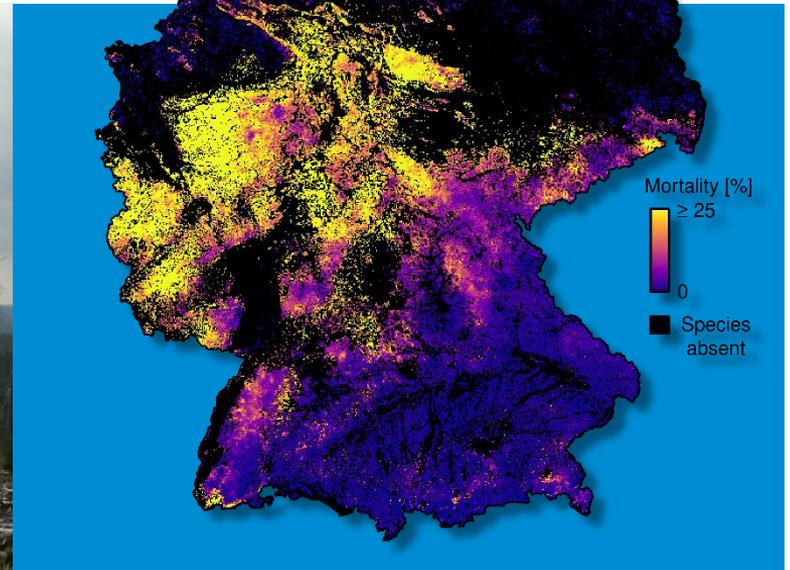


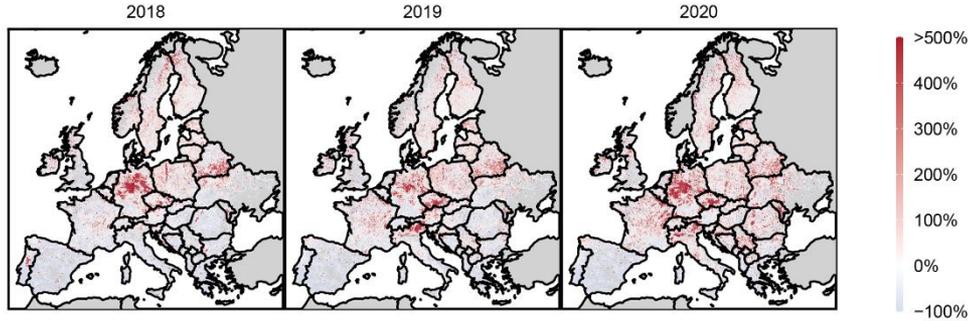
Vom Einzelbaum zu deutschlandweiten Karten: Modellierung von Absterberaten aus der Waldzustandserhebung

Nikolai Knapp, Nicole Wellbrock, Judith Bielefeldt, Petra Dühnelt,
Rainer Hentschel, Andreas Bolte
Thünen-Institut für Waldökosysteme

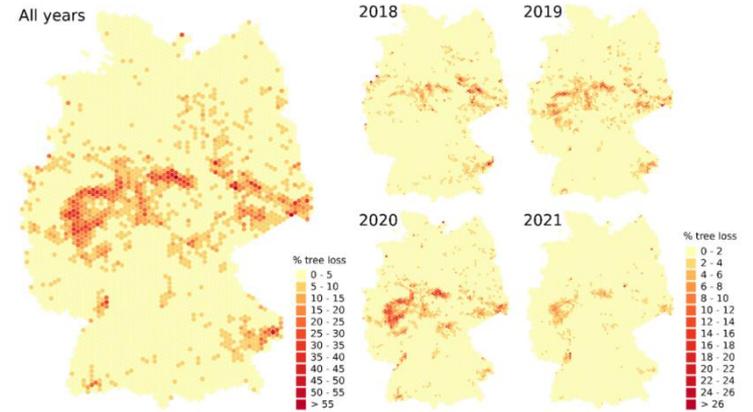


Hintergrund: Die Dürrejahre 2018-2022

(a) Forest disturbance anomalies



Senf & Seidl (2021) *Biogeosciences*

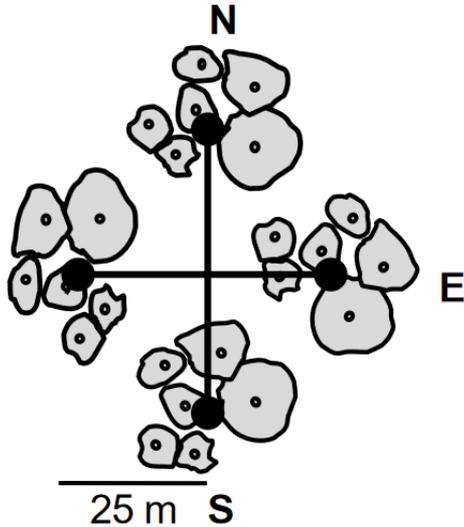


Thonfeld et al. (2022) *Remote Sensing*



Fichtenwald (*Picea abies*) am Brocken im Harz 2024

Die Waldzustandserhebung in Deutschland

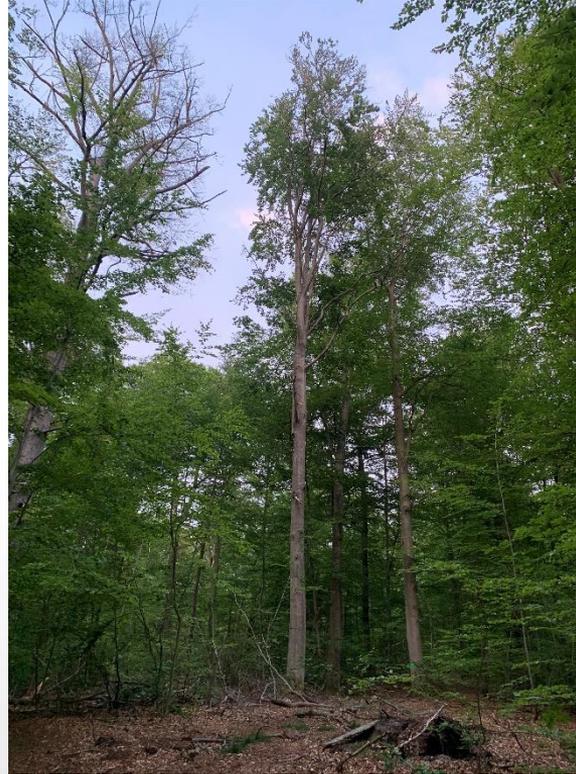


ICP Forests Manual Part II

- Waldzustandserhebung (WZE) ist Teil des europäischen ICP Forests Monitoring Programms
- Findet jährlich auf einem 16 km x 16 km Gitter statt
- Kronenzustand von 24 Bäumen an ca. 400 Probe-punkten wird aufgenommen
- Zeitreihe seit den 1980ern



