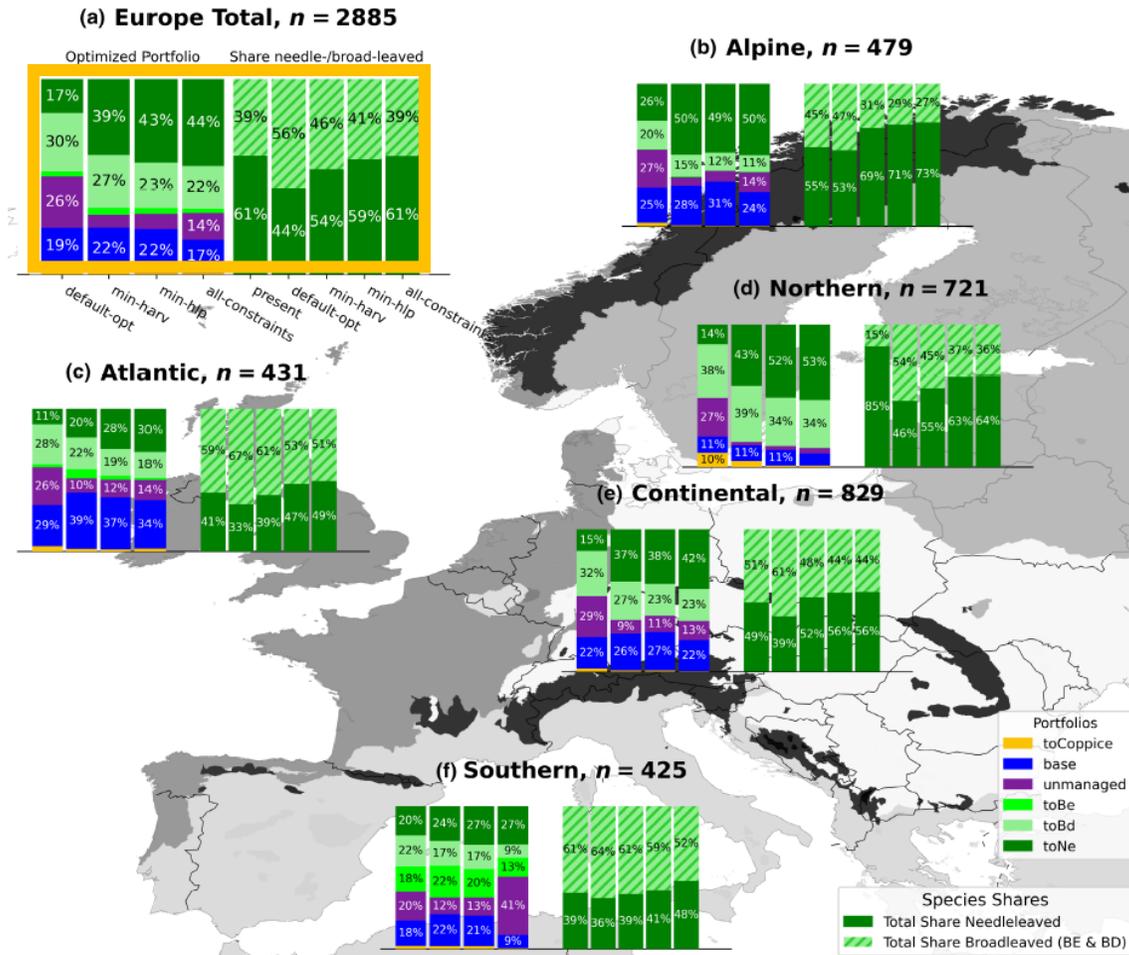
**EU Wälder müssen in jedem Mitgliedsstaat eine Senke sein
Gesamtwaldsenke der EU 310 MtCO₂/Jahr**

EU-weite Optimierung von Ökosystemleistungen unter Einhaltung von EU-Politikzielen führt zu mehr bewirtschafteten Wäldern in 2100-2130

min-harv: Gesamtholzernte der EU größer/gleich heutiges Level
min-hlp: Holzernte für langlebige Holzprodukte größer/gleich heutiges Level

all-constraints: Zusätzlich zu min-harv und min-hlp, 13.8% der Waldfläche die geerntet werden könnte bleibt unbewirtschaftet

