

# Bundesweite Projektion der Überlebensraten wichtiger Baumarten

Die Überlebensrate wichtiger Waldbaumarten wurde für die Gegenwart (2000) und die Zukunft (2050, 2070) deutschlandweit modelliert. Damit sollen unter anderem folgende Fragen beantwortet werden: Wie verändert sich die Mortalität wichtiger Waldbaumarten im Klimawandel? Wie unterscheiden sich dabei die Baumarten? Und gibt es regionale Unterschiede? Erste Ergebnisse zeigen, dass die Überlebensrate aller Hauptbaumarten abnimmt, diese aber sehr unterschiedlich und regional differenziert auf den Klimawandel reagieren. Besonders für die Fichte ergeben sich erhöhte Ausfallrisiken in ihren Hauptanbaugebieten im südlichen Deutschland.

Susann Bender, Jens Wiesebahn, Kinga Jánosi, Andreas Bolte

Das Thünen-Institut für Waldökosysteme beteiligte sich im Projekt SURVIVAL-KW mit der Anpassung und Bereitstellung von bundesweiten Daten sowie mit der Anwendung von Überlebens-Modellen auf diese. Dazu wurden Inventurdaten der dritten Bundeswaldinventur (BWI<sup>3</sup>, 2012) mit Klimaprojektionen aus der Gegenwart und Zukunft verschnitten, um die Überlebenswahrscheinlichkeiten der BWI-Bestände mit den Modellen aus Modul 1 (vgl. den Beitrag ab S. 10 in dieser Ausgabe) zu berechnen.

## Verknüpfung von Inventurdaten und Klimaprojektionen

Zur weiteren Auswertung wurden aus den Daten der BWI Modell-Forstbetriebe

### Schneller Überblick

- Survival-Modellierungen erlauben eine Projektion von Veränderungen der Überlebensraten wichtiger Waldbaumarten in Deutschland auf Grundlage von Waldinventuren und Klimamodellen
- Baumarten reagieren in ihrem Überleben unterschiedlich auf veränderte Klimabedingungen, auch die Regionen in Deutschland unterscheiden sich
- Die Fichte zeigt die stärkste Abnahme der Überlebensrate in ihren Hauptverbreitungsgebieten in Süddeutschland, während die Buche in Norddeutschland die geringsten Veränderungen aufweist

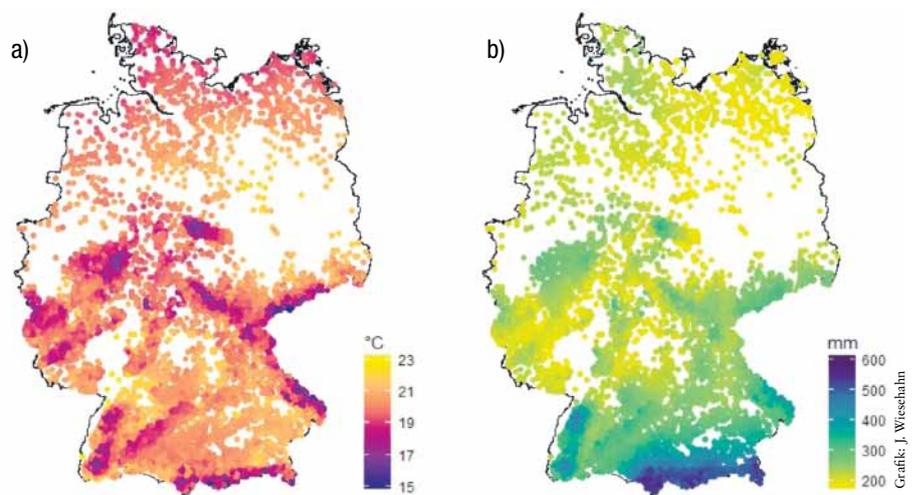


Abb. 1: Klimadaten an Beständen der Baumartengruppe Fichte, eingefärbt nach maximaler Temperatur des wärmsten Monats (a) und Niederschlag des wärmsten Quartals (b) im Mittel der Jahre 1970 bis 2000

