



Hochschule
für nachhaltige Entwicklung
Eberswalde



Centre for Economics and
Ecosystem Management

6. Tag des nachhaltigen Planens und Bauens

31.08.2022

Potsdam

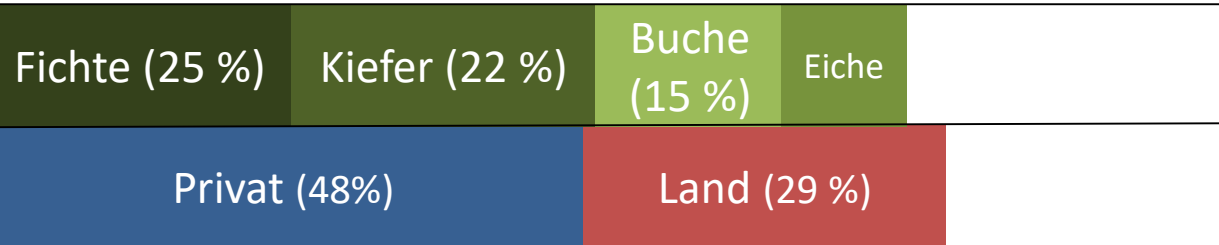
Forum 3

Ressource Holz

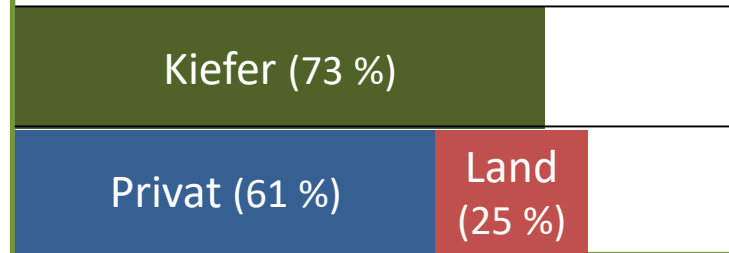
Dr. Jeanette Blumröder

j.blumroeder@hnee.de





Wald Deutschland
11,4 Mio. ha Waldfläche = 32 %

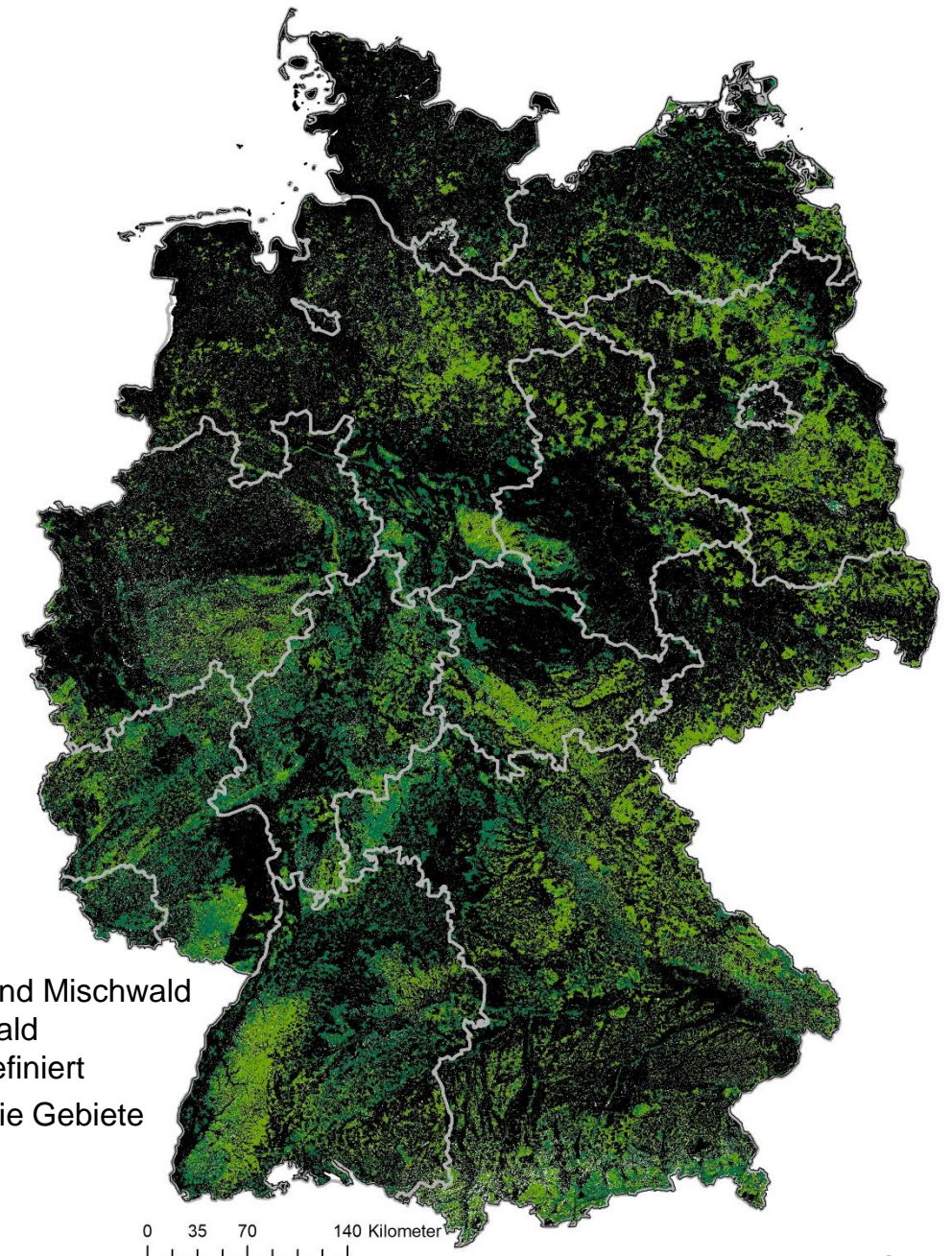


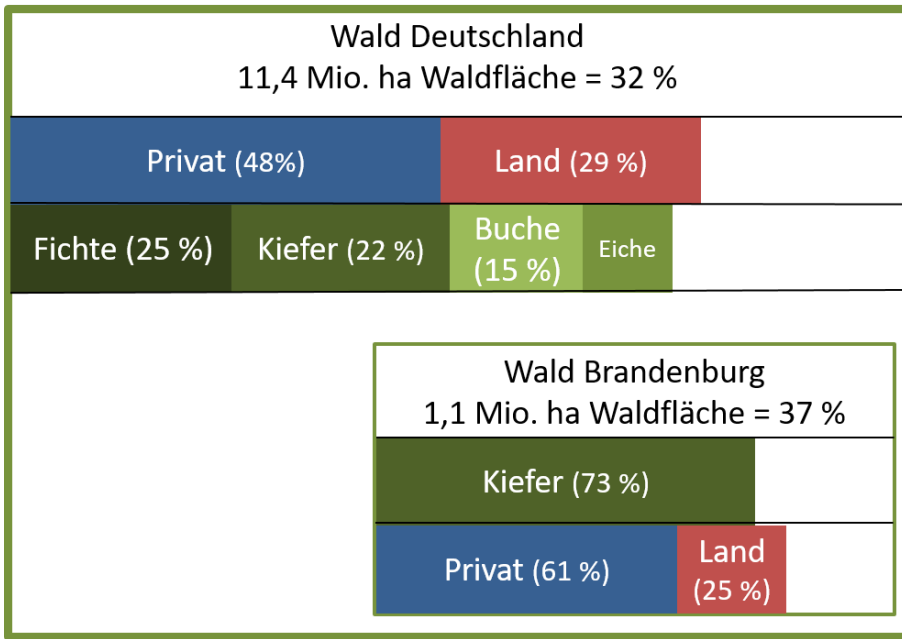
Wald Brandenburg
1,1 Mio. ha Waldfläche = 37 %



Waldarten

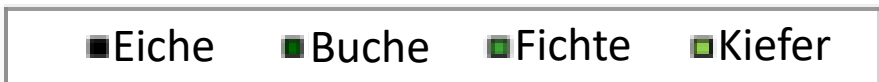
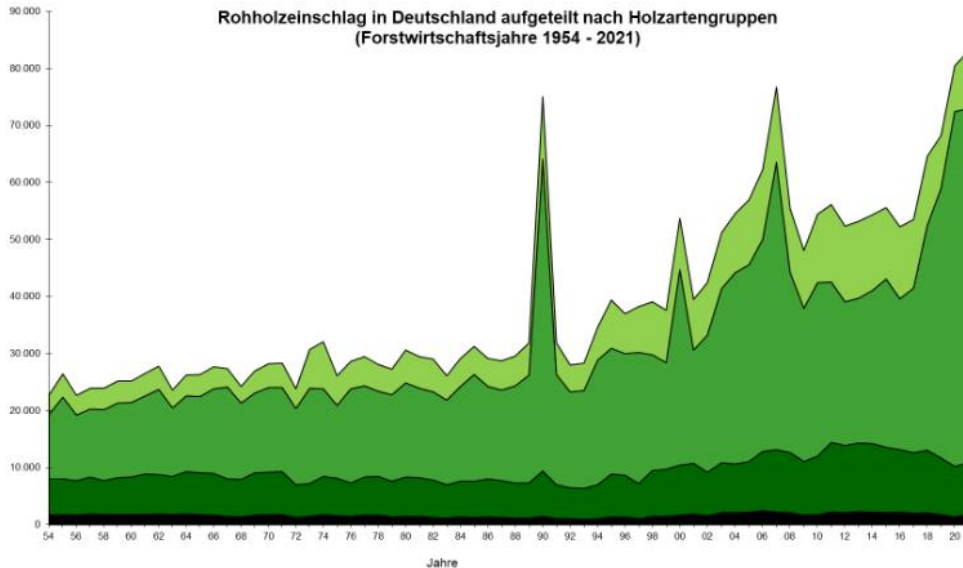
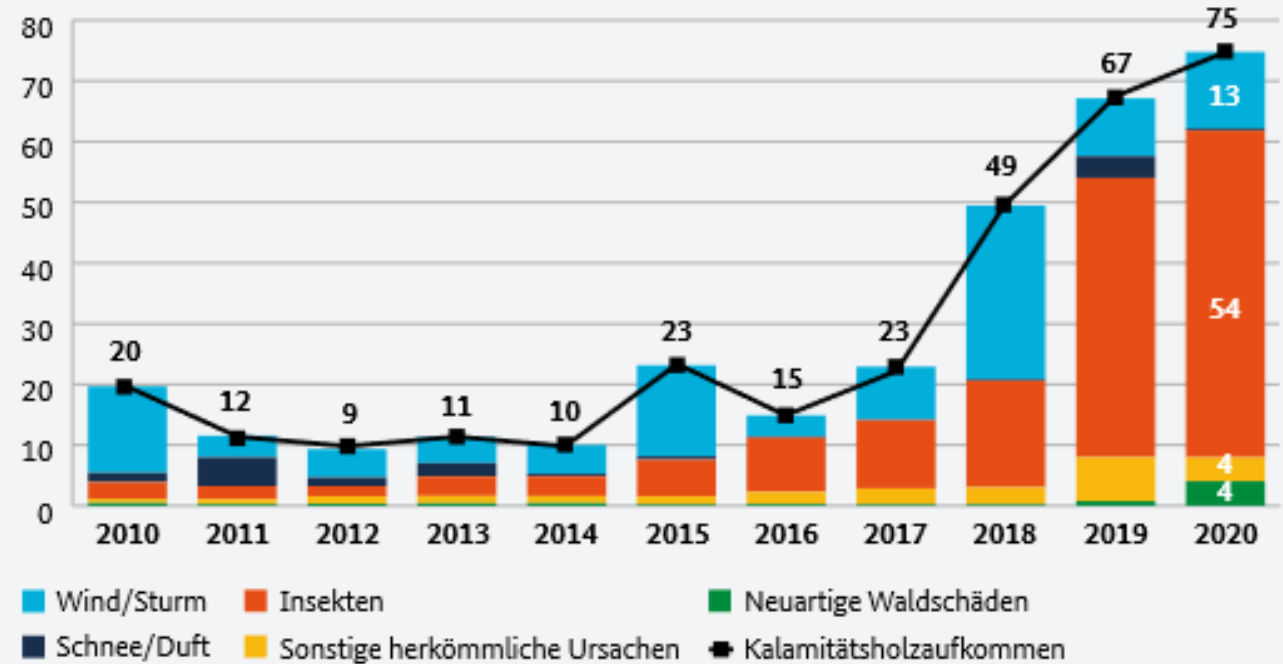
-  Laub- und Mischwald
-  Nadelwald
-  Nicht definiert
-  Waldfreie Gebiete

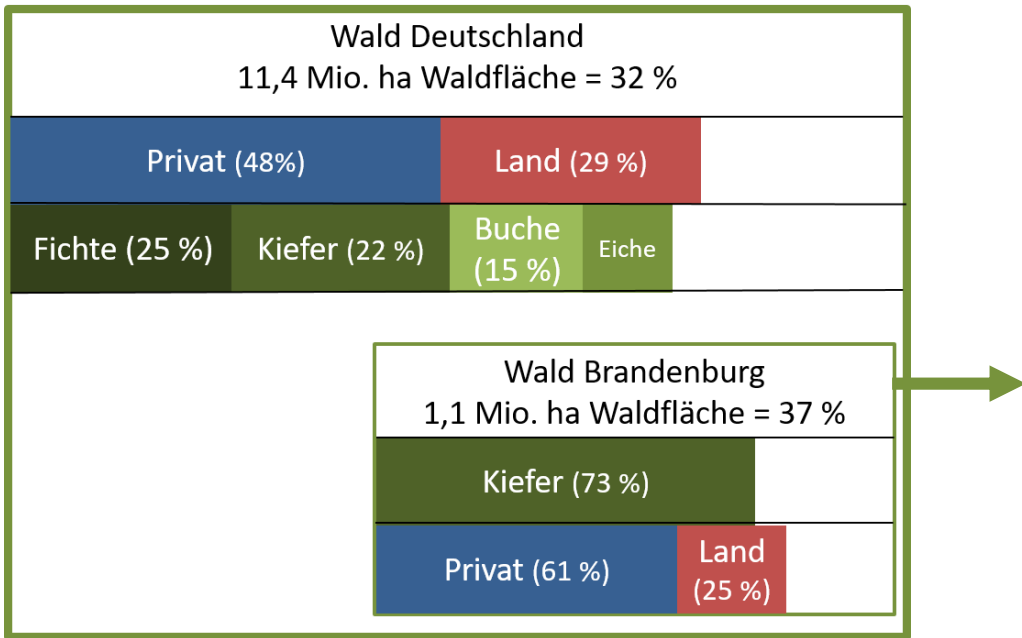




- Seit 2018 ca. 400.000 ha Schadfläche
- Holzeinschlag 2020: 80,4 Mio. m³
 - davon 53,8 Mio. m³ Kalamitätsholz (67 %)
- Holzeinschlag 2021: 82,9 Mio. m³
 - davon 50,5 Mio. m³ Kalamitätsholz (61 %)

Anteil Kalamitätsholz am Gesamteinschlag mit Schadursachen (%)





- Holzeinschlag 2021: 3,7 Mio. m³ (4 % mehr als in 2020), davon 26 % Schadh Holz (36 % in 2020)
- 56 % des Schadh Holzeinschlags sind auf Schädigungen durch Insekten und 28 % auf die zunehmende Trockenheit zurückzuführen.