Schadstufen der Kronenverlichtung

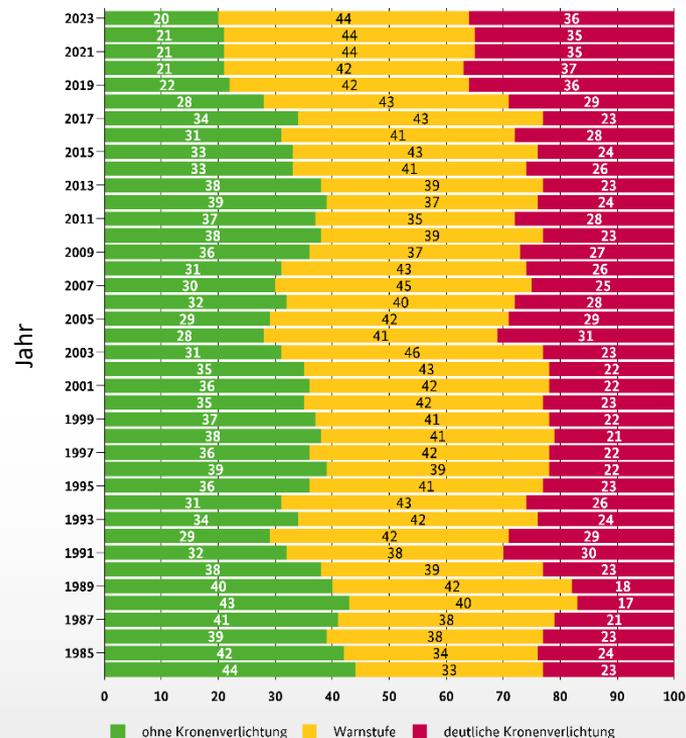
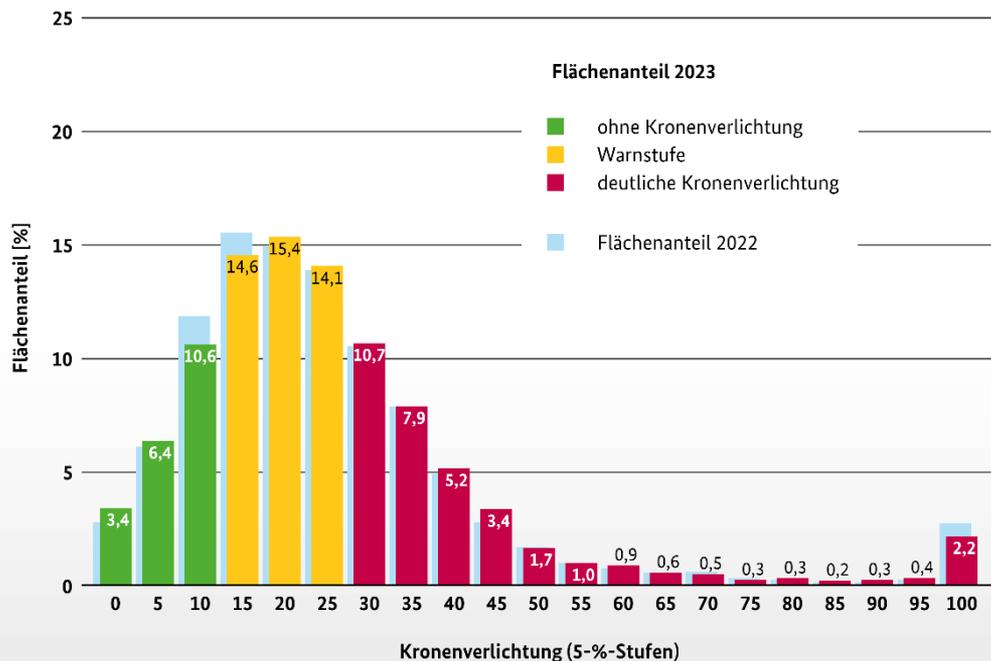


Fotos: Petra Dühnelt

Ohne Verlichtung	Warnstufe	Deutliche Verlichtung	Abgestorben
0 – 10% Blattverlust	>10 – 25% Blattverlust	>25 – 100% Blattverlust	100% Blattverlust

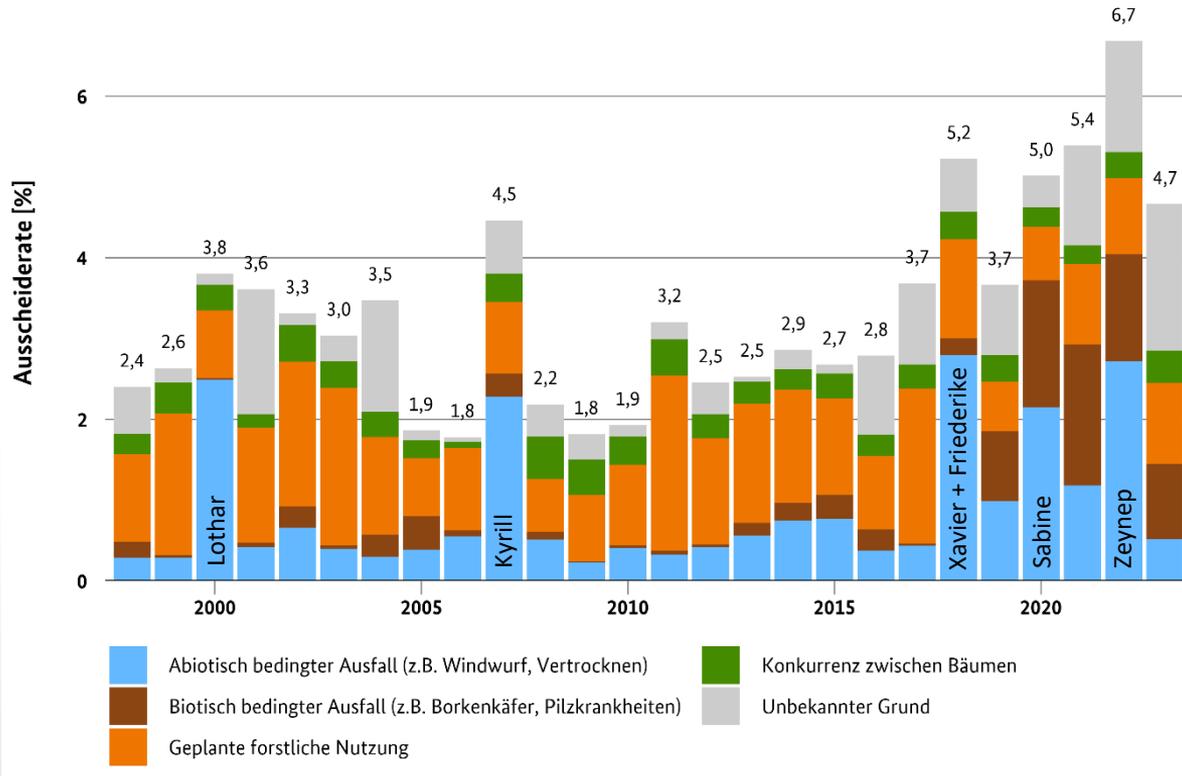
Kronenzustand aller Bäume

Alle Baumarten 2023



Ohne Verlichtung	Warnstufe	Deutliche Verlichtung	Abgestorben
0 – 10% Blattverlust	>10 – 25% Blattverlust	>25 – 100% Blattverlust	100% Blattverlust

