

Modellierung von Dürreeffekten auf Baummortalität und Kohlenstoffspeicherung in deutschen Fichtenbeständen



* tim.anders@senckenberg.de

Tim Anders ^{*,a}, Jessica Hetzer ^a, Nikolai Knapp ^b, Matthew Forrest ^a, Liam Langan ^a, Merja Helena Tölle ^c, Nicole Wellbrock ^b, Thomas Hickler ^{a, d}

Einleitung

- **Hitze- und Dürreperioden 2018-2020** verursachten einen **beispiellosen Anstieg der Absterberate von *Picea abies*** (BMEL, 2022)
- **Wald- und Vegetationsmodelle (DVMs)** erfassen durrebedingte Baummortalität unzureichend und **können beobachteten Anstieg nicht reproduzieren** (Fischer et al. 2025)
- **Entwicklung von logistischen Regressionsmodellen**, die Klima- und Wetterfaktoren in Relation zu Fichtenmortalitätsdaten setzen
- **Integration von empirisch-basierten Baummortalitätsfunktion in LPJ-GUESS** zur verbesserten Repräsentation von durrebedingter Baummortalität
- **LPJ-GUESS Simulationen deutscher Fichtenbeständen** unter historischen klimatischen Bedingungen (1998–2020) sowie zukünftigen Klimaszenarien (RCP2.6, RCP8.5, 2021 – 2070)



Abb. 1: Abgestorbene Gemeine Fichte (*Picea abies*).

Materialien & Methoden

- **Logistische Regressionsmodelle** zur Vorhersage der Fichtenmortalität
 - Deutschlandweite **Fichtenmortalitätsdaten** (1998 – 2020) der **Waldzustandserhebung (WZE)**
 - **Wetterbedingte und klimatische Prädiktorvariablen**, basierend auf täglichen Klimadaten (1980-2070) COSMO-CLM (~3 km)
- Implementierung **trockenheitsbedingter Baummortalitätsfunktionen in LPJ-GUESS** auf Grundlage empirischer Modelle

Tab. 1: Empirische Modelltrainingsdaten und Prädiktorvariablen

Trainingsdaten (WZE)		Prädiktorvariablen
Observationsperiode	1998-2020	Saisonale klimatische Mittelwerte (1991-2010) & Wetteranomalien
Anzahl Bäume insgesamt	41.686	<ul style="list-style-type: none"> • Sommer Klimatische Wasserbilanz (KWB) [mm] • Frühjahr Sonneneinstrahlung [W/m²] • Sommer Sonneneinstrahlung [W/m²] • Winter Mitteltemperatur [°C] • Sommer Mitteltemperatur [°C] • Herbst Mitteltemperatur [°C] • Sommer Maximaltemperatur [°C] • Winter Niederschlagssumme [mm]
Anzahl lebender Bäume	41.137	
Anzahl toter Bäume	549	
		Langzeiteffekte: Gleitende Mittel- bzw. Maximalwerte oder Nutzung von Prädiktoren aus vorjährigen Jahren

Ergebnisse & Diskussion

- **Historische Fichtenmortalität lässt sich durch jährliche Wetteranomalien in Kombination mit klimatischen Mittelwerten erklären** (Abb. 2a)
- Unter historischen Bedingungen (1998 – 2020) konnten **generelle zeitliche und räumliche Mortalitätsmuster reproduziert** werden (Abb. 2a, 2b)
- **Anomalie der Sommer KWB und Anomalie der Sommer Mitteltemperatur** wichtigste Prädiktorvariablen
- Projektionen zeigen periodisch auftretende Mortalitätsereignisse unter zukünftigen klimatischen Bedingungen (RCP2.6, RCP8.5), **vergleichbar mit denen nach 2018**, bis hin zu **massivem Waldsterben**
- Projektionen verschiedener Mortalitätsalgorithmen unterscheiden sich in **Zukunft**, daher mit **hohen Unsicherheiten** behaftet
- **Erhebliche Reduktionen der oberirdischen Biomasse nach Dürreevents** (-16 % (RCP2.6) und -22 % (RCP8.5) in 2010 – 2070, Mittelwert über alle Simulationen) im Vergleich zu Simulationen ohne Dürremortalität (Abb. 2c)
- **Dürrebedingte Reduktionen des potenziellen Holzeinschlags** in Deutschland für Zeitraum von 2021 bis 2070 insgesamt 310 Mio. Mg C (RCP2.6) bzw. 447 Mio. Mg C (RCP8.5) (Abb. 2c)
- Vorhersagen **dynamischer Vegetationsmodelle ohne Berücksichtigung von Dürreeffekten** könnten **zu optimistisch in Vorhersage** sein
- **Hohe Risiken für Anpflanzung von *Picea abies* in deutschen Wäldern**