2 Durch Schäden verursachter Holzeinschlag 2007 bis 2021
2.1 Gesamteinschlag nach Einschlagsursache sowie Waldeigentumsarten

Jahr	Insgesamt	Einschlagsursache					
		Wind/Sturm	Schnee/Duft	Insekten	Trockenheit	sonstige Ursachen für Schadh Holzeinschlag	
2007	802 171	m ³ (ohne Rinde)					
2008	64 583	Insgesamt					
2009	52 106						
2010	248 935	758 669	3 049	21 019	•	19 434	
2011	77 116	27 157	160	19 160	•	18 106	
2012	149 007	12 524	1 229	13 720	•	24 633	
2013	338 520	67 265	145 084	16 260	•	20 326	
2014	231 057	20 853	24 833	8 329	•	23 101	
2015	231 057	49 025	29 268	19 266	•	51 448	
2016	231 057	223 662	12 911	10 111	•	91 837	
2017	231 057	166 806	7 551	16 364	•	40 336	
2018	231 057	290 934	6 177	22 236	•	37 805	
2019	231 057	682 511	87 294	2 015	63 957	•	41 754
2020	2 365 205	520 068	3 089	117 016	•	42 339	
2021	1 549 943	2 016 306	1 195	296 091	•	51 613	
2020	1 284 700	402 275	333	888 944	•	258 391	
2020	1 284 700	87 100	100	770 100	339 100	88 300	
2021	972 100	46 200	2 700	548 600	267 900	106 800	

Wald Deutschland
11,4 Mio. ha Waldfläche = 32 %

Privat (48%)

Land (29%)

Fichte (25 %)

Kiefer (22 %)

Buche
(15 %)

Eiche

Wald Brandenburg
1,1 Mio. ha Waldfläche = 37 %

Kiefer (73 %)

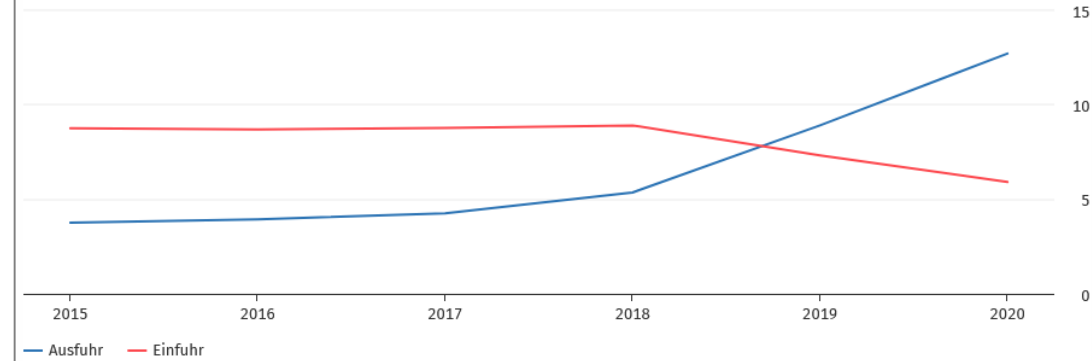
Privat (61 %)

Land
(25 %)

- Exporte von Rohholz im Jahr 2020 um 43 % gestiegen
- 51 % der insgesamt ausgeführten 13 Mio. m³ gingen nach China

Ausfuhr und Einfuhr von Rohholz

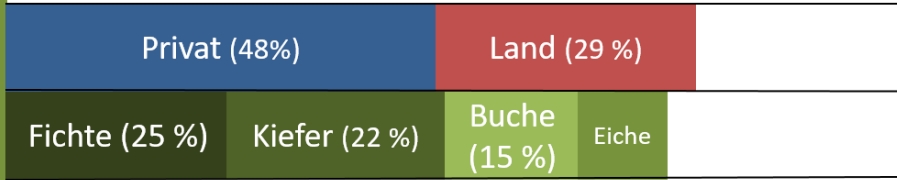
in Mill. Kubikmetern



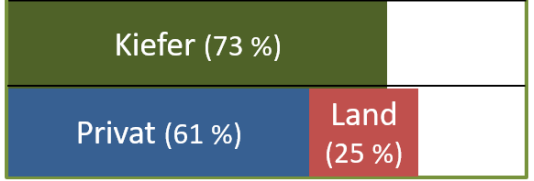
© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2022



Wald Deutschland
11,4 Mio. ha Waldfläche = 32 %



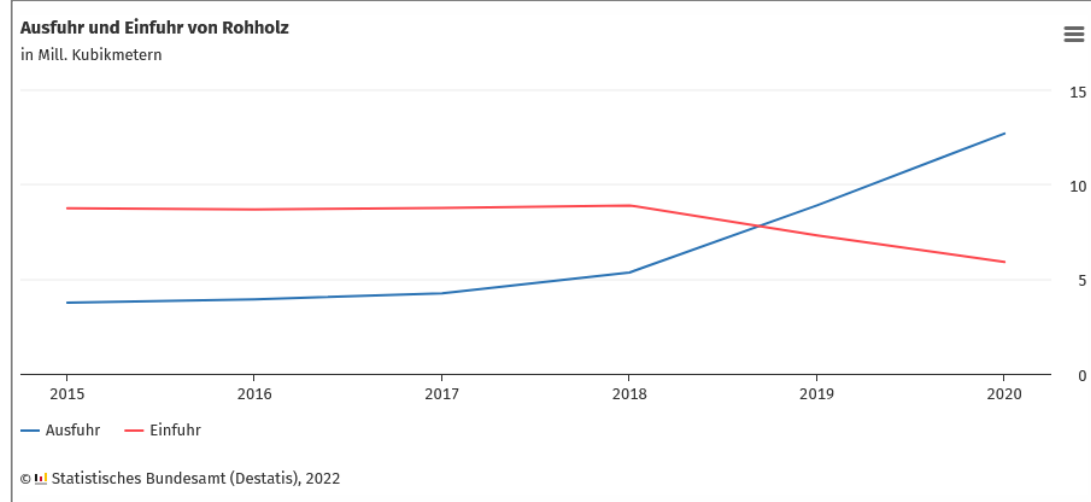
Wald Brandenburg
1,1 Mio. ha Waldfläche = 37 %



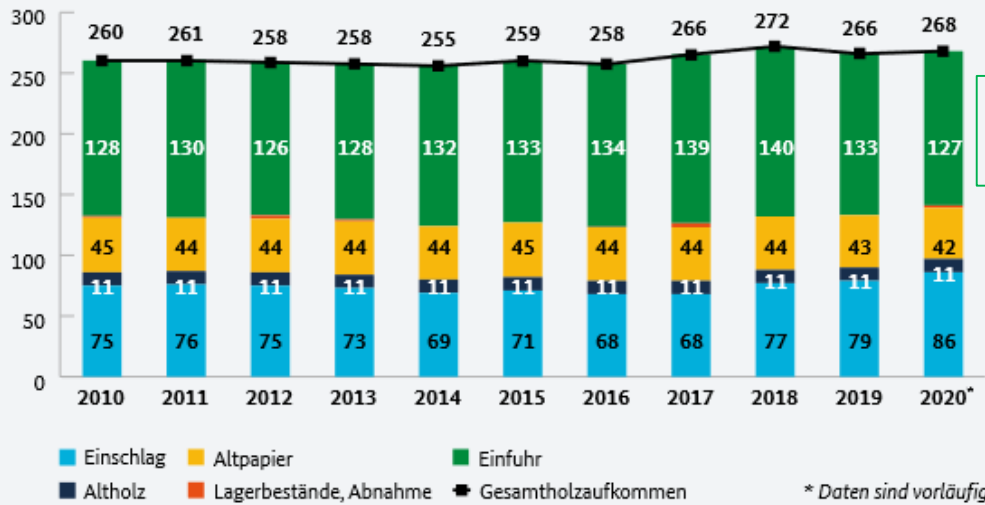
- Exporte von Rohholz im Jahr 2020 um 43 % gestiegen
- 51 % der insgesamt ausgeführten 13 Mio. m³ gingen nach China



53 %
UNSERES JÄHRLICHEN
HOLZBEDARFS WERDEN NACH
DEUTSCHLAND IMPORTIERT



Gesamtholzaufkommen (Mio. m³ (r))



Holzimport

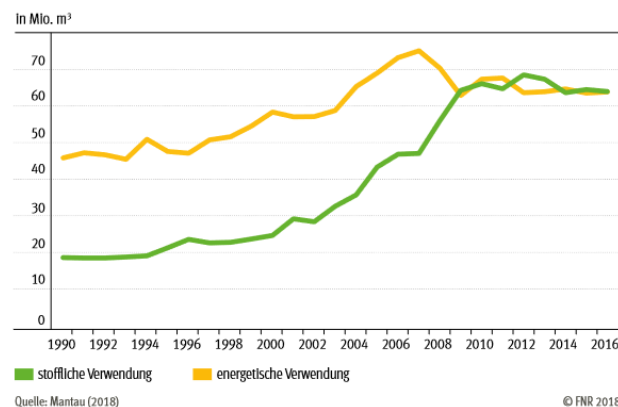


* Daten sind vorläufig

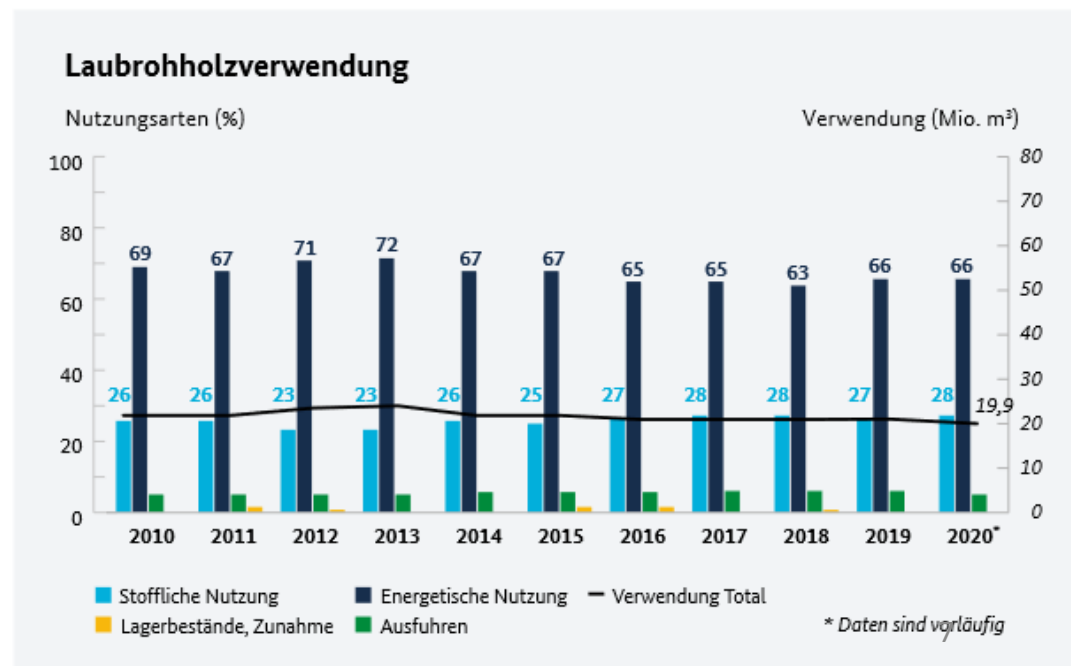
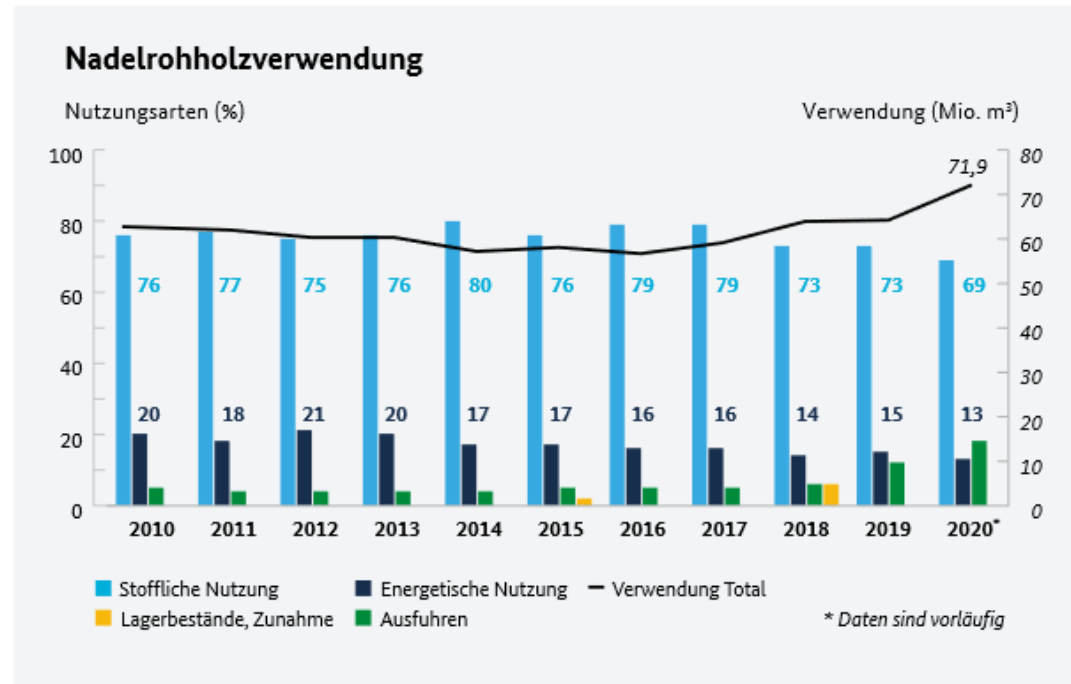
- Rohholzaufkommen (2020): 91,8 Mio. m³
 - davon knapp 20 % Laubrohholz
- Der Anteil Laubrohholzes an der gesamten stofflichen Holzverwendung = 10 %
- Hoher Anteil energetische Nutzung von Laubholz

- Weiterhin steigende Nachfrage

- Energetische Nutzung
 - Privathaushalte
 - Holzkraftwerke
- Stoffliche Nutzung
 - Holzbauoffensive