Ausscheideraten in der Waldzustandserhebung



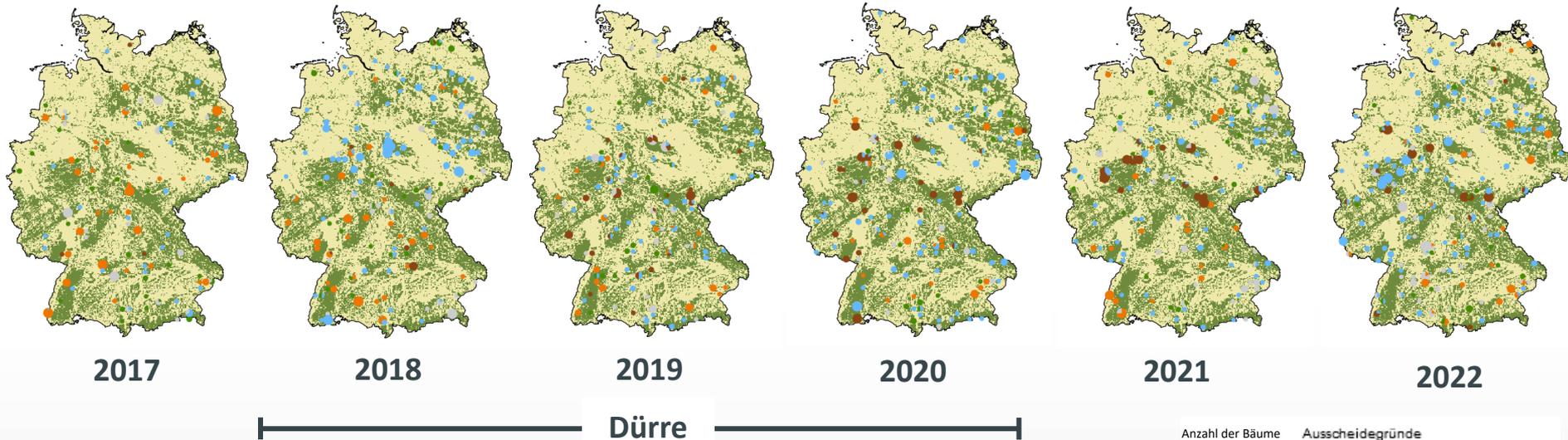
Seit 2017...

- 42% der Fichten sind gestorben
- 15% aller Bäume von anderen Arten sind gestorben
- 255 Mio. m³ Schadholzaufkommen
- Eine halbe Mio. ha müssen wiederaufgeforstet werden

Ziele der Studie

- 1) Nutzung von **Umweltvariablen** zur statistischen Modellierung von **Ursache-Wirkungsbeziehungen** für die **Baummortalität**
- 2) Identifikation der **wichtigsten Mortalitätstreiber** für jede Baumart
- 3) Erstellung **landesweiter Mortalitätskarten** für die unterschiedlichen Baumarten
- 4) Bereitstellung der statistischen Beziehungen, um die Repräsentation der **Mortalität in Waldmodellen** zu verbessern

Ausfälle von Probebäumen an den WZE-Punkten

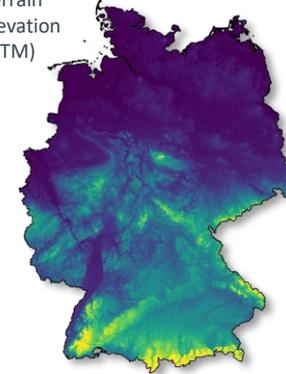


- Modellierung der natürlichen Mortalität durch Dürre und Schadorganismen (inkl. Sanitärhiebe)
- Ausschluss der geplant entnommenen, windgeworfenen und aus unbekanntem Grund ausgefallenen Bäume

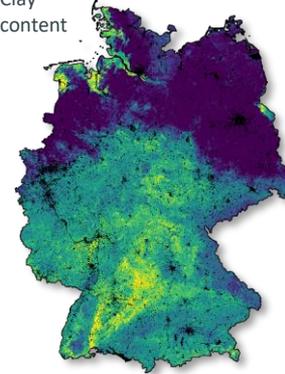
Umweltvariablen als Prädiktoren

- **Klima** Zeitreihe (DWD: Temperatur, klimatische Wasserbilanz,... , aggregiert auf Jahreszeiten, gleitende Mittelwerte und Extrema, langjährige Mittelwerte und Abweichungen)
- **Gelände** (Höhe, Neigung, Exposition, topographischer Feuchteindex,...)
- **Boden** (SoilGrids: Textur, pH, Kohlenstoffgehalt,...)
- **Deposition** von Stickstoff und Schwefel (EMEP)
- **Distanzen** zu Waldrändern und -wegen (Copernicus FTY, OpenStreetMap)

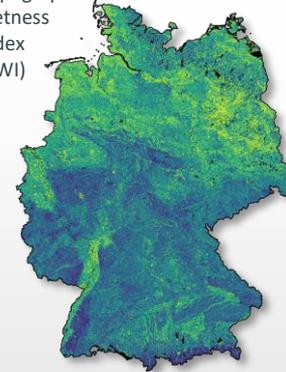
Terrain elevation (DTM)



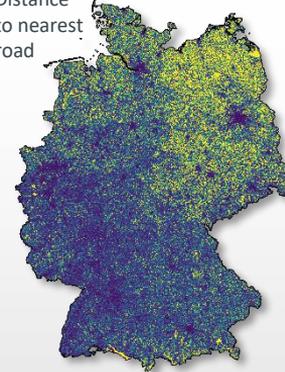
Clay content



Topographic wetness index (TWI)