und Bestände generiert. Dabei bildet jeder Inventurstichprobenpunkt einen Modell-Bestand, dessen Eigenschaften aus den Daten der BWI 2012 [1] abgeleitet wurden. Die Bäume der Hauptbestandsschicht (inkl. Plenterwald) wurden in Baumartengruppen zusammengefasst, um das Alter (Median) sowie den Mischungsanteil (Baumartenanteil) der Hauptbaumartengruppe (größter Baumartenanteil) abzuleiten. Des Weiteren wurden die

resultierenden Bestände Modell-Forstbetrieben zugeordnet, die durch das entsprechende forstliche Wuchsgebiet, die Eigentumsart und die Eigentumsgröße definiert sind. Der abgeleitete Datensatz enthält bundesweit über 53.000 Bestände in sechs Baumartengruppen (Tab. 1).

Für jeden Bestand wurden bioklimatische Parameter anhand ihrer geografischen Lage aus einem globalen Klimadatensatz (WorldClim) abgeleitet.

Baumarten- gruppe	Bestände	mittleres Alter	mittlerer Baum- artenanteil	Überlebensrate		
				2000	2050	2070
Fichte	15.225	68	0,8	0,75	0,7	0,68
Buche	13.229	84	0,72	0,85	0,82	0,81
Kiefer	13.115	74	0,82	0,8	0,76	0,73
Eiche	9.274	84	0,69	0,83	0,79	0,76
Douglasie	1.357	47	0,72	0,9	0,86	0,83
Tanne	1.314	94	0,63	0,83	0,8	0,79

Tab. 1: Aus den Daten der dritten Bundeswaldinventur generierte Bestände nach Baumartengruppe und deren mittleres Alter, Baumartenanteil sowie modellierte Überlebensraten bei veränderten Klimabedingungen

Abb. 1 zeigt beispielhaft die Bestände der Baumartengruppe Fichte mit den im Modell genutzten Klimawerten. Wie auch in Modul 1 zur Parametrisierung der Überlebensmodelle wurde der WorldClim-Datensatz in der Version 2.0 der Jahre 1970 bis 2000 für die Berechnungen aktueller Überlebensraten herangezogen. Da zukünftige Klimaprojektionen bis jetzt nur in der Version 1.4 vorliegen, wurden diese für die Jahre 2050 und 2070 aus den aktuellen Werten der Version 2.0 [2] und den Veränderungen aus Version 1.4 (globales Klimamodell MPI-ESM-LR RCP8.5 für Zukunftsszenarien) [3] abgeleitet.

Je nach Haupt-Baumartengruppe wurde für jeden Bestand mit dem entsprechenden Überlebensmodell aus Modul 1 und den relevanten Modellvariablen aus Bestandesalter, Baumartenanteil und Klimavariablen die Überlebensrate für die Gegenwart und Zukunft modelliert. Für die Zukunftsprojektionen wurden alle Bestandescharakteristika konstant gehalten und nur die bioklimatischen Bedingungen geändert. Eine durch die Waldentwicklung veränderte Altersstruktur oder Baumartenzusammensetzung wurden in den Modellberechnungen also nicht berücksichtigt. Die Überlebensrate liegt im Wertebereich von 0 bis 1 und bezeichnet die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Hauptbaumart eines Bestandes. Dieser Wert geht