- Zunahme Anteil Kalamitätsholz
 - Schlechte Verwendbarkeit als Bauholz



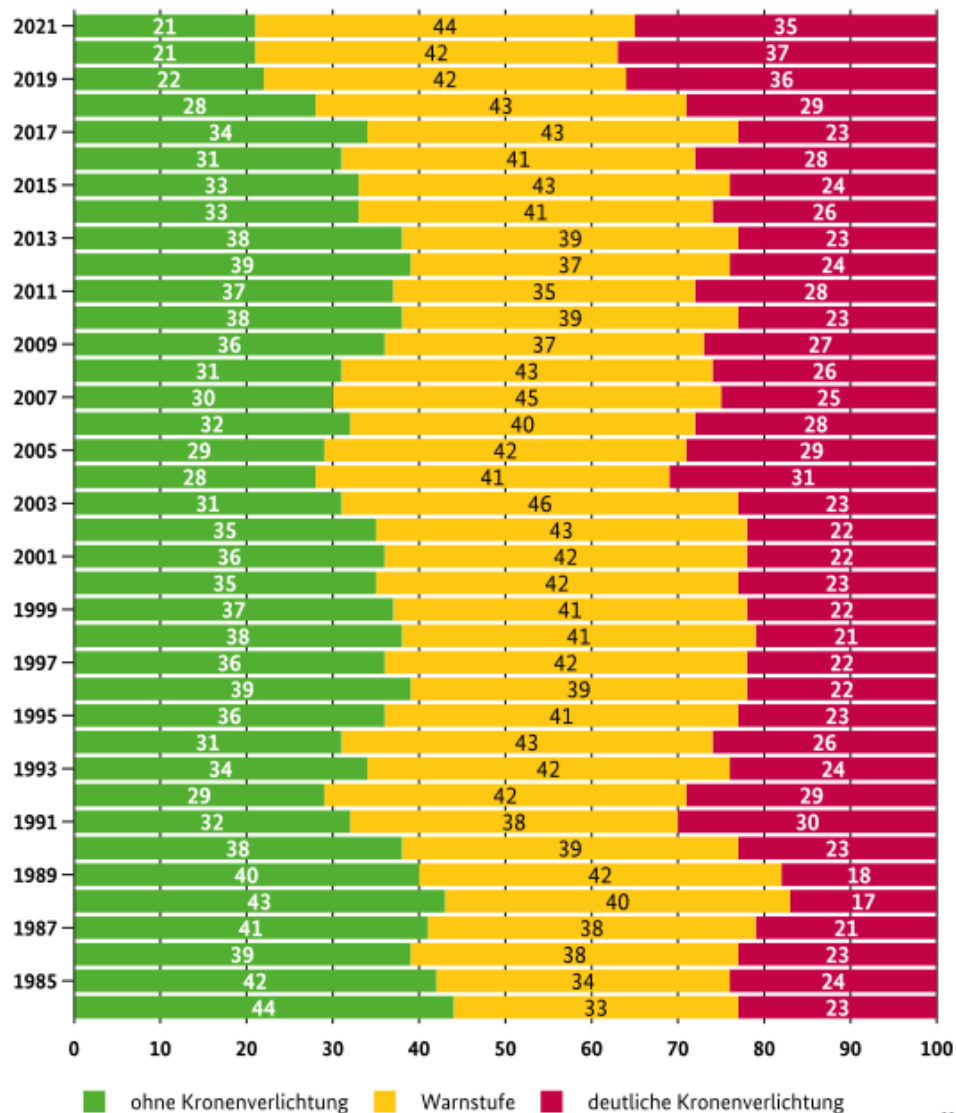
Waldzustand

Deutschland

ALLE BAUMARTEN – Entwicklung der Schadstufen seit 1984

9904 Bäume im Jahr 2021; bis 1989 ohne neue Bundesländer.

Angaben in Prozent

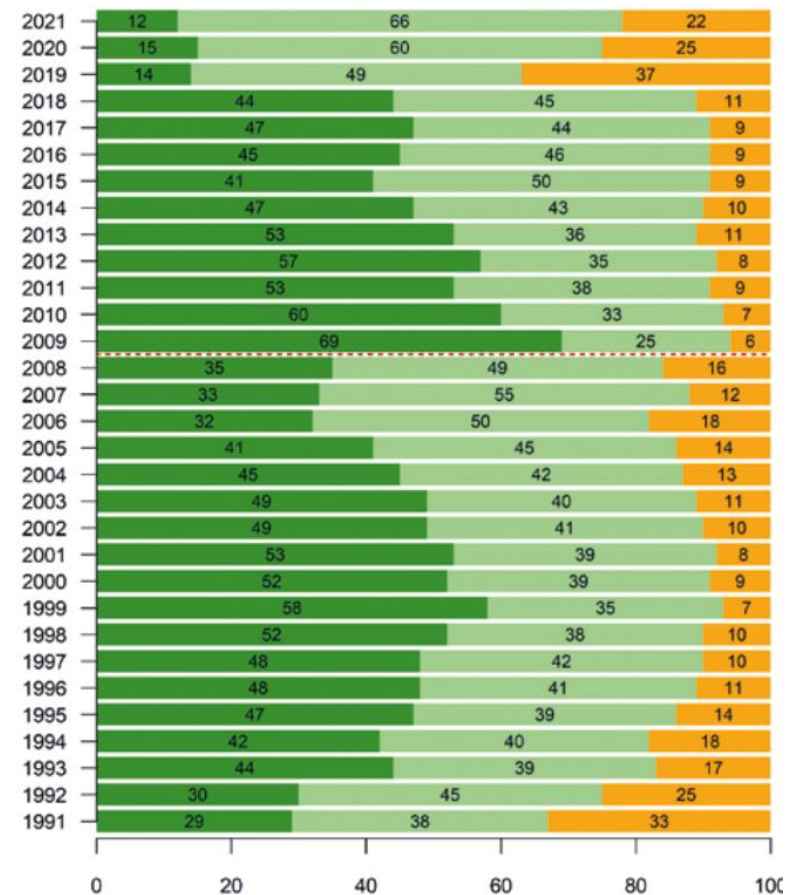


Waldzustandserhebung Deutschland 2021

Brandenburg

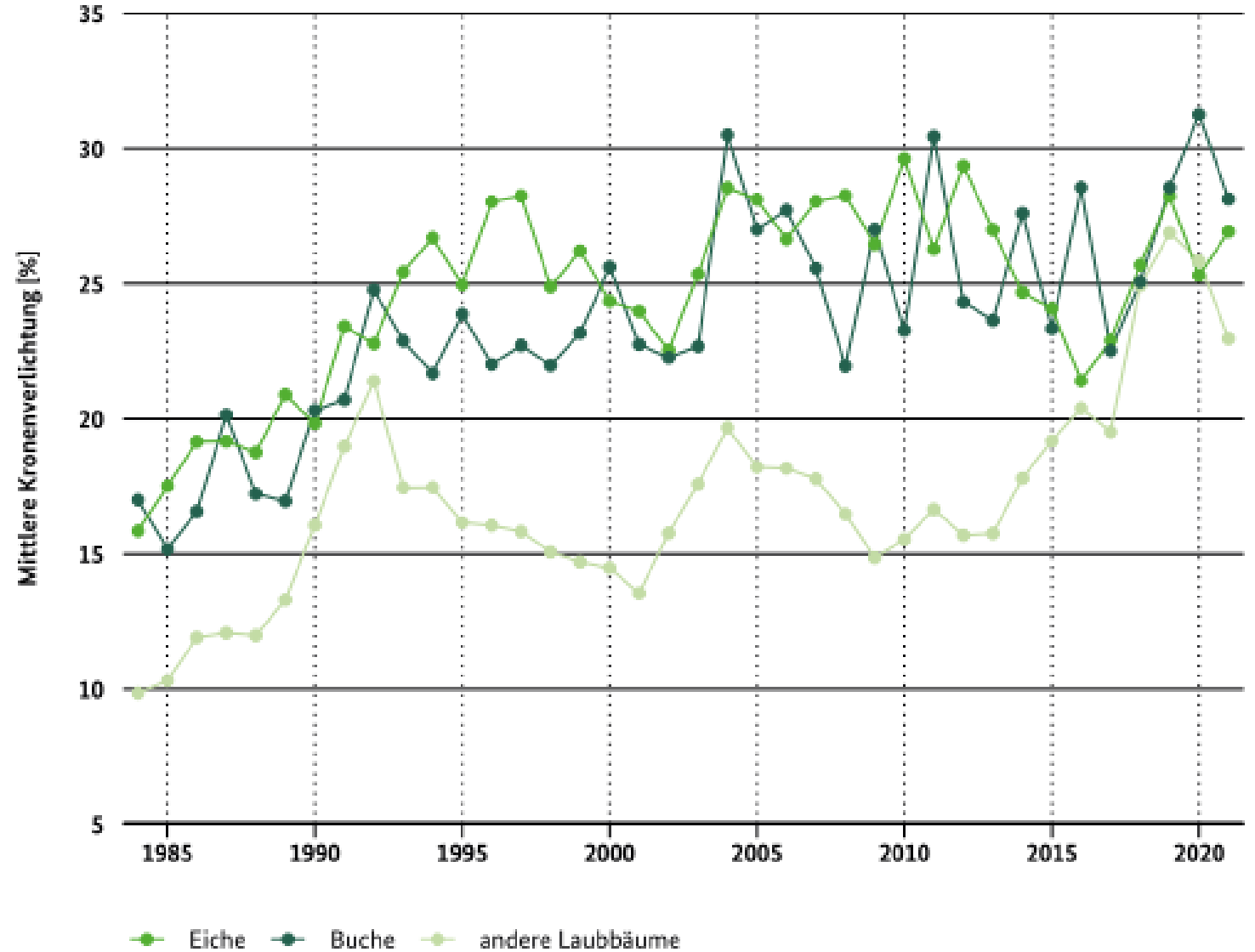
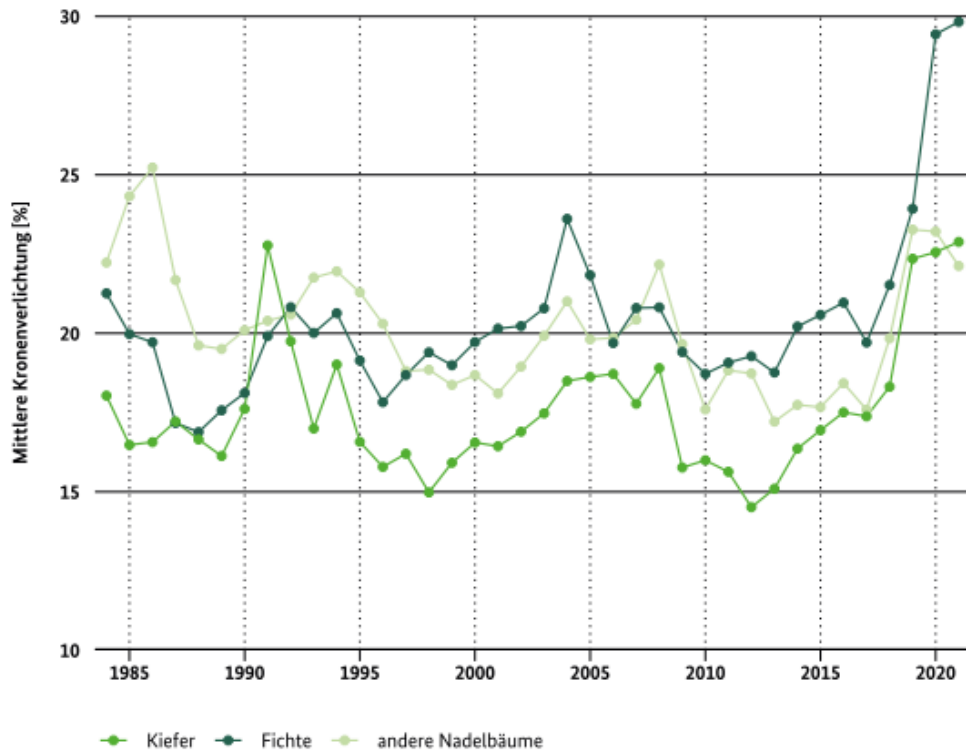
Schadstufenanteile (%): alle Baumarten

Schadstufe 0 (dunkelgrün) Schadstufe 1 (hellgrün) Schadstufe 2-4 (orange)



Waldzustandserhebung Brandenburg 2021

Kronenverlichtung



Absterberate

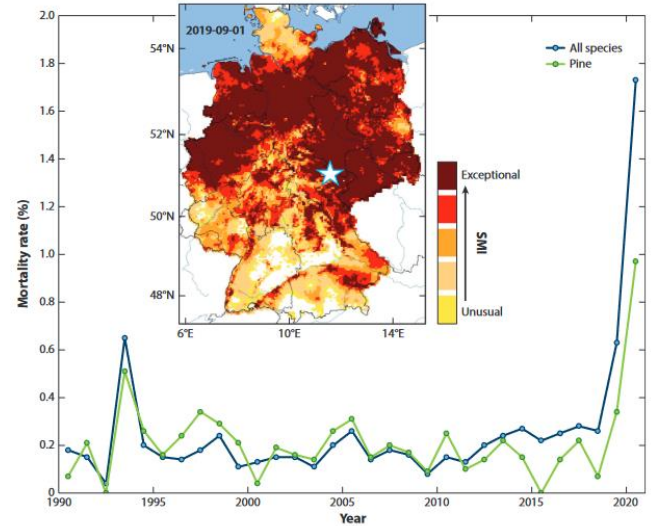
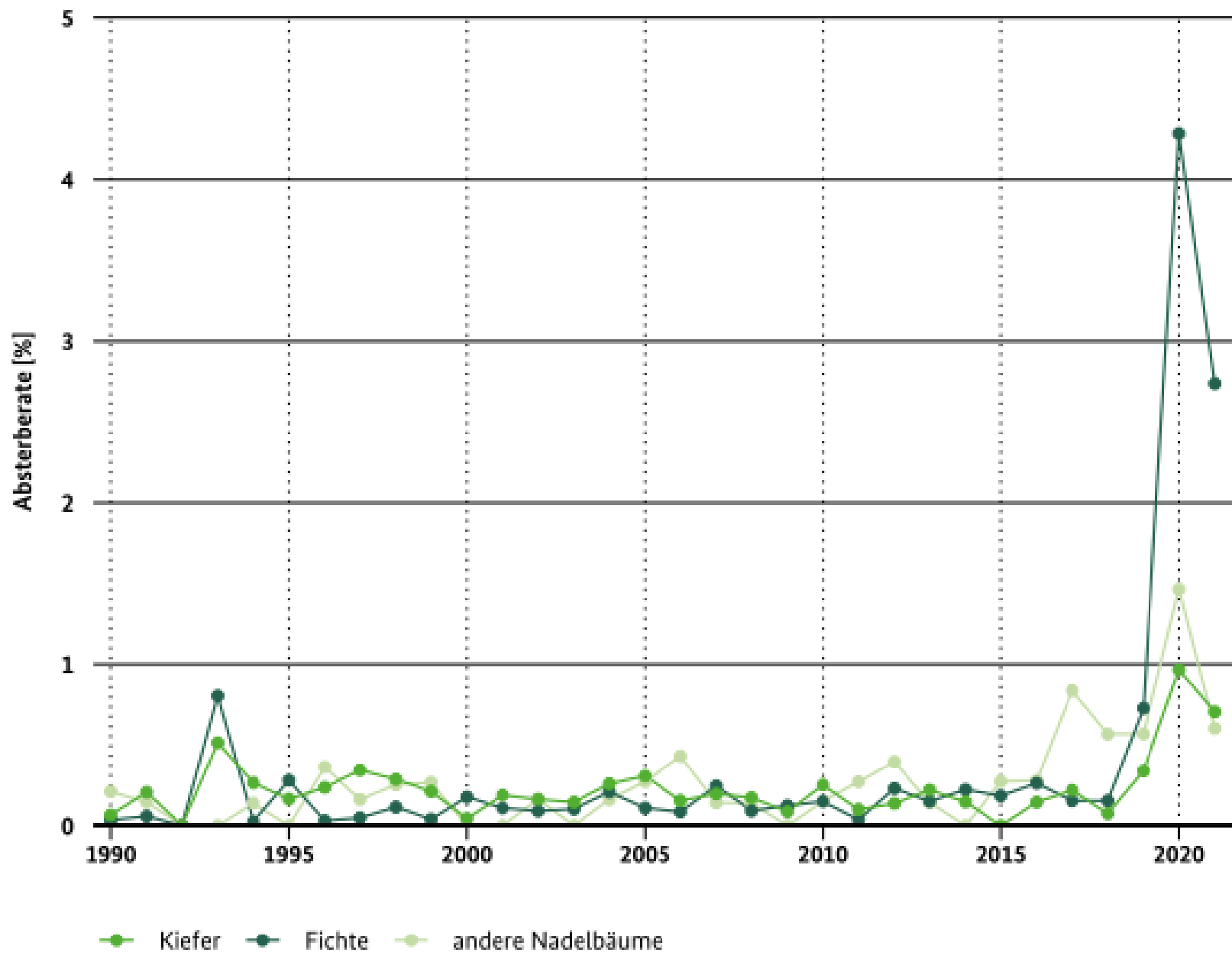
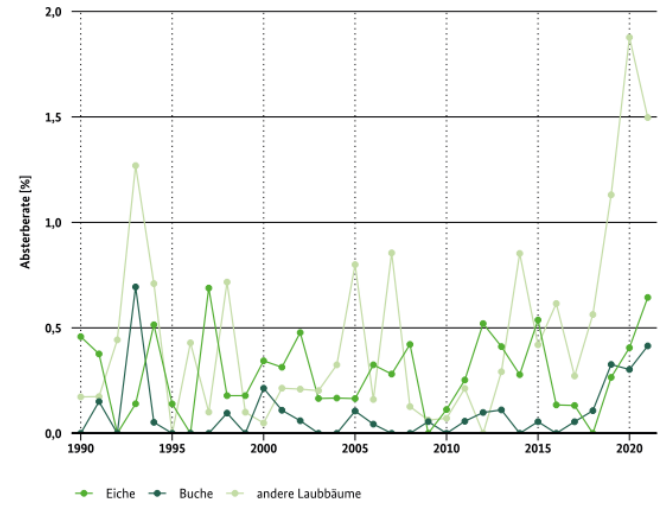