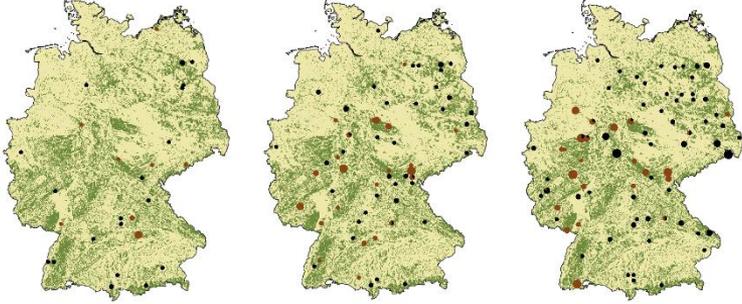


Distance to nearest road

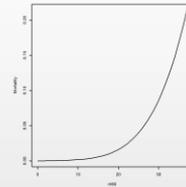
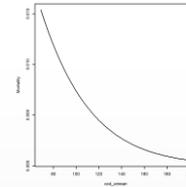
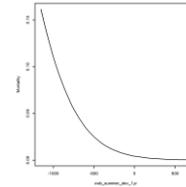


Mortalitätskarten für jedes Jahr

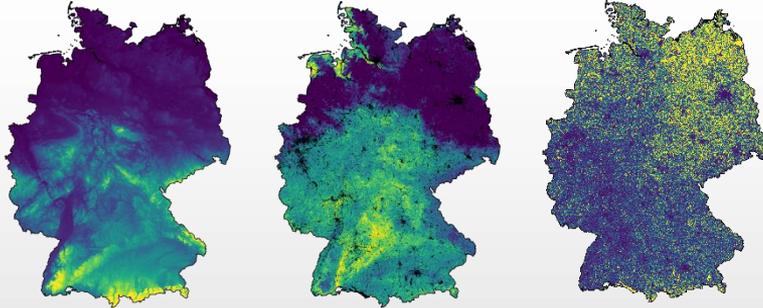
Beobachtete Mortalitätsereignisse an den WZE-Punkten



Logistisches Regressionsmodell

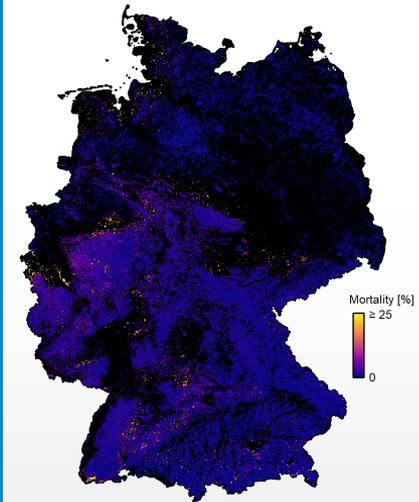


Flächendeckende Umweltvariablen als Prädiktoren



Raum-zeitliche Vorhersage der Mortalitätsrate

2015

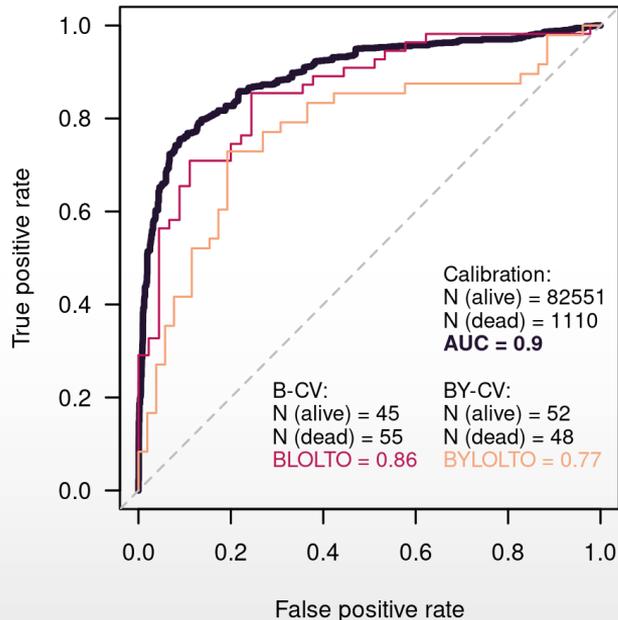


Statistisches Modell

- Logistische Regression mit binärer abhängiger Variable „tot oder lebendig“
- Stepwise forward feature selection, um nur relevante Prädiktoren ins Modell aufzunehmen
- Receiver operating characteristic area under the curve (ROC AUC) für die Kalibrierungsdaten und für verschiedene Kreuzvalidierungen
- Gütemaße (R^2 , RMSE) basierend auf 1:1-Graphiken der jährlichen Durchschnittsmortalität über alle WZE-Punkte
- Rangliste der wichtigsten Treiber basierend auf permutation importance tests
- Flächendeckende Vorhersagen für Deutschlandkarten

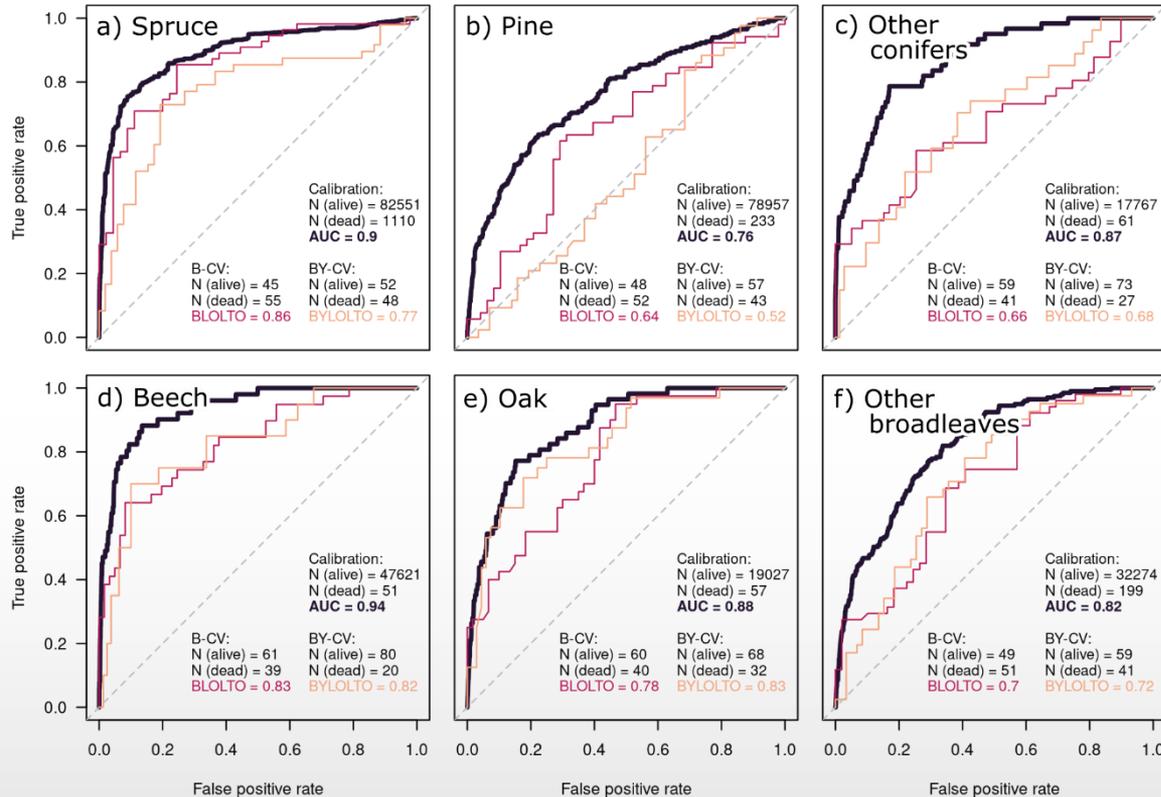
Modellgenauigkeit: Area under the curve (AUC)