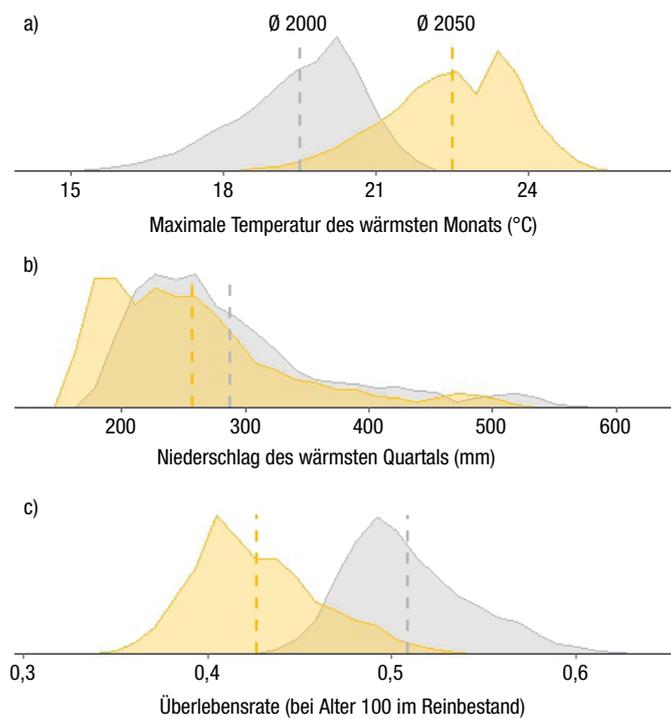


Abb. 2: Verteilung (und Mittelwert) von Klimabedingungen (a, b) und Überlebensrate 100-jähriger Reinbestände (c) der Baumartengruppe Fichte für die Jahre 2000 (grau) und 2050 (gelb)

als Variable in weitere Berechnungen in nachfolgenden Modulen ein. Zur bundesweiten Auswertung und besseren Vergleichbarkeit wurden neben den Werten auf Basis aktueller Bestandeseigenschaften auch Normwerte unter Annahme einheitlicher Bestandeseigenschaften (Alter 100 Jahre und Baumartenanteil 100 %) berechnet.

### Überlebensraten an Beständen der Bundeswaldinventur

Die berechnete mittlere Überlebensrate der Bestände für das Jahr 2000 reicht von 0,75 für die Baumartengruppe Fichte bis

0,9 bei der Douglasie (Tab. 1). Dabei gilt es zu beachten, dass die Bestände eine sehr unterschiedliche Altersstruktur aufweisen, welche sich entscheidend auf die Überlebensrate auswirkt. Die Douglasie bildet mit einem durchschnittlichen Bestandesalter von 47 Jahren überwiegend junge Bestände und besitzt damit auch eine hohe Überlebensrate. Die Bestände der Baumartengruppe Tanne am anderen Extrem sind im Mittel doppelt so alt (94 Jahre) und weisen allein dadurch schon eine niedrigere Überlebensrate auf.

Die Modelle sagen für alle Baumartengruppen in Zukunft eine Abnahme der Überlebensrate voraus. Bei gleichbleibenden (aktuellen) Bestandeseigenschaften und verändertem Klima reduziert sich die Überlebensrate zwischen den Jahren

2000 und 2050 im Mittel um 0,03 (Buche, Tanne) bis 0,05 (Fichte) und bis 2070 um weitere 0,01 (Buche, Tanne) bis 0,03 (Douglasie). Die Überlebensrate der Fichte in einem 100-jährigen Reinbestand und ihre Veränderungen in Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen sind in Abb. 2 dargestellt. Die von den Klimamodellen projizierte maximale Temperatur des wärmsten Monats steigt an den Fichtenstandorten bis 2050 im Mittel um 3,01 °C (Abb. 2a), gleichzeitig sinkt der Sommerniederschlag im Mittel um 29,8 mm (Abb. 2b). Durch diese veränderten Klimabedingungen fällt die Überlebensrate der Fichte im Mittel von 0,51 auf 0,43 (Abb. 2c).

Unabhängig von den Bestandeseigenschaften variiert die Überlebensrate stark zwischen den Wuchsgebieten. In Abb. 3 ist dies für die Baumartengruppe Fichte bei einem angenommenen Bestandesalter von 100 Jahren im Reinbestand dargestellt. Die Wuchsgebiete mit der aktuell höchsten Überlebensrate weisen zwar auch 2050 noch bessere klimatische Bedingungen auf als die Wuchsgebiete mit den schlechtesten Bedingungen es heute tun, jedoch sinkt auch dort die Überlebensrate unter den heutigen gesamtdeutschen Durchschnittswert. Bis