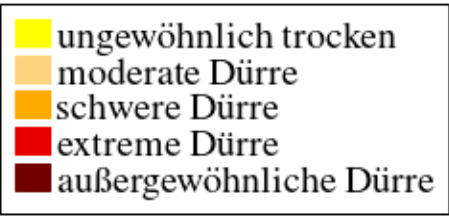
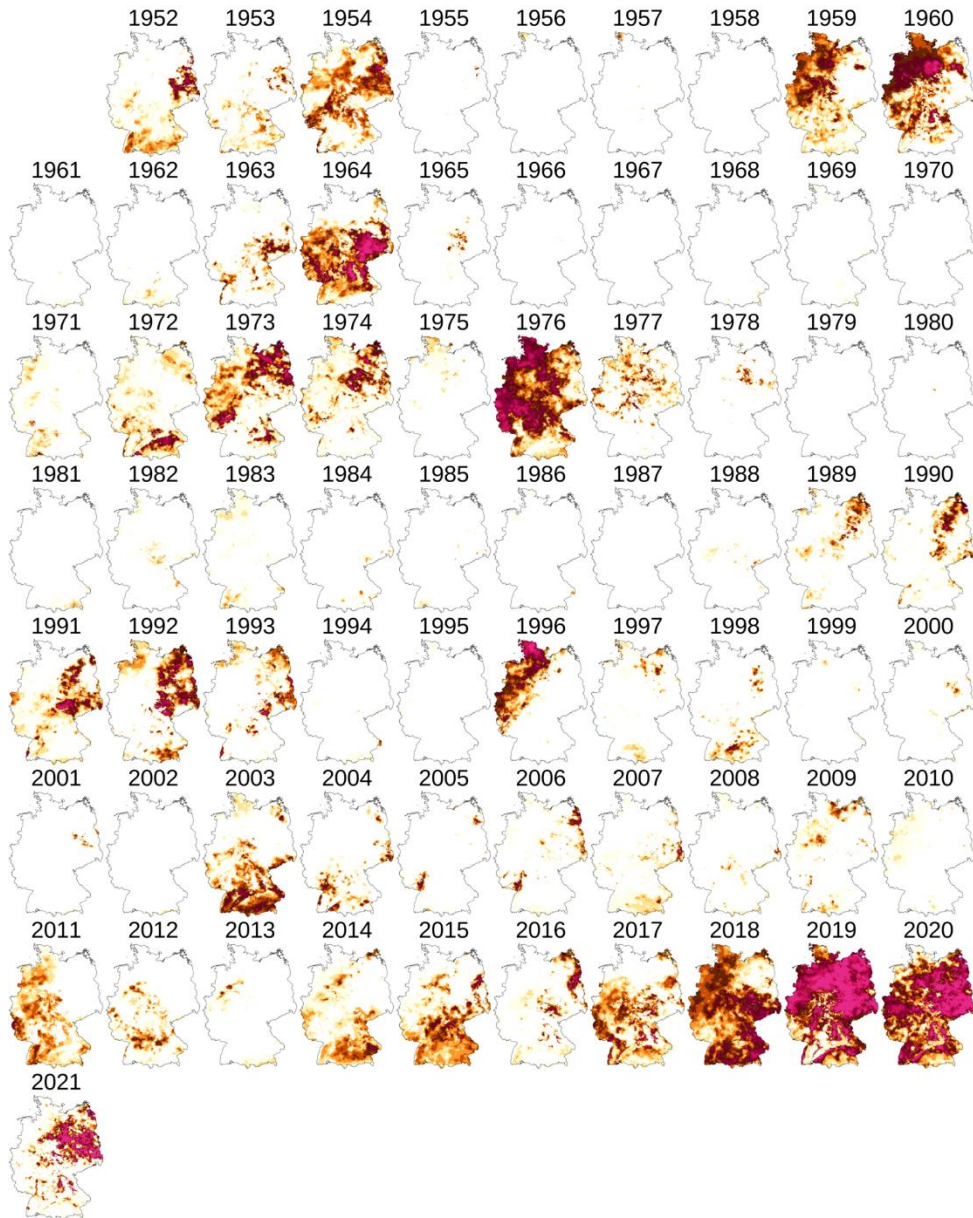
Figure 2
 The 2018–2019 drought that affected most of northern and eastern Germany. Exceptional soil moisture index (SMI) values indicate extremely severe soil water depletion by September 2019, even in the deeper soil horizons (inset). Tree mortality following the extreme summers increased exponentially throughout Germany, with tenfold increases for *Pinus sylvestris* and sevenfold for all species combined (data from Reference 26). Location of the mortality event in Thuringia shown in Figure 1 is indicated by the star. Drought map © UFZ-Dürremonitor/ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung.



Hartmann et al. 2022

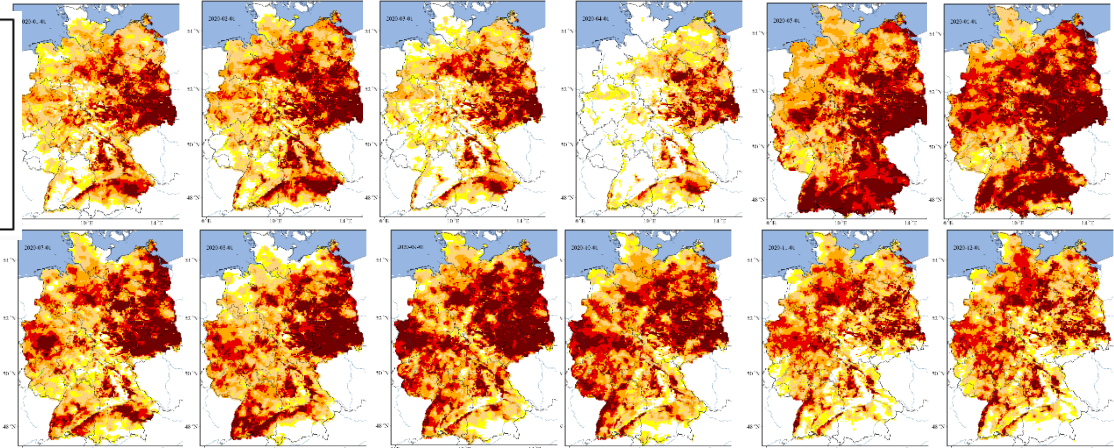
Dürreintensitäten im Gesamtboden in der Vegetationsperiode

April bis Oktober

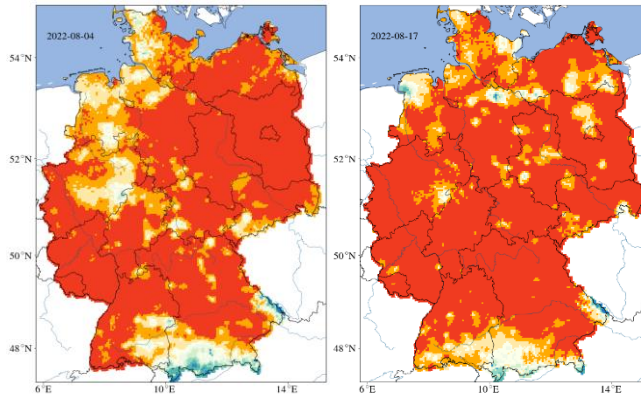
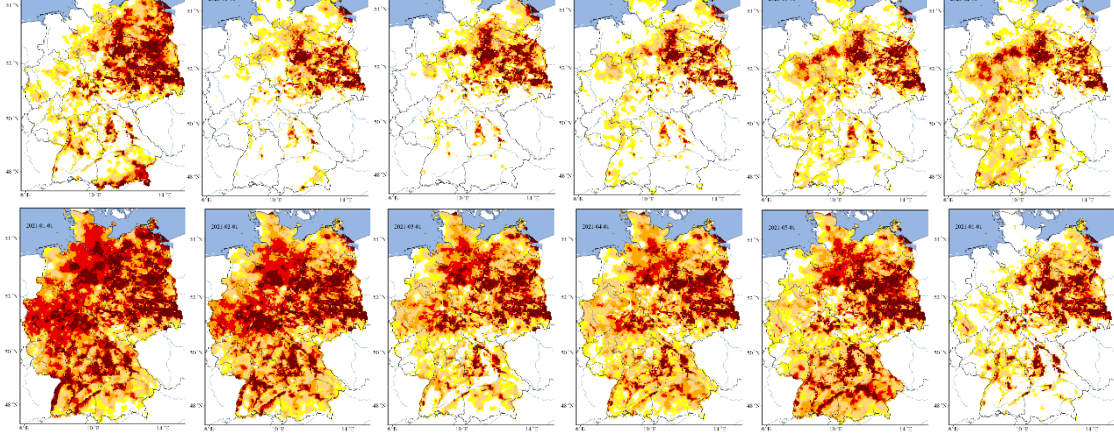


SMI im Gesamtboden

Jan 2020



Jan 2021



Pflanzenverfügbares Wasser im Oberboden



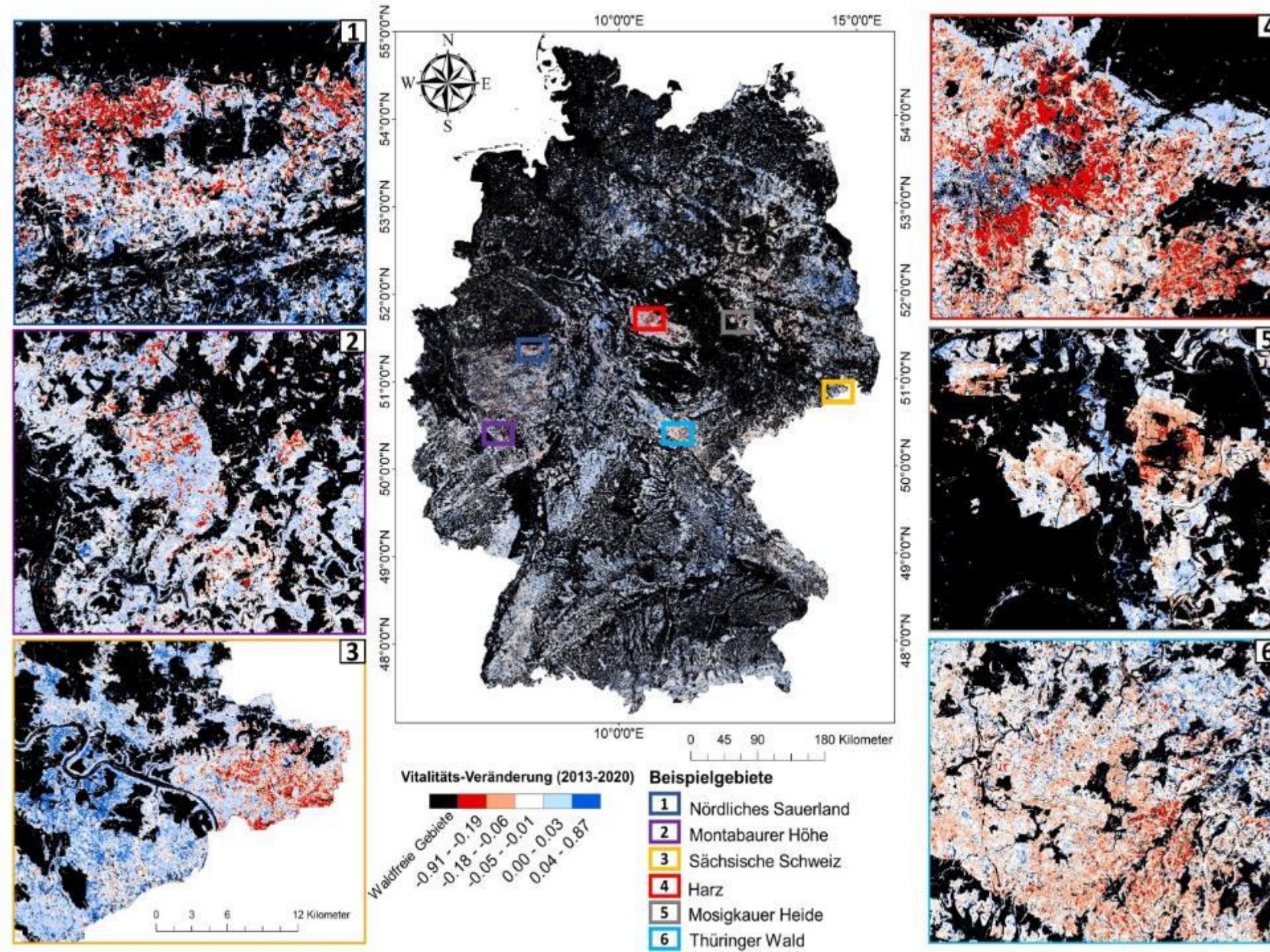
Vitalitätsverlust der Waldgebiete in Deutschland

2013-2020

Based on satellite data

(LANDSAT; NDVI = Normalized Difference Vegetation Index)

Ibisch et al. (2021)



- Erhöhte Mortalität weltweit

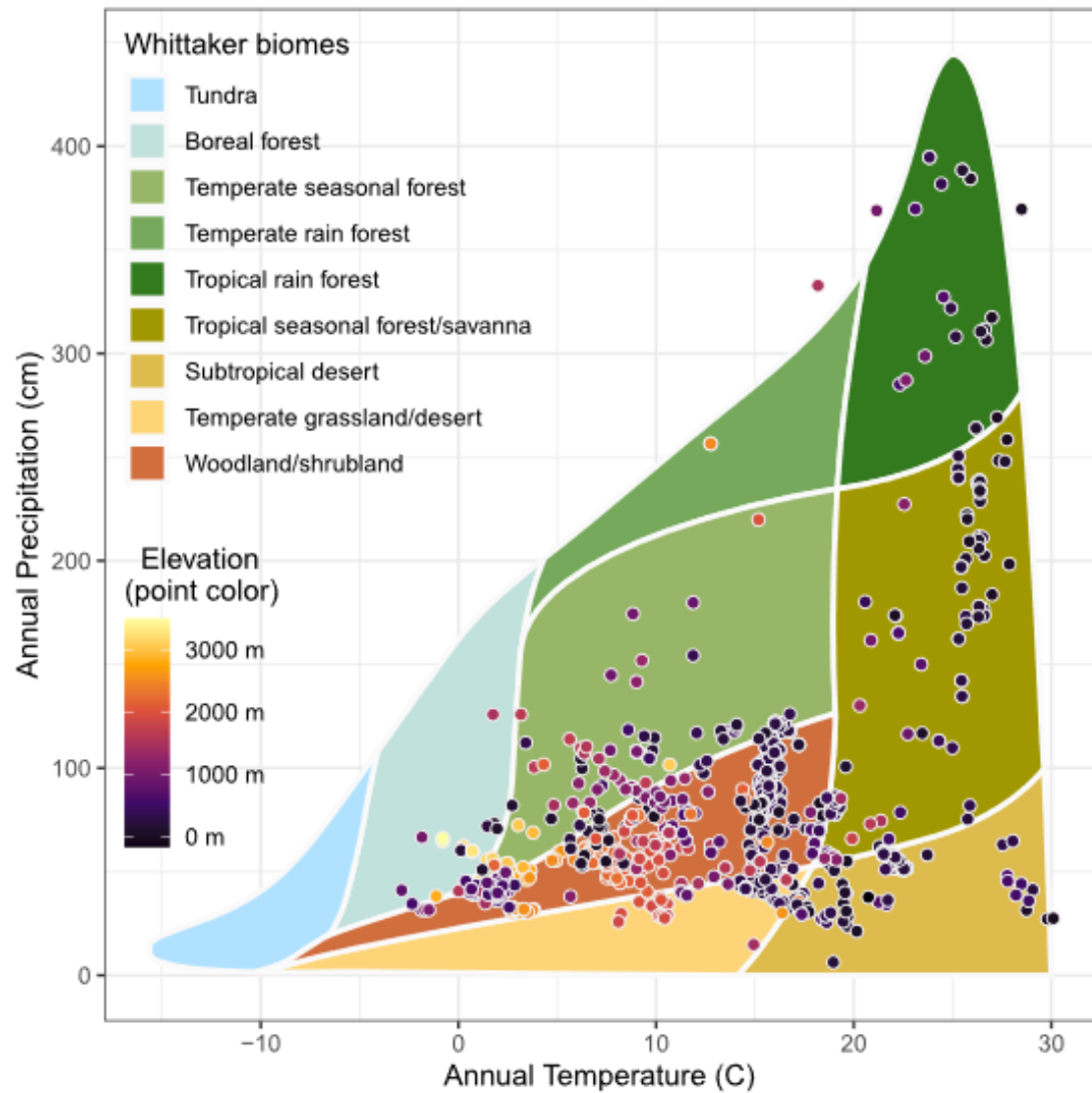
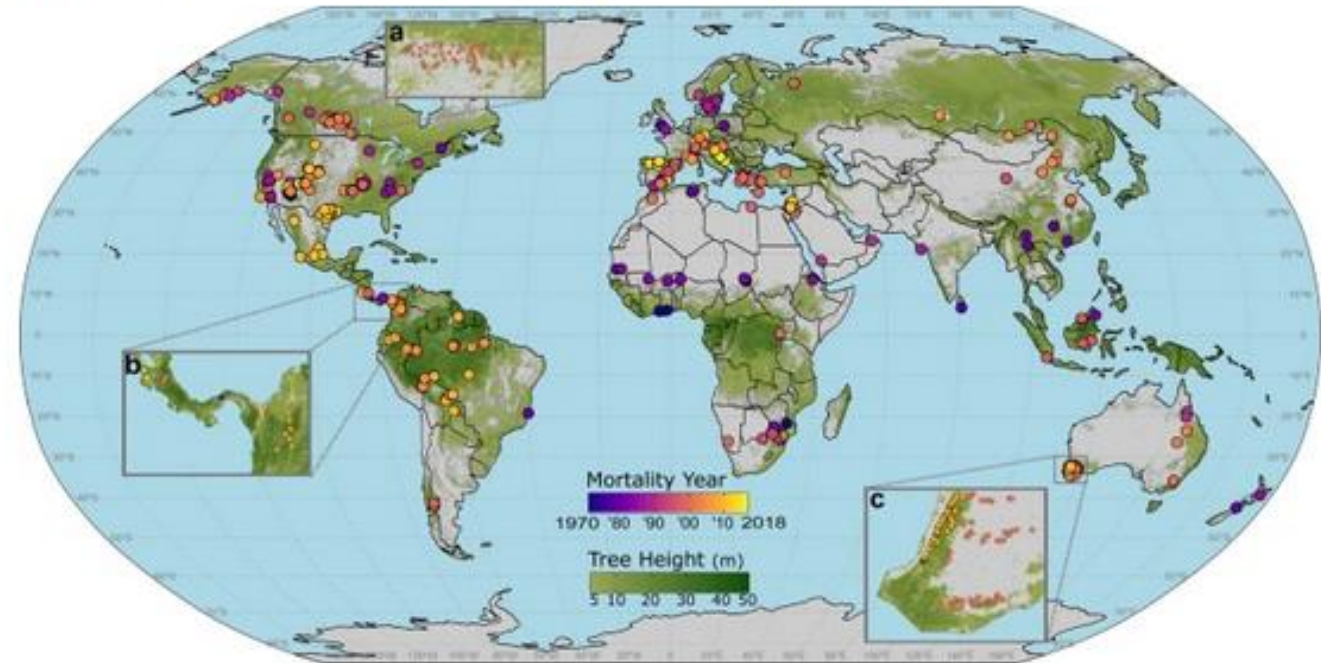