- ➔ starke Segregation von Ökosystemleistungen (48% Gitterzellen ohne jeglichen Schutz, Holzproduktion in Nord- und Mitteleuropa, Kohlenstoffspeicher reduziert)
- ➔ Südeuropa und alpine Regionen deutlich mehr Naturschutz
- ➔ nicht alle Waldökosysteme gleichmäßig geschützt

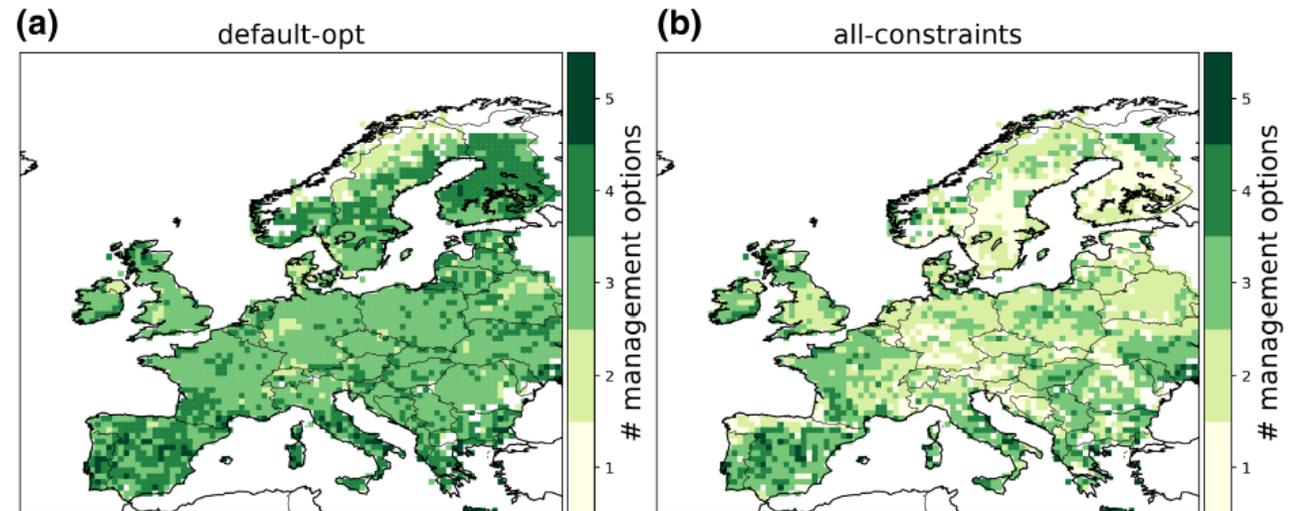
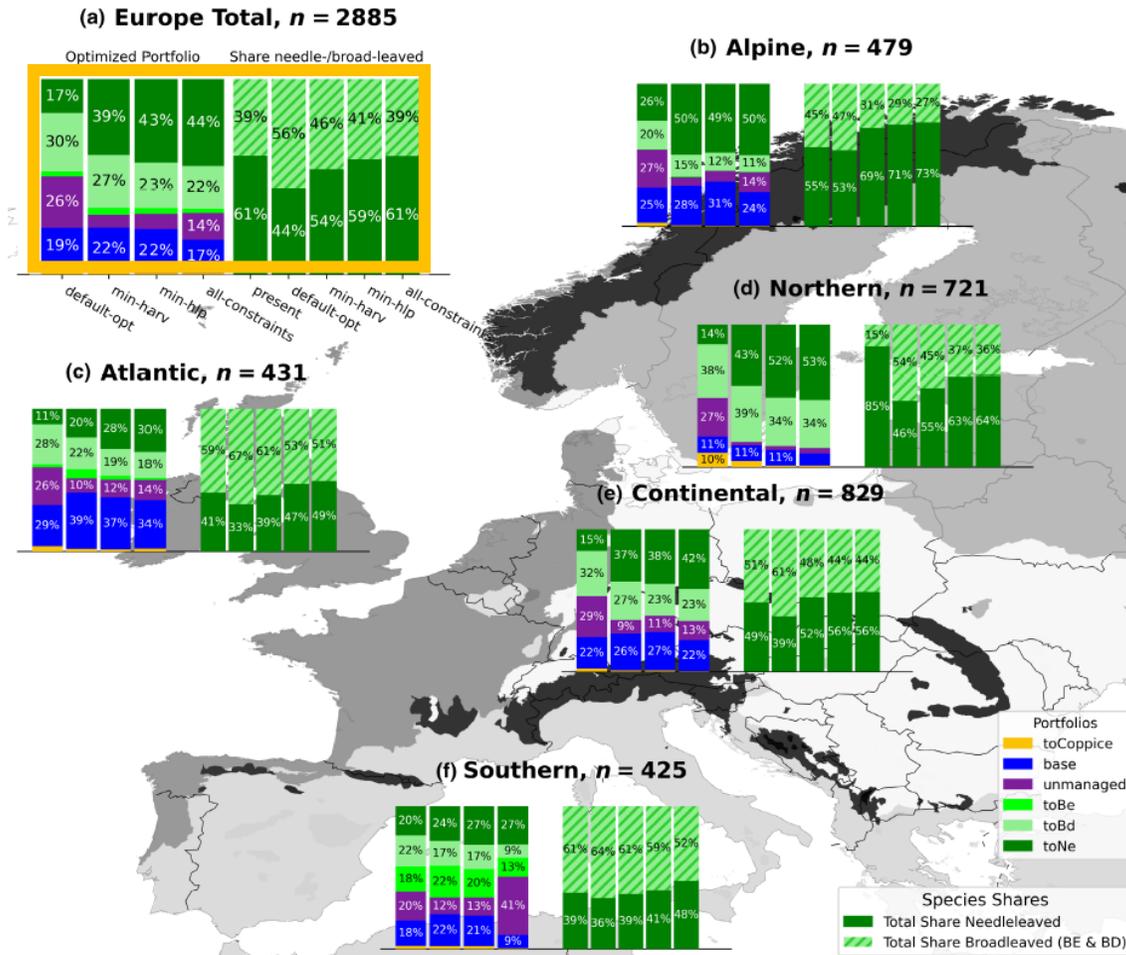