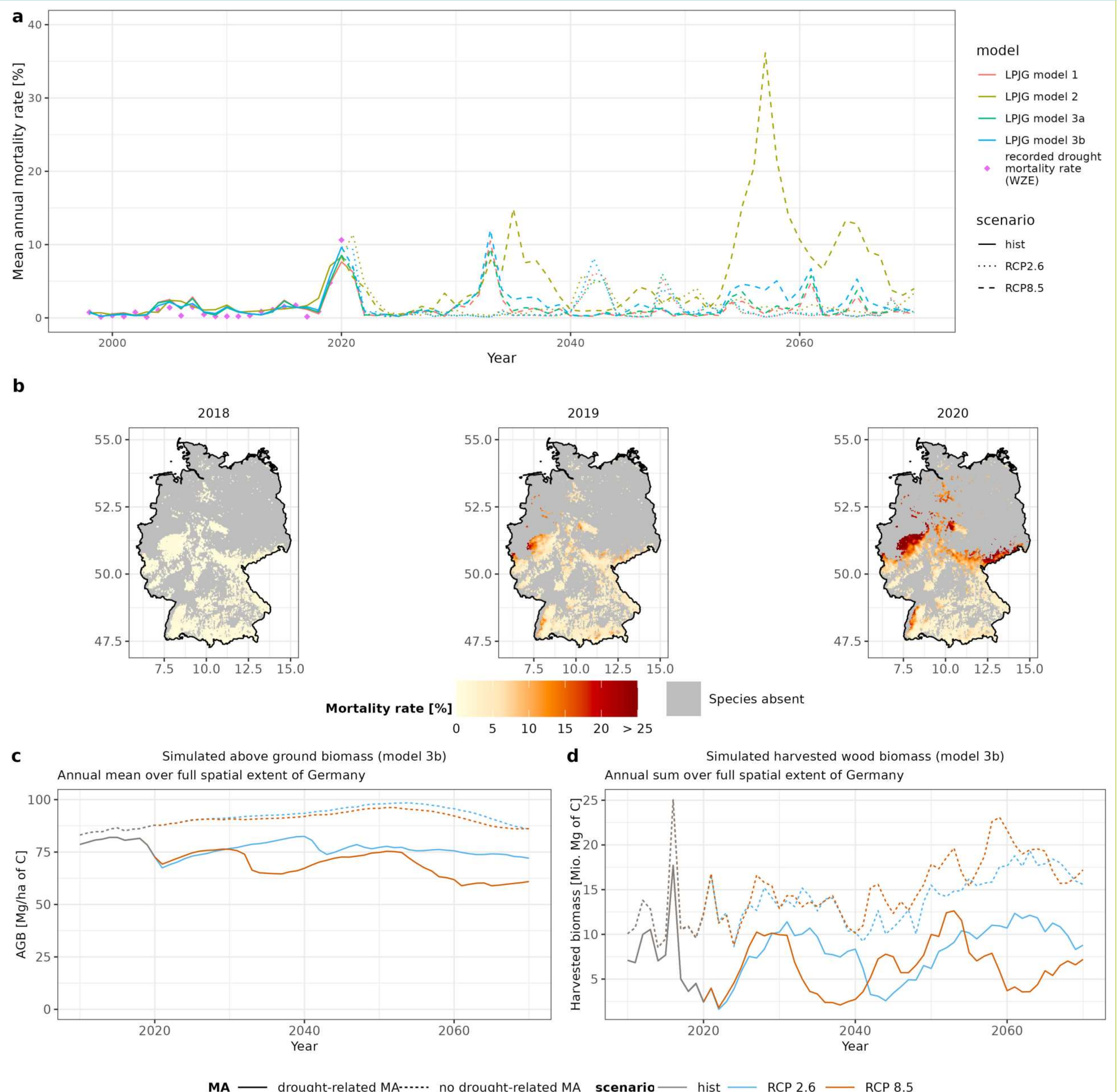


Abb. 2: a) Simulierte mittlere jährliche Fichtenmortalitätsraten (1998-2070) unter RCP2.6 und RCP8.5. b) Simulierte jährliche Mortalitätsraten über Deutschland in 2018, 2019 und 2020. c) Simulierte jährliche mittlere oberirdische Biomasse (2010-2070) d) Simulierte jährliche mittlere Holzernte (2010-2070)

Referenzen

1. BMEL. 2022. "Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2021".
2. Anders, T., Hetzer, J., Knapp, N., Forrest, M., Langan, L., Tölle, M., Wellbrock, N., Hickler, T. 2025. Modelling past and future impacts of droughts on tree mortality and carbon storage in Norway spruce stands in Germany. Ecological Modelling. 501.
3. Fischer, R., Anders, T., Bugmann, H., Djahangard, M., Dreßler, G., Hetzer, J., Hickler, T., Hiltner, U., Marano, G., Sperlrich, D., Yousefpour, R., Knapp, N. 2025. Perspectives for forest modeling to improve the representation of drought-related tree mortality. Journal für Kulturpflanzen. 77.

^a Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Frankfurt a. M.

^b Thünen Institut für Waldökosysteme, Eberswalde

^c Universität Kassel, Kassel

^d Goethe Universität, Frankfurt a. M.

CC BY 4.0 creativecommons.org/licenses/by/4.0/

SENCKENBERG
world of biodiversity

Leibniz
Gemeinschaft