Fig. 1: Global distribution of hotter-drought tree mortality plots.



Hammond et al. 2022

Jeder Punkt zeigt eine klimabedingte Mortalität
 → In allen Waldbiomen gab es Absterbeereignisse (1970-2000)

- Erhöhte Mortalität weltweit

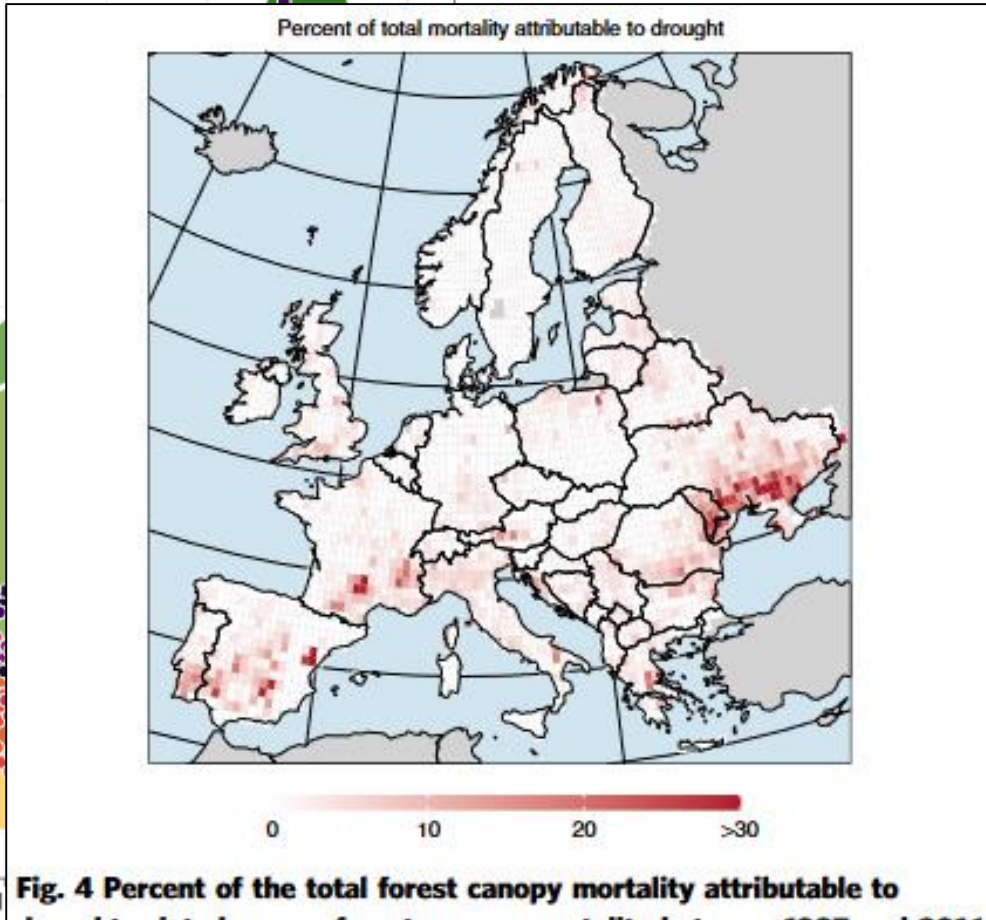
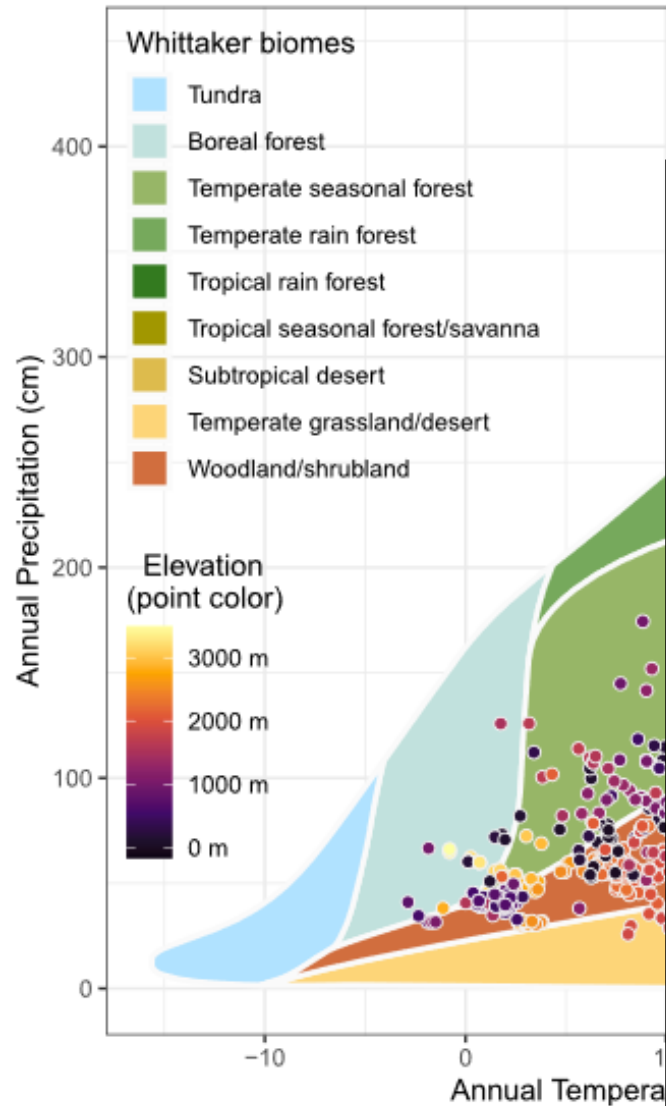
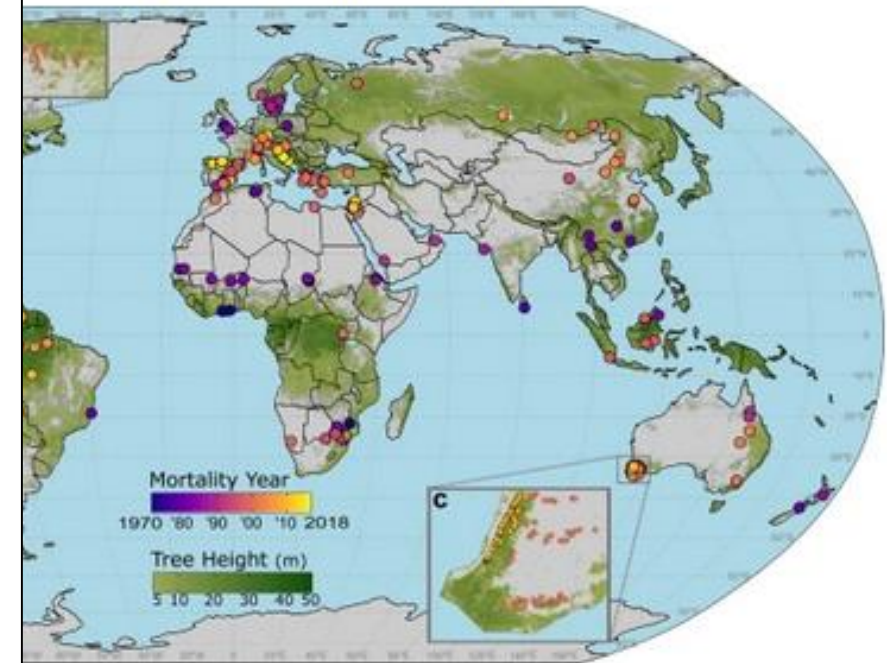


Fig. 4 Percent of the total forest canopy mortality attributable to drought-related

across Europe. A mortality in this p related excess for See Supplementa thresholds. Backg map was created

Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe

Hotter-drought tree mortality plots.



Senf et al. 2020

Cornelius Senf¹, Allan Buras², Christian S. Zang², Anja Rammig² & Rupert Seidl^{1,3}

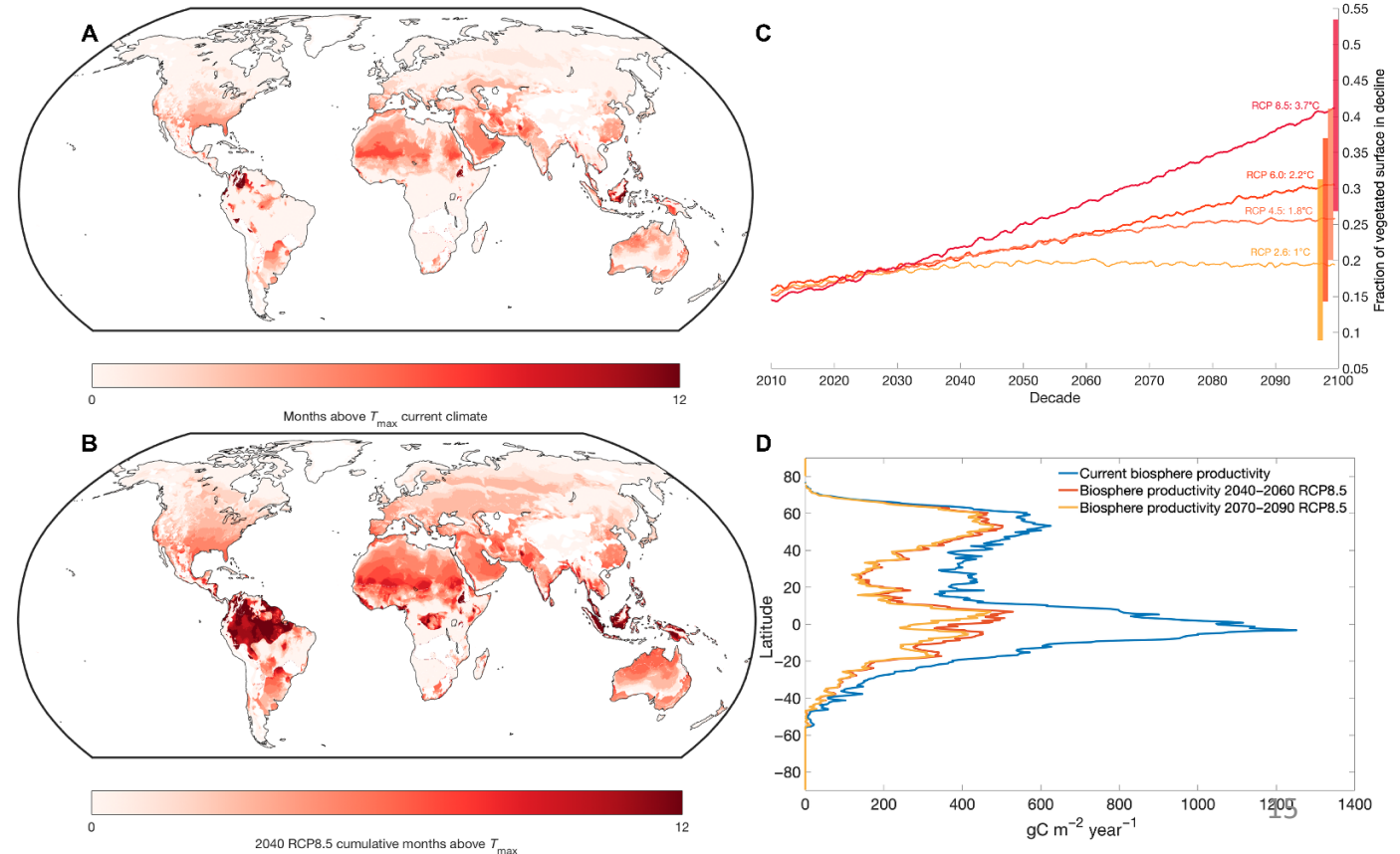
Hammond et al. 2022

How close are we to the temperature tipping point of the terrestrial biosphere?