EU-weite Optimierung von Ökosystemleistungen unter Einhaltung von EU-Politikzielen führt zu mehr bewirtschafteten Wäldern in 2100-2130

min-harv: Gesamtholzernte der EU größer/gleich heutiges Level
min-hlp: Holzernte für langlebige Holzprodukte größer/gleich heutiges Level

all-constraints: Zusätzlich zu min-harv und min-hlp, 13.8% der Waldfläche die geerntet werden könnte bleibt unbewirtschaftet

- ➔ weniger Multifunktionalität
- ➔ weniger Risikodiversifizierung
- ➔ Probleme für Anpassung (viel Nadelholz für Holzprodukte benötigt bei Unterschätzung von Störungen)



Zusammenfassung

1. Klimawandel und Schaderreignisse nehmen weiter zu → Chance Wälder anzupassen und die Rolle von Wäldern umzudenken
2. Trockenstress ist Dauergefahr und Laubbäume helfen, aber Umbaugeschwindigkeit ist wichtig
3. Wälder müssen nicht nur Klimafolgen standhalten und angepasst werden sondern auch einer weiten Reihe von anderen gesellschaftlichen Ansprüchen gerecht werden (Klimaschutz, Holznutzung, Biodiversitätsschutz, Erholungswald, Trinkwasser...) → können nicht alle gleichzeitig maximiert werden und sind nicht überall miteinander kompatibel → Zielkonflikte
4. Die Entscheidungsfindung in Wäldern als sozial-ökologische Systeme muss viele Perspektiven und lokale Gegebenheiten berücksichtigen → Chance die Wälder und ihre Ökosystemleistungen besser in der Gesellschaft zu verankern

Danke und herzlichen Glückwunsch zum 75ten...



POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH