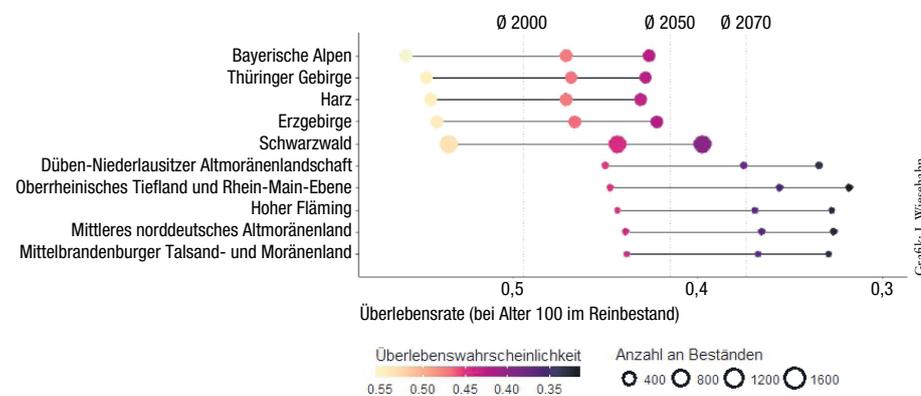


Abb. 3: Mittlere Überlebensrate der Jahre 2000, 2050 und 2070 von 100-jährigen Reinbeständen der Baumartengruppe Fichte. Dargestellt sind die jeweils fünf Wuchsgebiete mit der höchsten bzw. niedrigsten Überlebensrate (2000) sowie das Mittel über alle Bestände.

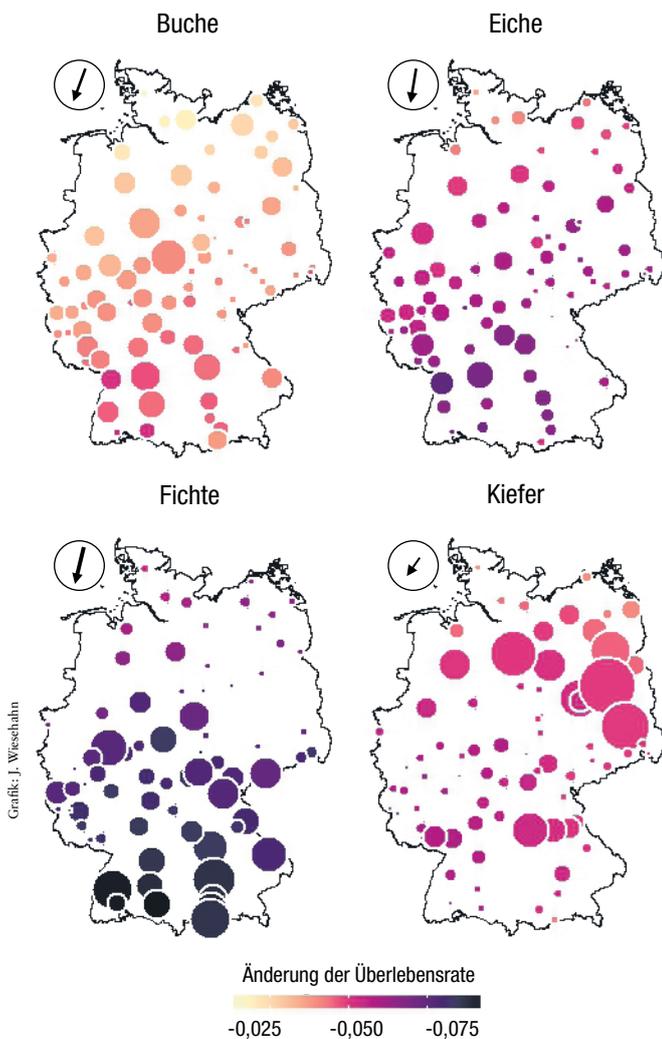


Abb. 4: Änderung der Überlebensrate 100-jähriger Reinbestände von Buche, Eiche, Fichte und Kiefer zwischen den Jahren 2000 und 2050. Gruppirt nach Wuchsgebiet und skaliert nach Bestandesvorkommen. Pfeile symbolisieren Richtung und Intensität zunehmender Änderungen.