Katharyn A. Duffy^{1,2*}, Christopher R. Schwalm^{2,3}, Vickery L. Arcus⁴, Georae W. Koch²,
Liyin L. Liang^{4,5}, Louis A. Schipper⁴

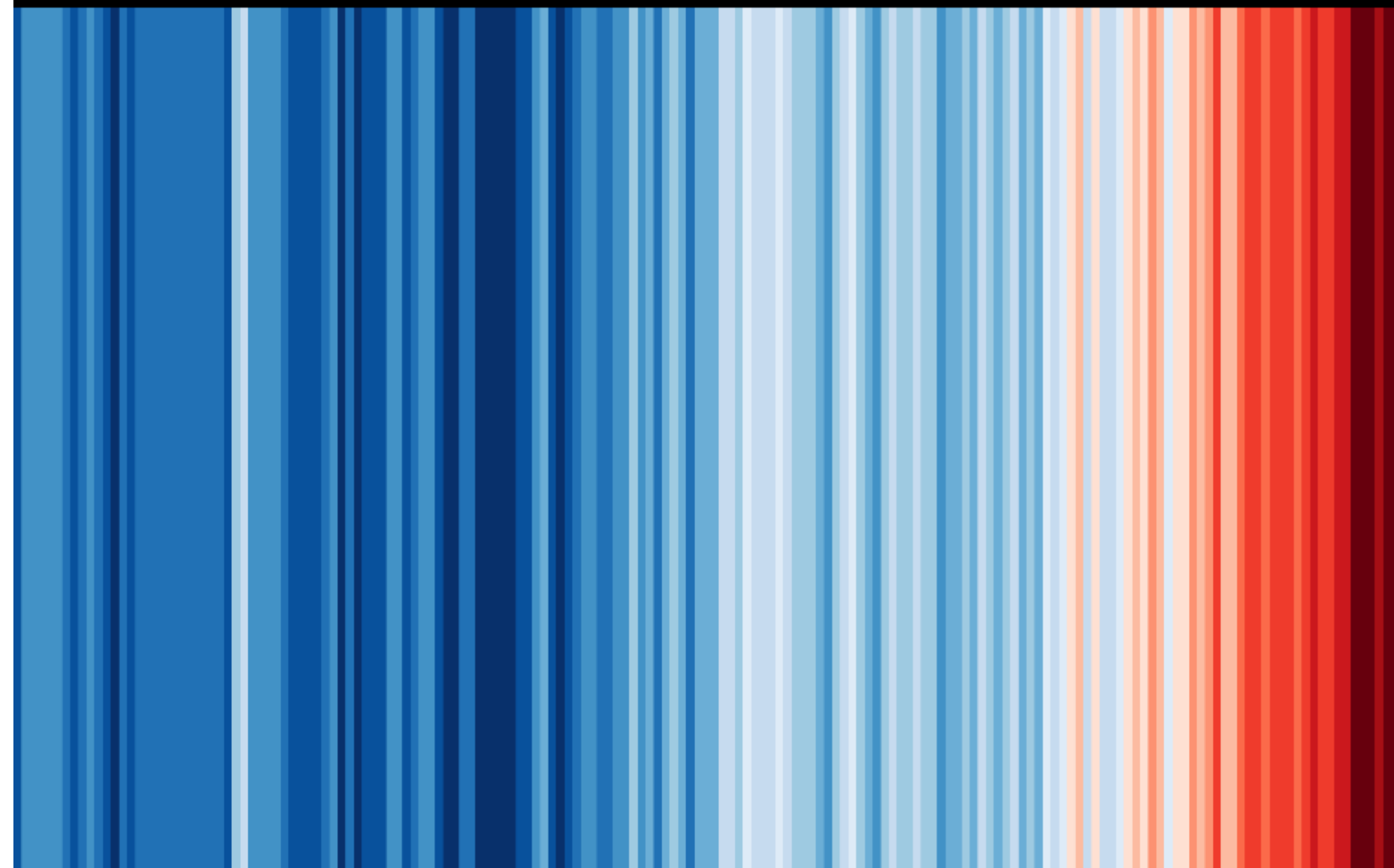
SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

- Während die Landsenke derzeit ~30 % der anthropogenen Kohlenstoffemissionen auffängt, ist unklar, ob diese Ökosystemleistung fortbestehen wird
- Bei *business-as-usual*-Emissionen: ca. **Halbierung der Landsenken-Kapazität bereits im Jahr 2040**
- Bei Hitze und Trockenheit können Wälder zur CO₂ Quelle werden (z.B. Arain et al. 2022)



Global temperature change (1850-2021)

[#ShowYourStripes](#)



1860

1890

1920

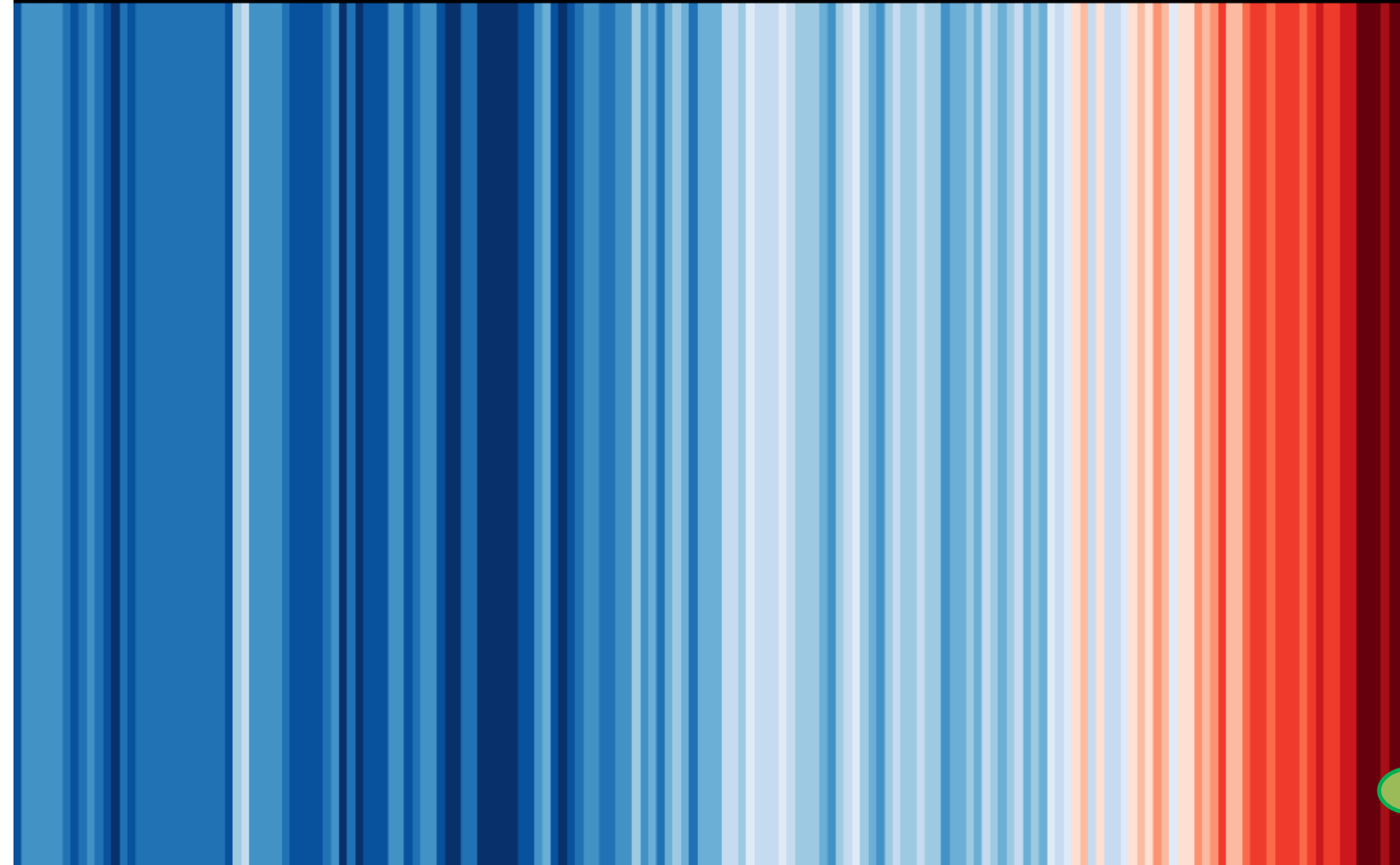
1950

1980

2010

Global temperature change (1850-2021)

[#ShowYourStripes](#)



1860

1890

1920

1950

1980

2010



30 Jahre

Umgang mit Waldflächen und Waldentwicklung



Waldbrandfläche bei Treuenbrietzen in Brandenburg, 2019



Fichtenkalamitätsfläche im Oberharz bei Elend, 2021

Alternativen?



Douglasien-Gallmücke

Douglasien-Sterben (bis 130 Jahre alt), Rheinbach bei Bonn, 2020

Wiederbewaldung?

Königshütte, Harz, Sachsen-Anhalt, 2021



Bei Treuenbrietzen in Brandenburg, 2020



2018 bis 2019 kahlgeschlagene und geräumte Fichten-Kalamitätsfläche bei Elvershausen, Niedersachsen (>200 ha zusammenhängend kahlgeschlagenen), 2021



Amerikanische Küstentanne, Saarland, 2021



Wiederbewaldung?



Montäbaurer Höhe, Rheinland-Pfalz (2021)
Wasserschutzgebiet, FFH-Gebiet

Wiederbewaldung?



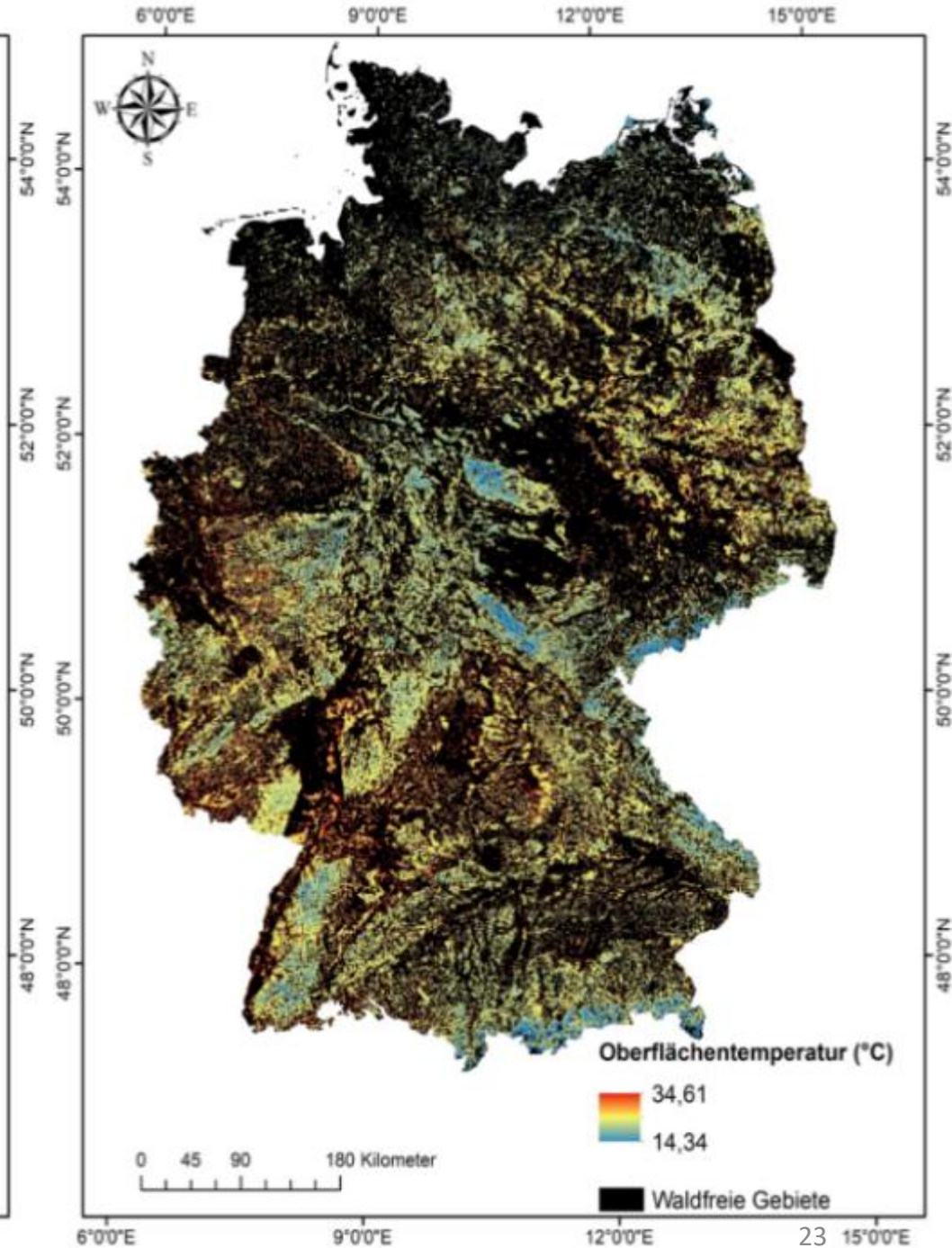
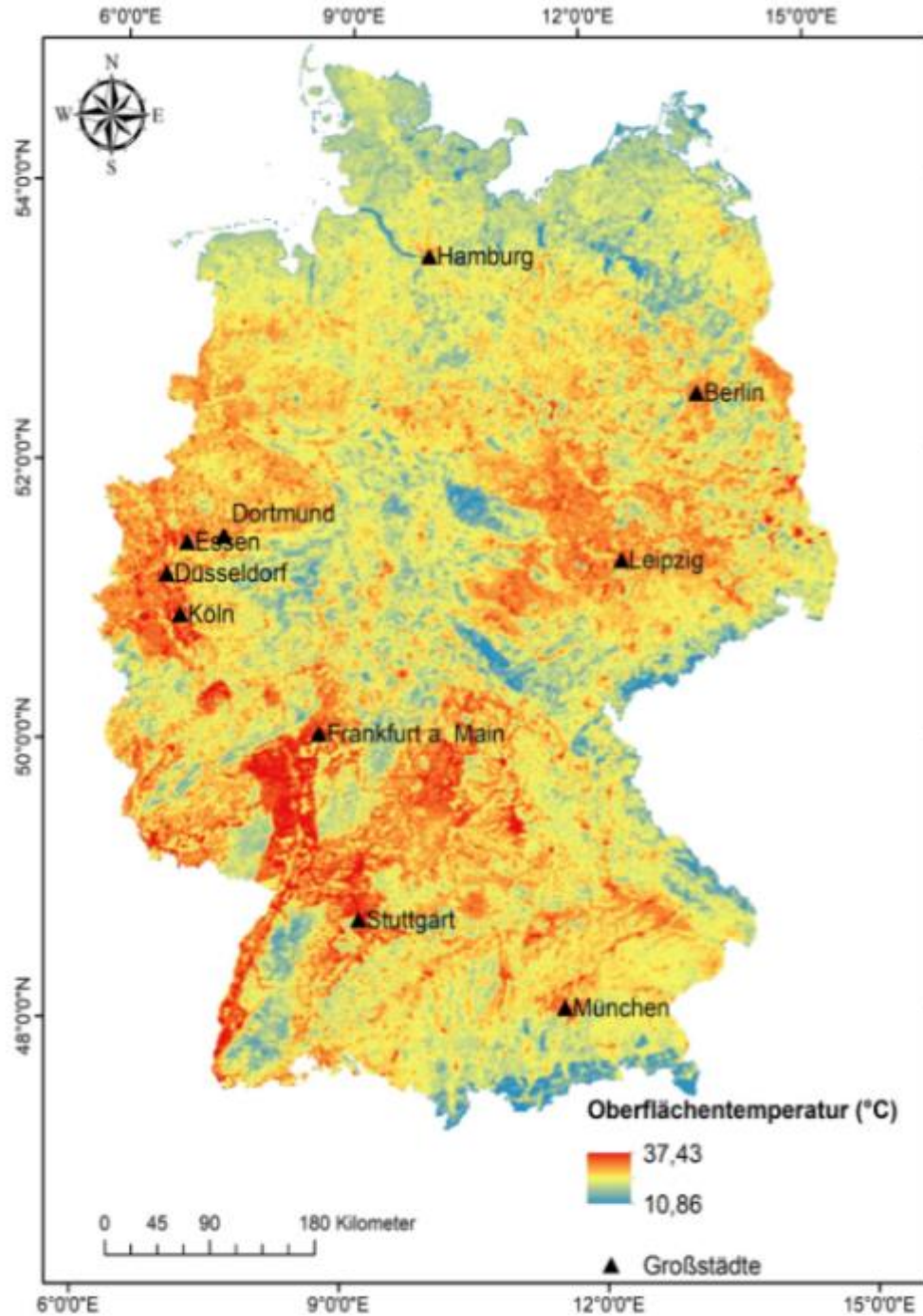
Oberharz, Sachsen-Anhalt (2021)
Wasserschutzgebiet

2020



Durchschnittliche Landoberflächentemperaturen in Deutschland an den heißesten Tagen des Jahres 2020

Weitere Literatur z.B.
Zellweger et al. 2020
De Frenne et al. 2021
Eillison et al. 2017