ROC-Kurve



- **Calibration** → Wie gut sind Modellvorhersagen, für die Bäume mit denen das Modell trainiert wurde?
- **Leave-one-location-and-time-out cross validation (LOLTOCV)** → Wie gut sind Modellvorhersagen, für **neue Bäume** mit denen nicht trainiert wurde und zwar an **Orten** und in **Jahren** mit denen nicht trainiert wurde...
- **Balanced LOLTOCV** → ... v.a. für Dürrejahre?
- **Balanced per year LOLTOCV** → ... für beliebige Jahre?

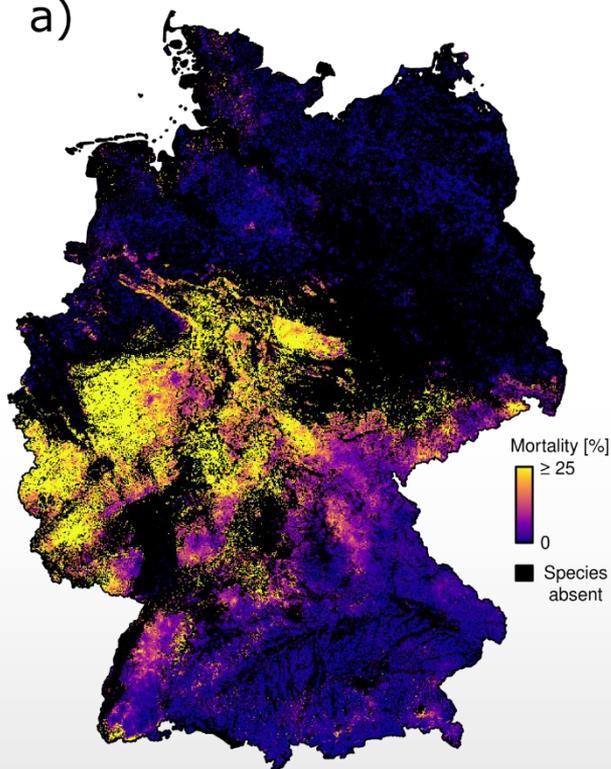
Modellgenauigkeiten für die verschiedenen Baumarten



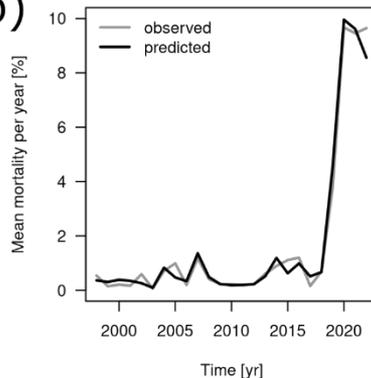
Knapp et al. (2024)
For Ecol Manag

Fichtenmortalität

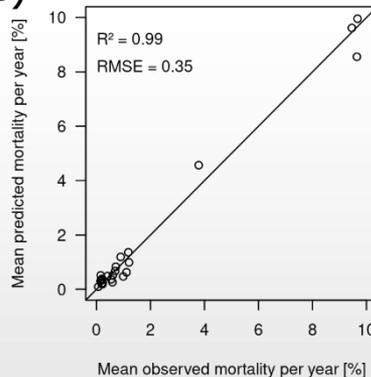
a)



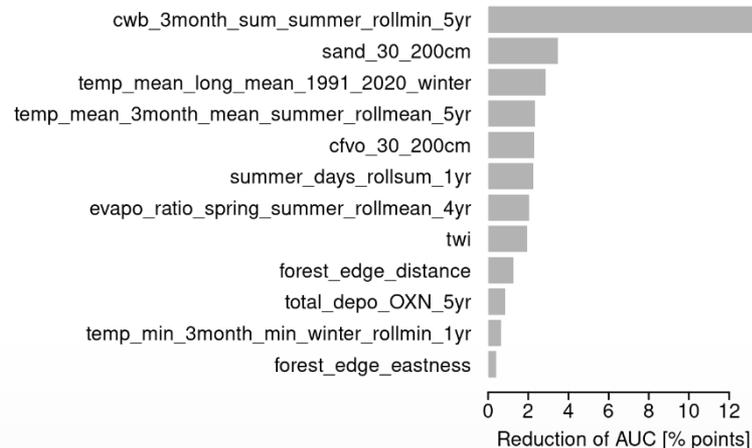
b)



c)