bensrate sowie ihrer Änderung variieren wie oben beschrieben einerseits zwischen den Wuchsgebieten, ebenso gibt es jedoch große Differenzen innerhalb der Wuchsgebiete. Besonders in Regionen mit ausgeprägter Topographie sind die klimatischen Bedingungen kleinräumig sehr unterschiedlich und dadurch bedingt auch die Überlebensraten.

### Folgerungen

Die ersten Ergebnisse der Überlebensmodellierung zeigen, dass die mittlere Überlebensrate von Beständen aller untersuchten Baumartengruppen in Zukunft sinkt. Auch wird deutlich, dass sich sowohl die Überlebensrate als auch ihre Änderung zwischen Baumarten, Regionen und Beständen unterscheidet.

Bei den Ergebnissen handelt es sich lediglich um Modell-Projektionen, weshalb diese vorsichtig interpretiert werden sollten. Die Klimaprojektionen des Modells sind mit Unsicherheiten behaftet und wichtige Standortfaktoren wie der Boden oder das Mikroklima sind nicht explizit im Modell als Variablen enthalten. Daher liefern die Modelle sicher keine genauen Angaben zu den absoluten Überlebensraten einzelner Bestände. Auch lassen die Ergebnisse nicht auf das gesamte Wuchsgebiet schließen, sondern bilden nur die Bedingungen der Lagen ab, in denen 2012 Bestände der entsprechenden Baumartengruppen erfasst wurden. Trotz dieser Limitationen lassen sich allgemeine Trends oder relative Unterschiede zwischen Wuchsgebieten oder Baumarten erkennen und für weitere Auswertungen nutzen.

### Literaturhinweise:

[1] Thünen-Institut, „Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank“, 2017. [Online]. Available: <https://bwii.info>. [Accessed: 06-Aug-2018]. [2] FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. (2017): „WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas.“ Int. J. Climatol., vol. 37, no. 12, pp. 4302-4315. [3] HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS, A. (2005): „Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas.“ Int. J. Climatol., vol. 25, no. 15, pp. 1965-1978.

2070 wird ein weiterer Rückgang projiziert, bei dem die mittlere Überlebensrate der Bestände in Wuchsgebieten mit den heute höchsten Überlebensraten dann sogar unter dem aktuellen Wert der heute schlechtesten Wuchsgebiete liegt. Damit wäre z. B. die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von Fichtenreinbeständen

der Bayerischen Alpen im Jahr 2070 schlechter als die im Mittelbrandenburger Talsand- und Moränenland heute.

Die Überlebensrate variiert aber auch regional. Die Abb. 4 visualisiert die Änderung der Überlebensrate je Baumart und Wuchsgebiet bei einem angenommenen Baumartenanteil von 100 % und einem Alter von 100 Jahren. Auch hier ist zu erkennen, dass die Fichte insgesamt eine stärkere Abnahme der Überlebensrate verzeichnet als die anderen Baumartengruppen. Besonders im Süden Deutschlands, wo der Anbauschwerpunkt von Fichtenbeständen liegt, steigt die Mortalität. Auch für die anderen Baumartengruppen lässt sich ein Nord-Süd-Gradient erkennen, mit niedrigeren Änderungen der Überlebensrate in Küstennähe und größeren Änderungen im Süden. Bei der Kiefer sind die regionalen Unterschiede der Überlebensänderung weniger ausgeprägt, allerdings ist insgesamt ein leichter Gradient von Nord-Ost nach Süd-West erkennbar. Die Unterschiede der Überle-

Susann Bender,  
susann.bender@thuenen.de,  
Jens Wieseahn und Kinga Jánosi sind bzw. waren wissenschaftliche Mitarbeiter am Thünen-Institut für Waldökosysteme. Prof. Dr. Andreas Bolte leitet das Institut.