Einfluss der Waldbewirtschaftung auf das Mikroklima


Ecological Solutions
and Evidence

AER Applied
Ecology
Resources

BRITISH
ECOLOGICAL
SOCIETY

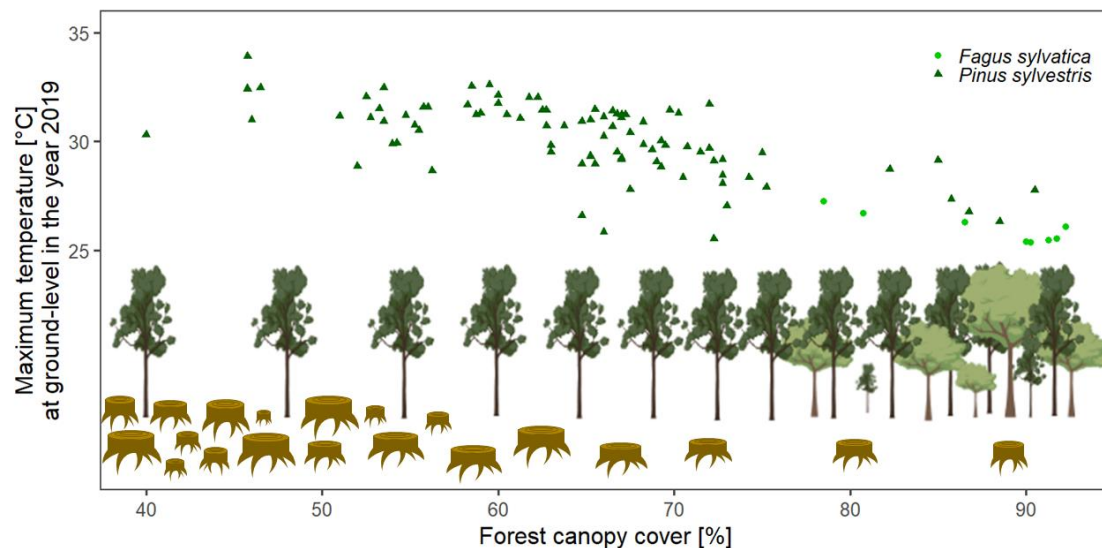
RESEARCH ARTICLE |  Open Access |  

Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019

Jeanette S. Blumröder , Felix May, Werner Härdtle, Pierre L. Ibisch 

First published: 13 July 2021 | <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12087> 

- Durchschnittliche Maximaltemperatur um ca. 9°C kühler in dichten Buchenbeständen als im lichten Kiefernforst (bis 13 °C am heißesten Tag in 2019)
- Öffnung des Kronendachs um 10 % bewirkt Erhöhung der Temperatur um ca. 0,5°C



Mikroklima

RESEARCH ARTICLE | Open Access | CC BY

Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019

Jeanette S. Blumröder ✉, Felix May, Werner Härdtle, Pierre L. Ibisch ✉

First published: 13 July 2021 | <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12087>

Ecological Informatics xxx (xxxx) 101442

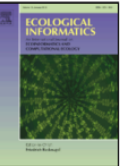


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

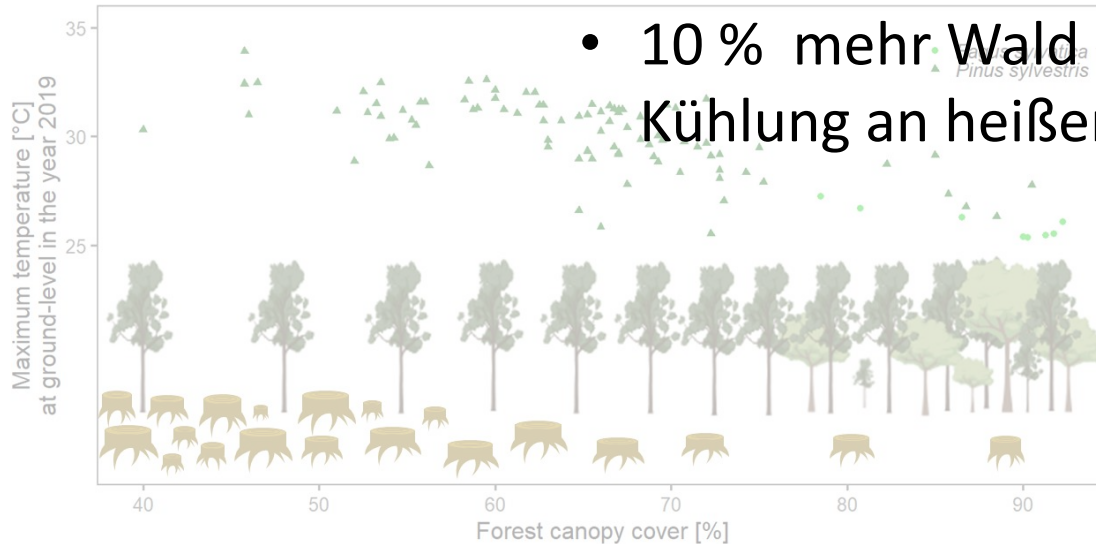
Ecological Informatics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolinf

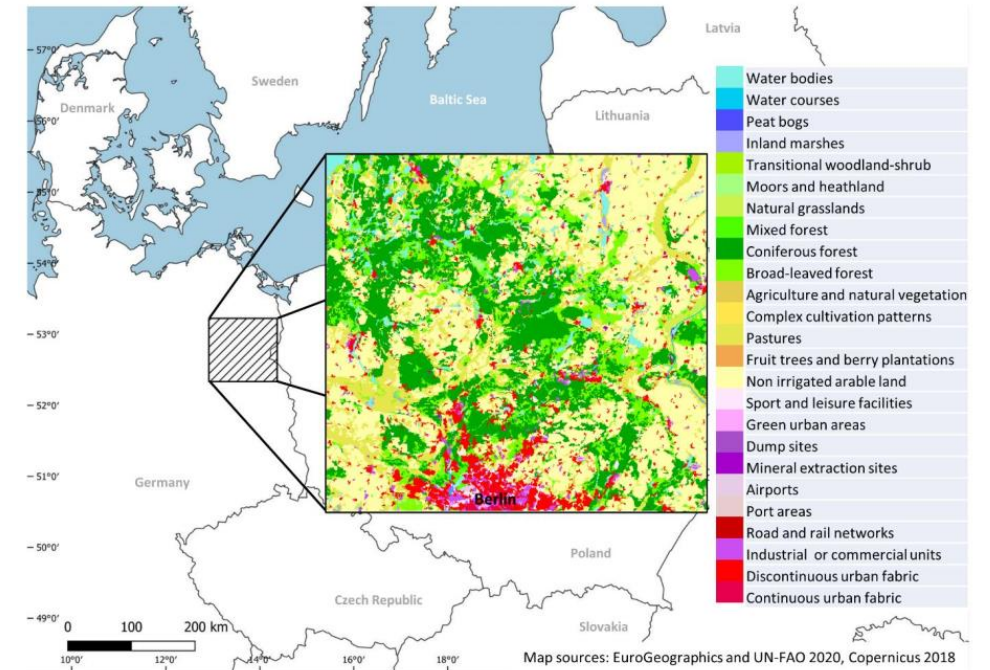


Quantifying the mitigation of temperature extremes by forests and wetlands in a temperate landscape

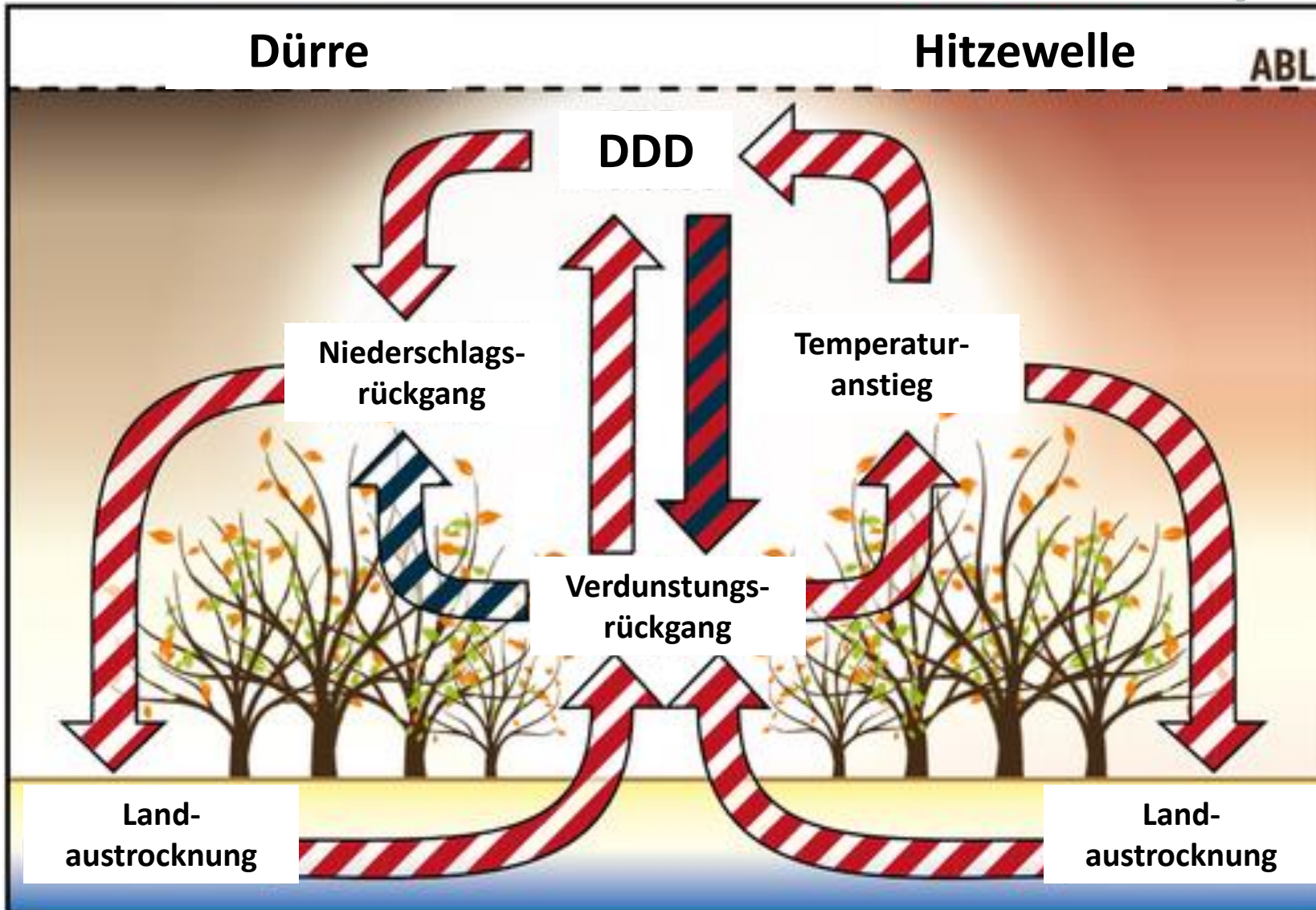
Charlotte Gohr ^{a,b,*}, Jeanette S. Blumröder ^{a,b}, Douglas Sheil ^{c,d}, Pierre L. Ibisch ^{a,b}



- 10 % mehr Wald -> ca. 0,9°C Kühlung an heißen Tagen




Krise des Grünen Wassers



- Rückkopplungen: Landökosysteme als lokale Verstärker von hydro-meteorologischen Extremen.
- Rot = positive Beziehung
- Blau = negative Beziehung
- Temperaturanstieg erhöht Austrocknung und verstärkt den Rückgang der Verdunstung. Dies erhöht das DDD (= Dampfdruckdefizit) und damit die Austrocknung was wiederum die Temperaturen weiter erhöht

(Auswahl der relevanten Prozesse in diesem konzeptionellen Diagramm stark vereinfacht)

Moisture recycling and the potential role of forests as moisture source during European heatwaves

Agnes Pranindita^{1,2,3}  · Lan Wang-Erlandsson^{1,2} · Ingo Fetzer^{1,2} · Adriaan J. Teuling³

Received: 2 February 2021 / Accepted: 2 August 2021

© The Author(s) 2021

Climate Dynamics

<https://doi.org/10.1007/s00382-021-05921-7>

“Wälder versorgen alle Regionen während Hitzewellen gleichmäßig mit zusätzlicher Feuchtigkeit und tragen so dazu bei, lokale Auswirkungen abzupuffern. Diese Studie deutet darauf hin, dass terrestrische Feuchtigkeitsquellen, insbesondere Wälder, potenziell wichtig sein könnten, um den **Feuchtigkeitsmangel während Hitzewellen in Europa zu mildern.**”

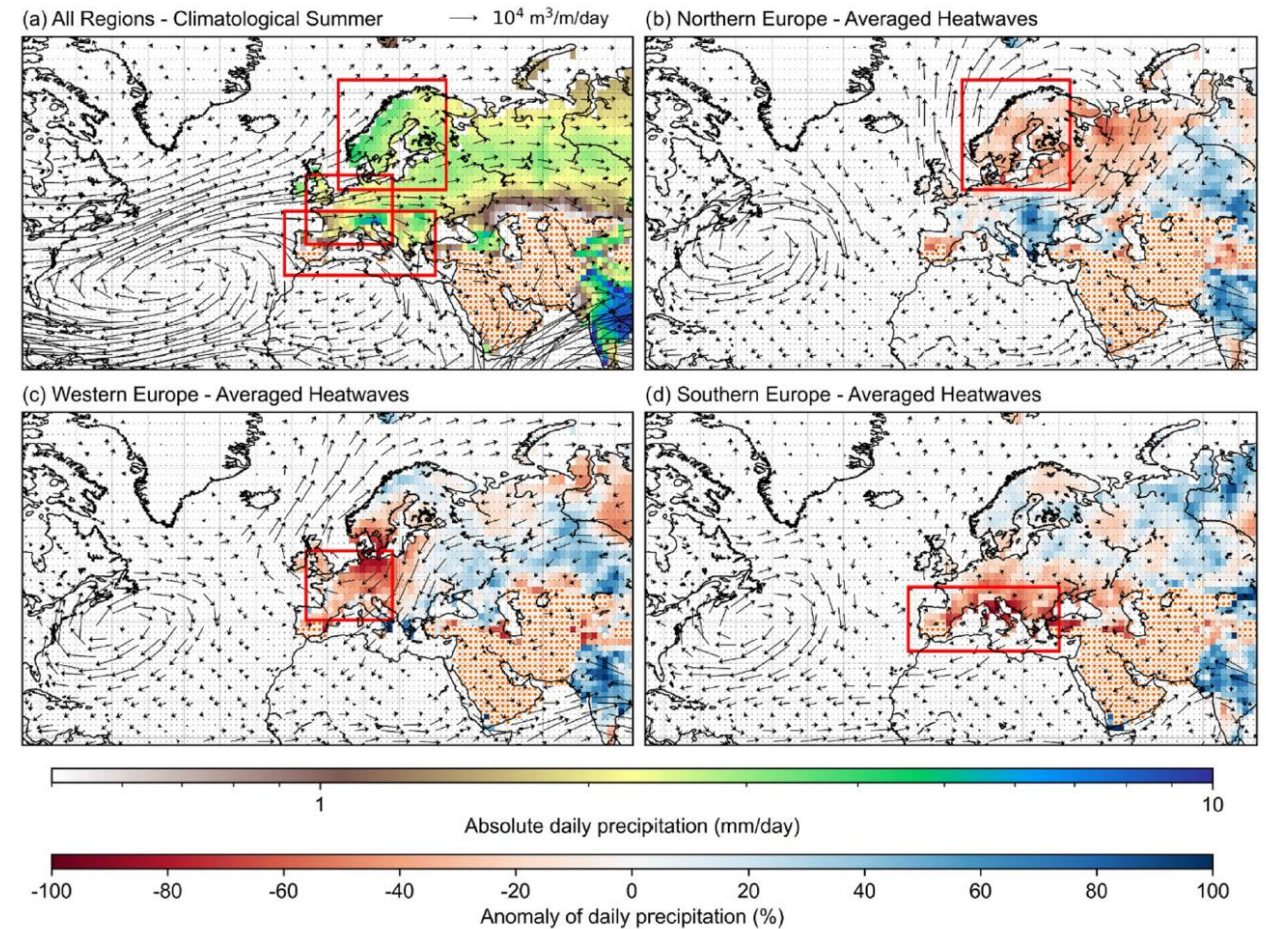


Fig. 2 Anomalous moisture fluxes over local maxima of precipitation reduction around the study regions. **a** Daily mean precipitation (mm/day) during climatological summer (1979–2018) (in color shading). The arrows symbolize the quantity and direction of moisture fluxes ($\text{m}^3/\text{m}/\text{day}$), given in Eqs. 1 and 2. The red boxes bound the three study regions. Precipitation anomaly (%) averaged over all

heatwaves days (in color shading) and anomaly of daily moisture fluxes ($\text{m}^3/\text{m}/\text{day}$) (in arrows) in **b** Northern Europe, **c** Western Europe, and **d** Southern Europe. Spatial coverage with orange dots in **b–d** are areas with summer precipitation of lower than 0.5 mm per day

- Erhöhtes Risiko! Die zukünftige Waldnutzung ist weniger gut planbar als in der Vergangenheit – unsichere Zukünfte
 - (Nadel-)Bäume weniger gut kultivierbar als in der Vergangenheit
 - Bereits heute ist der (Gesamt-)Waldzustand kritisch
 - Problem der langfristigen (Bau-)Holzversorgung nicht einfach durch Austauschen der Baumarten (alternative Nadelbäume) lösbar
- Um den Wald besser klimaresilient zu machen, muss eine ergebnisoffene Waldentwicklung zugelassen werden
- Waldfunktionen und Ökosystemleistungen gehen weit über die Holznutzung hinaus
- Umgang mit Kalamitätsholz und Flächen – Totholz muss auf der Fläche verbleiben und nicht flächig geräumt werden
 - Kalamitätsholz wird im Holzbau wenig/nicht verwendet
 - Kahlschläge bzw. Sanitärhiebe werden zu CO₂ Quellen (Ney et al. 2019)
- Regionale Verarbeitung und Nutzung meist nicht gegeben
- Wie werden Unvorhersehbarkeiten und Rückkopplungen berücksichtigt?
- Wie kann Holz eingespart werden (Effizienz, Suffizienz, Kaskaden)?