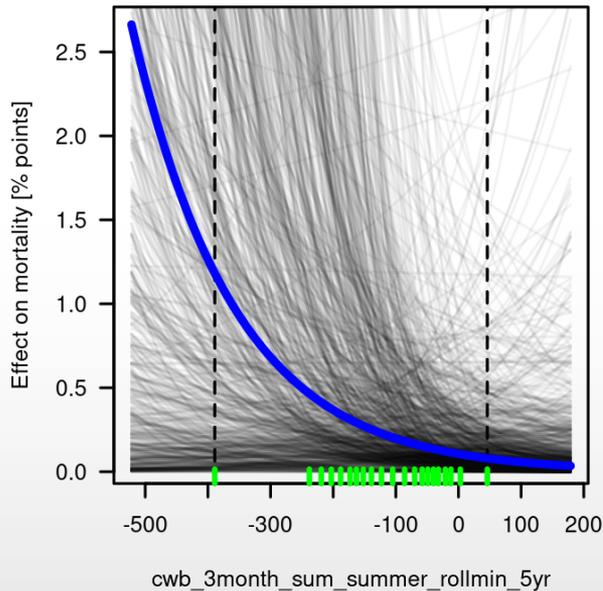
Prädiktorenwichtigkeit



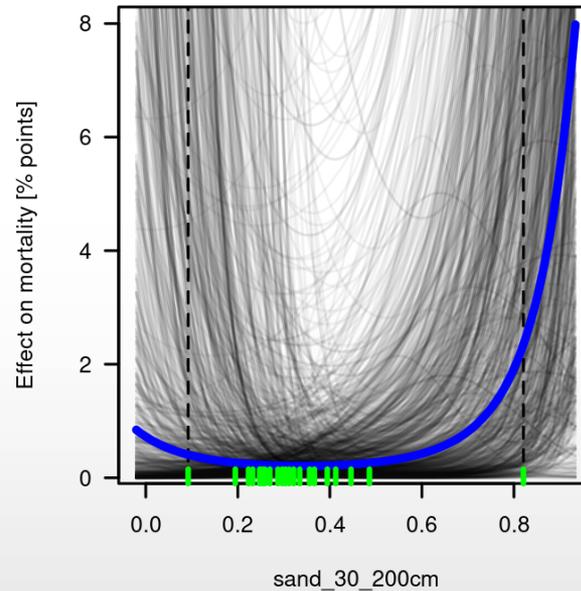
Knapp et al. (2024) *For Ecol Manag*

Abhängigkeit der Fichtenmortalität von Treibern

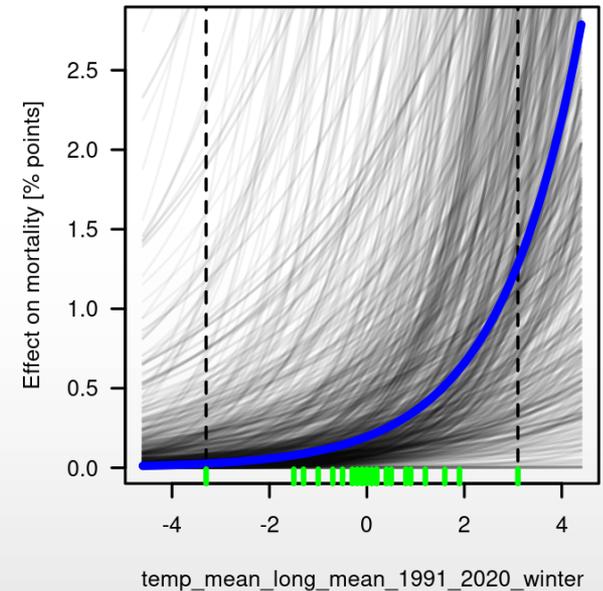
Trockenster Sommer der vergangenen 5 Jahre



Sandanteil im Boden unterhalb 30 cm Tiefe

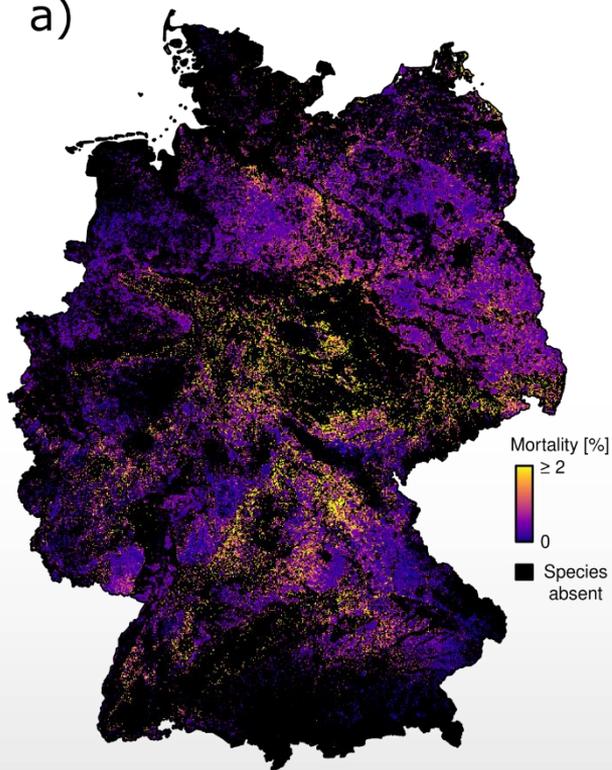


Langjährige mittlere Wintertemperatur

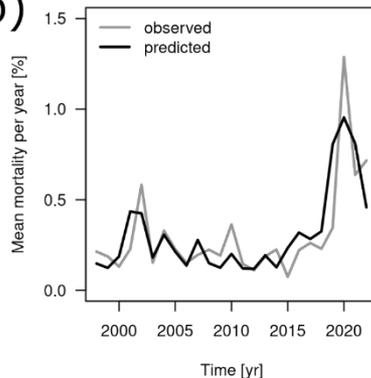


Kiefernmortalität

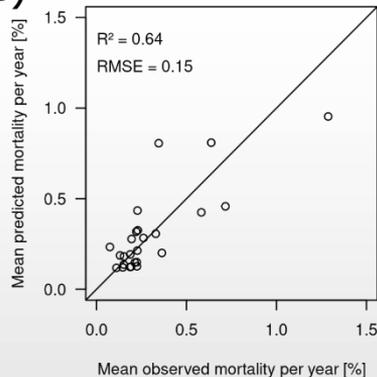
a)



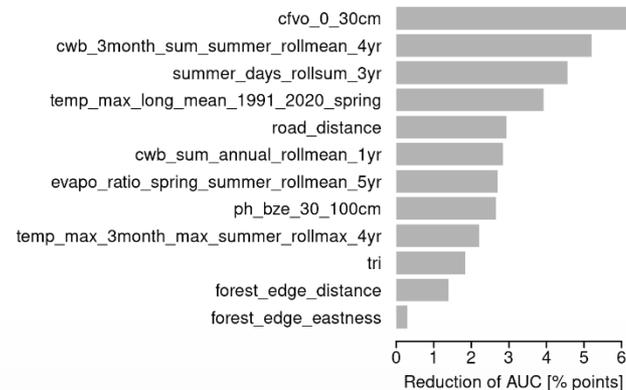
b)



c)