Vielen Dank

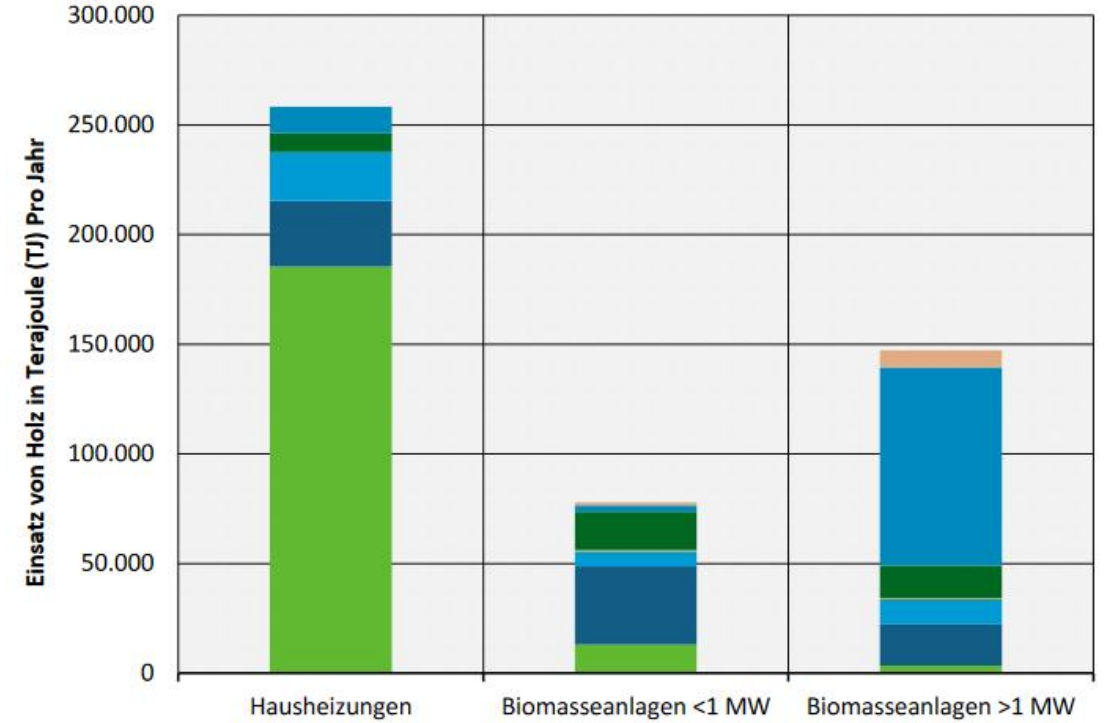
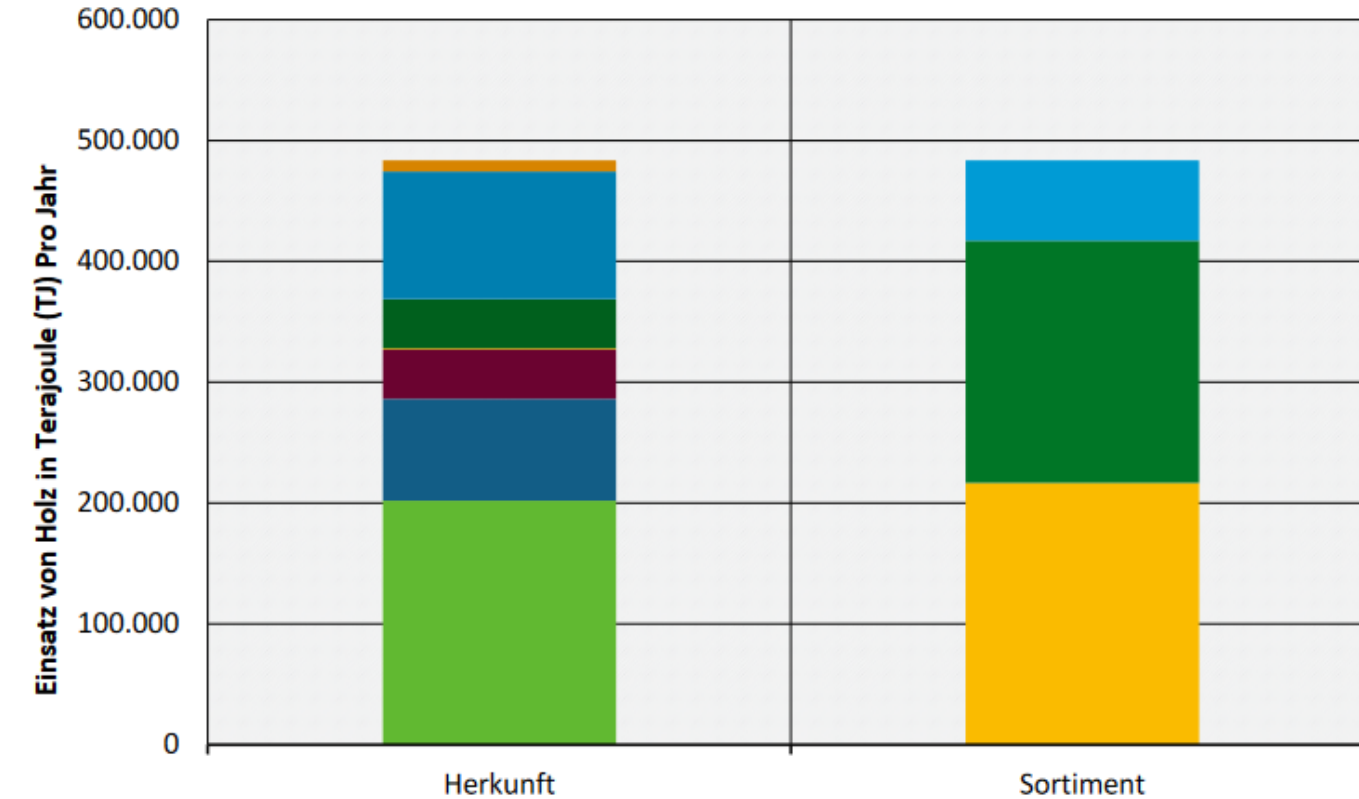
Dr. Jeanette Blumröder
j.blumroeder@hnee.de

- Arain, M.A., Xu, B., Brodeur, J.J. et al. Heat and drought impact on carbon exchange in an age-sequence of temperate pine forests. *Ecol Process* 11, 7 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00349-7>
- Blumröder, J. S., May, F., Härdtle, W., & Ibisch, P. L. (2021). Forestry contributed to warming of forest ecosystems in northern Germany during the extreme summers of 2018 and 2019. *Ecological Solutions and Evidence*, 2, e12087. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12087>
- De Frenne et al. 2021: Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*
- Duffy, K. A., Schwalm, C. R., Arcus, V. L., Koch, G. W., Liang, L. L., & Schipper, L. A. (2021). How close are we to the temperature tipping point of the terrestrial biosphere? *Science Advances*, 7(3), [eaay1052]. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay1052>
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarsa, D., Gutierrez, V., van Noordwijk, M., Creed, I. F., Pokorny, J., Gaveau, D., Spracklen, D. V., Tobella, A. B., Ilstedt, U., Teuling, A. J., Gebrehiwot, S. G., Sands, D. C., Muys, B., Verbist, B., ... Sullivan, C. A. (2017). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global environmental change : human and policy dimensions*, 43, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>
- Gohr, C., Blumröder, J. S., Sheil, D., & Ibisch, P. L. (2021). Quantifying the mitigation of temperature extremes by forests and wetlands in a temperate landscape. *Ecological Informatics*, 66, [101442]. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101442>
- Hammond, W.M., Williams, A.P., Abatzoglou, J.T. et al. Global field observations of tree die-off reveal hotter-drought fingerprint for Earth's forests. *Nat Commun* 13, 1761 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29289-2>
- Henrik Hartmann, Ana Bastos, Adrian J. Das, Adriane Esquivel-Muelbert, William M. Hammond, Jordi Martínez-Vilalta, Nate G. McDowell, Jennifer S. Powers, Thomas A.M. Pugh, Katinka X. Ruthrof, Craig D. Allen (2022): Climate Change Risks to Global Forest Health: Emergence of Unexpected Events of Elevated Tree Mortality Worldwide. *Annual Review of Plant Biology* 2022 73:1, 673-702
- https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/d0d700ecf66864c1/13c7785e45f7/MD_41261_2021.pdf
- https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/d5e79db6433ee000/1b41a72a1f00/SB_C05-01-00_2021j01_BB.pdf
- https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Waldzustandsbericht_2021.pdf
- <https://showyourstripes.info/s/globe>
- https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ergebnisse-waldzustandserhebung-2021.pdf?__blob=publicationFile&v=8
- https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/unser-wald-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=10
- <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw27-pa-landwirtschaft--901206>
- https://www.charta-fuer-holz.de/fileadmin/charta-fuer-holz/dateien/service/mediathek/Web_Kennzahlenbericht_2021.pdf
- <https://www.ufz.de/index.php?de=46506>
- Ibisch et al. 2021: Deutschland auf dem Weg in die Heizeit: https://www.greenpeace.de/publikationen/ibisch_et_al_2021_der_wald_in_deutschland_auf_dem_weg_in_die_heisszeit_final.pdf
- Ibisch, P.L. (2022): Ein kosystembasierter Ansatz für den Umgang mit der Waldkrise in der Klimakrise. *Natur und Landschaft*. 97. Jahrgang (2022) – Ausgabe 7 (325-334). DOI: 10.19217/NuL2022-07-02
- Miralles, D.G., Gentine, P., Seneviratne, S.I. and Teuling, A.J. (2019), Land–atmospheric feedbacks during droughts and heatwaves: state of the science and current challenges. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1436: 19-35. <https://doi.org/10.1111/nyas.13912>
- Ney P, Graf A, Bogena H, Diekkrger B, Dre C, Esser O, Heinemann G, Klosterhalfen A, Pick K, Ptz T, Schmidt M, Valler V, Vereecken H (2019) CO2 fluxes before and after partial deforestation of a Central European spruce forest. *Agric for Meteorol* 274:61–74
- Senf, C., Buras, A., Zang, C.S. et al. Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe. *Nat Commun* 11, 6200 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19924-1> [Titel anhand dieser DOI in Citavi-Projekt übernehmen]
- Zellweger, F., De Frenne, P., Lenoir, J., Vangansbeke, P., Verheyen, K., Bernhardt-Römermann, M., ... Coomes, D. (2020). Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science*, 368(6492), 772-775. <https://doi.org/10.1126/science.aba6880>

Energetische Verwendung von Holz

Abbildung 15: Gesamtsumme an energetischer Verwendung von Holz, differenziert einerseits nach Herkunft und andererseits nach Sortiment

Abbildung 16: Gesamtsumme an energetischer Holzverwendung differenziert nach Einsatzbereichen und nach Herkunft



- Waldholz
- Garten- und Landschaftspflege
- Industrierestholz
- sonstige feste Biobrennstoffe
- Scheitholz
- Pellets
- forstliche Reststoffe
- agrar. Anbaubiomasse
- Abfallholz
- Hackschnitzel

- Waldholz
- forstliche Reststoffe
- Garten- und Landschaftspflege
- agrar. Anbaubiomasse

Prinzipien der Ökosystemfunktionalität und des Waldökosystemmanagements

- Ökosysteme sind offene, energiewandelnde Systeme und unterliegen den Gesetzen der Thermodynamik.
 - (Sonnen-)Energie wird aufgenommen und zur Aufrechterhaltung der systemeigenen Grundfunktionen verwendet
 - Überschüssige Energie wird in Form zusätzlicher Strukturen (Biomasse, Information, Netzwerk) gespeichert, die das System effizienter machen
- Ökosysteme sind offene ökohydrologische Systeme
 - Aufnahme bzw. Beschaffung, Rückhaltung und Umsatz von Wasser sind direkt mit dem Energiehaushalt gekoppelt. Je mehr Wasser im Ökosystem umgesetzt werden kann, desto größer die Energiedissipation und Leistungsfähigkeit des Ökosystems. Je mehr materialisierte Energie im Ökosystem gespeichert wird, desto größer sind Wassergehalt und Wasserspeicherfähigkeit in Biomasse bzw. im Boden und desto geringer die Schwankungen der Produktivität.

Prinzipien der Ökosystemfunktionalität und des Waldökosystemmanagements

- Ökosysteme sind offene, energiewandelnde Systeme und unterliegen den Gesetzen der Thermodynamik.
 - (Sonnen-)Energie wird aufgenommen und zur Aufrechterhaltung der systemeigenen Grundfunktionen verwendet
 - Überschüssige Energie wird in Form zusätzlicher Strukturen (Biomasse, Information, Netzwerk) gespeichert, die das System effizienter machen
- Ökosysteme sind offene ökohydrologische Systeme
 - Aufnahme bzw. Beschaffung, Rückhaltung und Umsatz von Wasser sind direkt mit dem Energiehaushalt gekoppelt. Je mehr Wasser im Ökosystem umgesetzt werden kann, desto größer die Energiedissipation und Leistungsfähigkeit des Ökosystems. Je mehr materialisierte Energie im Ökosystem gespeichert wird, desto größer sind Wassergehalt und Wasserspeicherfähigkeit in Biomasse bzw. im Boden und desto geringer die Schwankungen der Produktivität.
- Möglichst große photosynthetisch aktive Fläche entwickeln (z. B. Förderung alter Bäume, funktionelle und strukturelle Vielfalt, Schichtung, hohe Vorräte)
- Biologische Vielfalt und komplexe Nahrungsnetze
- Verlust von Wasser, Luft- und Bodenfeuchtigkeit oder der Wasserspeicher- bzw. Wasserrückhaltefähigkeit und Erwärmung von Wald verhindern oder reduzieren:
 - keine Drainage
 - keine Kahlflächen
 - Bewahrung eines relativ hohen Kronenschlussgrads
 - Reduktion von Wegen und Gassen
- Aufnahme und den Umsatz von Wasser vergrößern:
 - tiefe Durchwurzelung
 - ältere Bäume, Landschaftskühlung, Verdunstung
 - humusreicher Boden
 - Klein- und Kleinstgewässer inkl. Wurzeltellermulden
 - Totholz, Strukturvielfalt, Schichtung