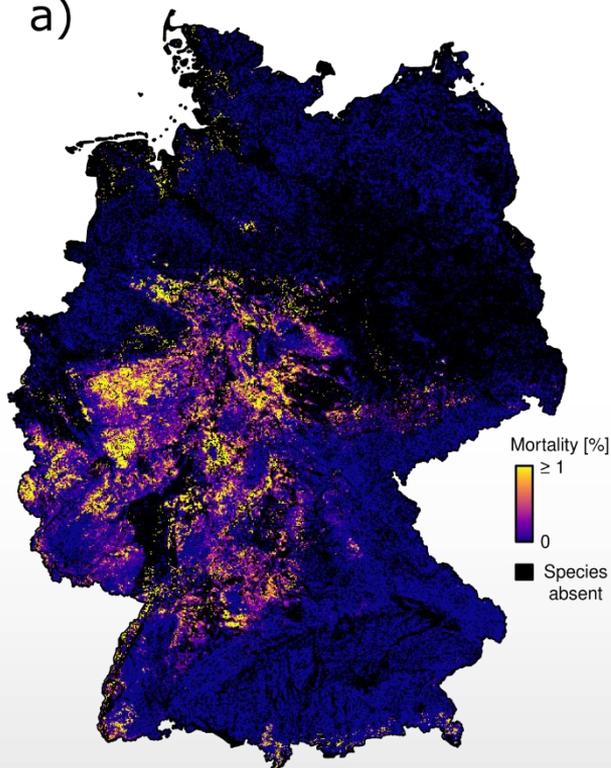
Prädiktorenwichtigkeit



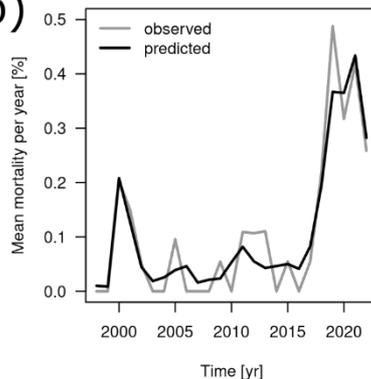
Knapp et al. (2024) *For Ecol Manag*

Buchenmortalität

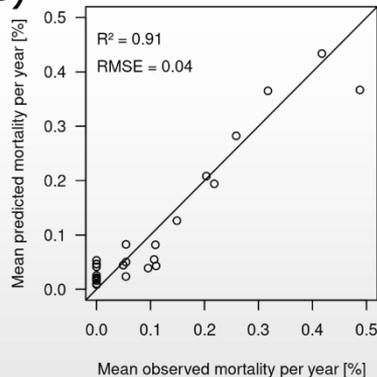
a)



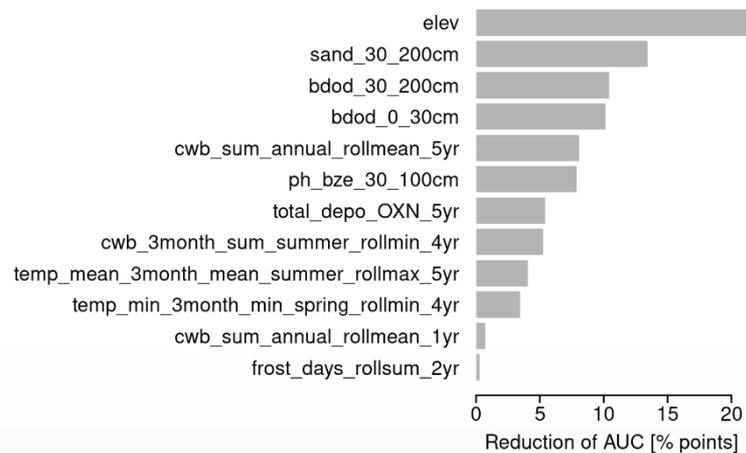
b)



c)



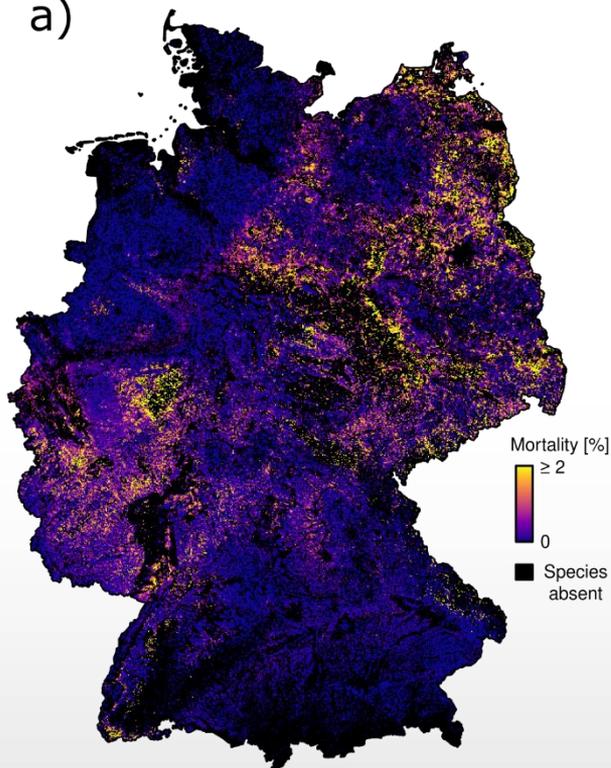
Prädiktorenwichtigkeit



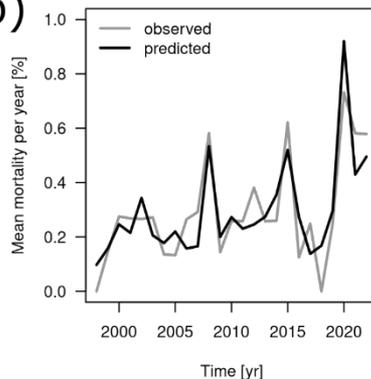
Knapp et al. (2024) *For Ecol Manag*

Eichenmortalität

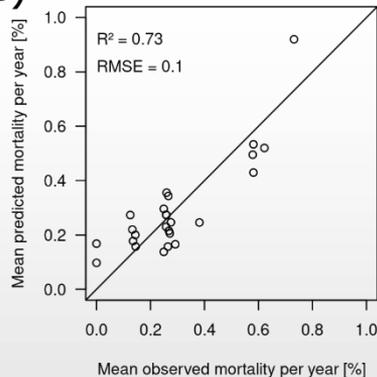
a)



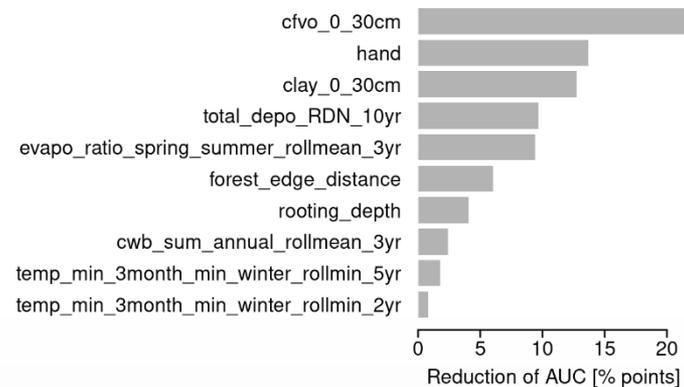
b)



c)



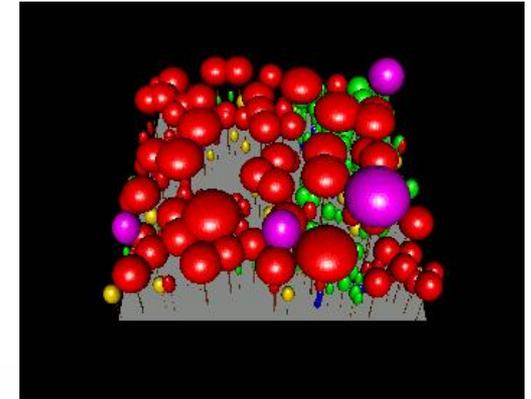
Prädiktorenwichtigkeit



Knapp et al. (2024) *For Ecol Manag*

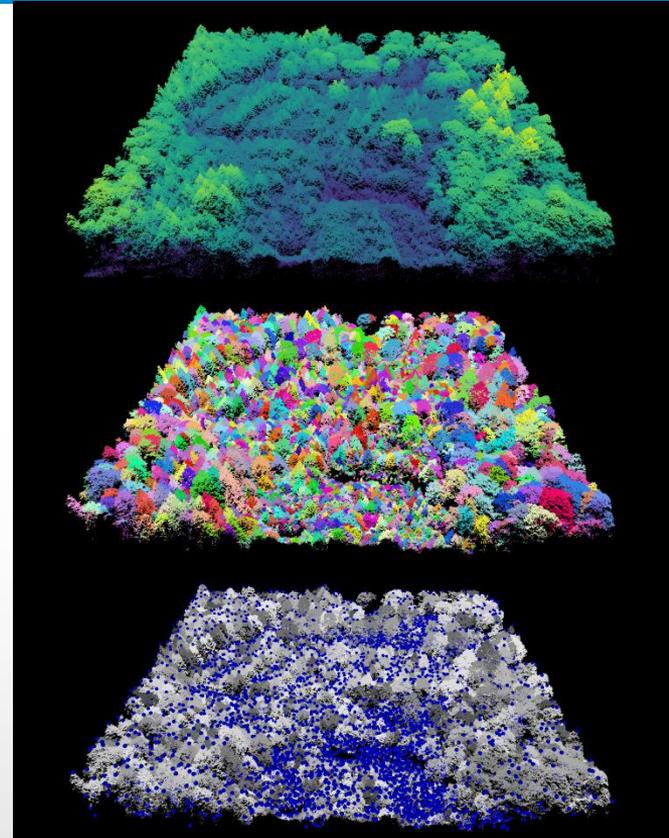
Integration der Baummortalität in Waldmodelle

- **Regressionsgleichungen** können zur **Verbesserung** der Repräsentation von **Mortalität** in **Waldmodellen** beitragen...
- ... entweder durch
 - a) direkte Anwendung** im Modell, oder durch...
 - b) Kalibrierung** von **Prozessen** anhand der Vorhersagen
- **Simulationen** der Waldentwicklung unter zukünftigen Bedingungen
- Zusammenarbeit mit den Teams hinter den Modellen:
LPJ-GUESS (BiKF-Senckenberg, TU München), **LPJmL-FIT**, **4C** (PIK),
FORCLIM (ETH Zürich), **FABio** (Ökoinstitut), **FORMIND** (UFZ, JKI)



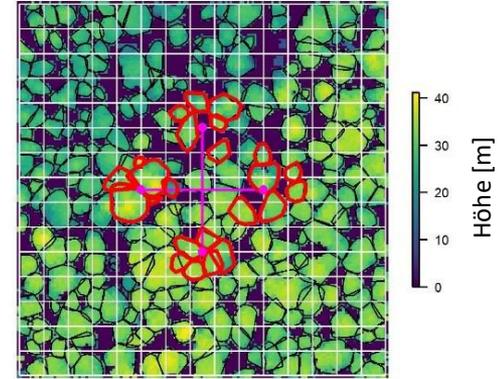
Laufende Projekte

- **Airborne Laserscanning Daten des Digitalen Zwillings (DigiZ-DE)**
- **Waldstruktureigenschaften**
- **Einzelbaumkronenableitung**
- Einfluss von **Struktur** und **Konkurrenz** auf **Mortalitätswahrscheinlichkeit**



Laufende Projekte

- Genaue **Einmessung** der **WZE-Baumpositionen** mit RTK GNSS
- **Kronenpolygone** jedes WZE-Baumes aus dem Laserscanning
- **Pixelgenaue Verschneidung** mit Satellitendaten



Zusammenfassung

- **Klimatische Wasserbilanz im Sommer** war wichtigster Treiber der **Fichtenmortalität** mit **Nachwirkungen** über **mehrere Jahre**
- **Mortalitäten** von **Buche** und **Eiche** waren eher durch **Standorteigenschaften** bestimmt
- **Hohe Vorhersagegenauigkeiten** wurden für Fichte, Buche und Eiche erreicht, jedoch **nicht für Kiefer**
- **Karten** liefern flächendeckende Informationen über **räumliche Muster** der **Baummortalität**
- **Regressionsgleichungen** werden zur Verbesserung der Repräsentation von **Mortalität** in **prozessbasierten Waldmodellen** eingesetzt
- **Neue Möglichkeiten** durch Verknüpfung mit **Fernerkundung**



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

2015

Danksagung

Wir danken allen WZE-Beteiligten in den Bundesländern und allen Feldaufnahmeteams für die Datenerhebung.

Referenzen

ICP Forests Manual [WWW Document], n.d. URL <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual> (accessed 8.24.22).

Knapp, N., Wellbrock, N., Bielefeldt, J., Dühnelt, P., Hentschel, R., Bolte, A., in review. From single trees to county-wide maps: Modeling mortality rates in Germany based on the Crown Condition Survey. For. Ecol. Manag.

Senf, C., Seidl, R., 2021. Persistent impacts of the 2018 drought on forest disturbance regimes in Europe. Biogeosciences 18, 5223–5230. <https://doi.org/10.5194/bg-18-5223-2021>

Thonfeld, F., Gessner, U., Holzwarth, S., Kriese, J., da Ponte, E., Huth, J., Kuenzer, C., 2022. A First Assessment of Canopy Cover Loss in Germany's Forests after the 2018–2020 Drought Years. Remote Sens. 14. <https://doi.org/10.3390/rs14030562>

Latest German forest condition report: <https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html>

Interactive graphics and data download: <https://blumwald.thuenen.de/wze/aktuelle-ergebnisse-der-wze>

Background info on crown condition survey: <https://blumwald.thuenen.de/>

