



Ökonomische Schäden in Fichtenbeständen

Mit den extremen Schäden in Fichtenbeständen durch Wind, Dürre und vor allem den Borkenkäfer bricht der deutschen Forstwirtschaft die ökonomisch bislang wichtigste Baumart regelrecht weg. Die aktuellen Schäden der Jahre 2018 bis 2020 wurden bereits gut dokumentiert (z.B. [4]). Mit welchen Schäden in neu begründeten Fichtenbeständen bzw. in den vorhandenen Fichtenbeständen unter Klimawandelbedingungen zukünftig zu rechnen ist, wurde bisher nur unzureichend erforscht. Dieser Artikel soll dazu beitragen, einen Teil dieser Kenntnislücke zu schließen. Der Beitrag ist der erste in einer Reihe von Artikeln der TUM-Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung zum Thema „Störungen und Extremereignisse in der Forstwirtschaft“ in dieser Ausgabe der AFZ-DerWald.

TEXT: THOMAS KNOKE, SEBASTIAN KIENLEIN, BENJAMIN GANG

Die Basis einer neuen Bewertungsstudie zu ökonomischen Schäden in Fichtenbeständen durch natürliche Störungen bildete eine Wachstumsfunktion zur Prognose der Holzvorratsentwicklung in schwach bis gar nicht durchforsteten Fichtenbeständen [12]. Für solche Fichtenbestände wurden mit Hilfe von jeweils 20.000 Monte Carlo Simulationen zukünftige Schäden unter dem Einfluss von natürlichen Störungen (Sturm, Trockenheit, Borkenkäferbefall) simuliert [7]. Dabei wurde

grundsätzlich ein Zeitraum von 1.000 Jahren betrachtet, wobei nach dem simulierten Bestandesausfall entweder ein um 50% niedrigerer Deckungsbeitrag oder ein Deckungsbeitrag von -10 Euro pro Festmeter (Szenario mit Extremereignissen) unterstellt wurde. Informationen zum Bestandesausfall wurden aus Überlebenszeitmodellen von Brandl et al. [1] gewonnen. Zudem wurde eine erneute Aufforstung mit Fichte nach dem simulierten Ausfall eines Bestandes angenommen. Jeder

Deckungsbeitrag wurde entsprechend des Zeitpunktes seines Auftretens mit einem Diskontierungszinsfuß in Höhe von 1,5 % abgezinst; vgl. hierzu auch Möllmann und Möhring [9]. Die Summe der diskontierten Deckungsbeiträge über 1.000 Jahre bildete als Barwert der Fichtenbestände das Maß für den ökonomischen Waldwert (im Folgenden als Waldwert bezeichnet). Innerhalb verschiedener Szenarien wurden jeweils die Umtriebszeit aber auch das Bestandesalter des Ausgangsbestandes syste-



Foto: Thomas Knoke

Borkenkäferprophylaxe: Durch rechtzeitige Aufarbeitung befallener Fichten ist der stehende Bestand zu schützen

Schneller ÜBERBLICK

- » **Ein neuer Bewertungsansatz** berücksichtigt Extremereignisse und Schäden an vorhandenen Waldbäumen
- » **Monte Carlo Simulationen** ermöglichen Analyse der worst case Szenarien
- » **Schäden in Fichtenbeständen** rangieren um die 10.000 €/ha, unter „worst case“ Szenarien sogar 34.000 €/ha
- » **Alternative Baumartenkombinationen und Waldbausysteme** sind dringend erforderlich, um die Wirtschaft mit reiner Fichte zu ersetzen

„Natürliche Störungen verursachen zunehmende Schäden und erfordern neue Waldstrukturen mit hoher Resilienz.“

THOMAS KNOKE

matisch variiert. Zusätzlich zum Mittelwert aller 20.000 Simulationen wurde der Mittelwert der 1.000 schlechtesten Ergebnisse (5%) kalkuliert, um ein „worst case“ Ergebnis zu erhalten.

Szenarien

Der Waldwert und seine Verteilung wurden für vier Szenarien analysiert:

- **(I) Referenz:** Keinerlei Ausfallrisiken, Verwendung von Nettoholzpreisen aus Paul et al. [11].
- **(II) Aktuelle Bedingungen:** Dieses Szenario unterstellt Ausfallraten auf aktuellem Niveau, verbunden mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit bis zum Alter von 100 Jahren (S100) in Höhe von 0,51. Diese Überlebenswahrscheinlichkeit ist beispielsweise nach Brandl et al. [1] für den Bayerischen Wald bei 326 mm Niederschlag im wärmsten Quartal und 15,6 Grad Celsius als Durchschnittstemperatur des wärmsten Monats zu erwarten [11]. Bei einem simulierten Bestandesausfall wurde in diesem Szenario mit 50% des „normalen“ Deckungsbeitrages kalkuliert.
- **(III) Zukünftige Bedingungen:** Die Überlebenswahrscheinlichkeit S100 fällt auf 0,41. Dazu wurden 266 mm Niederschlag im wärmsten Quartal und 19,3 Grad Celsius als Durchschnittstemperatur des wärmsten Monats als klimatische Parameter angenommen [11].
- **(IV) Mit Extremereignissen:** Zusätzlich zu den Ausfallraten nach Brandl et al. [1] für zukünftige Bedingungen wurde eine Wahrscheinlichkeit von 2% pro Dekade für einen Totalausfall mit

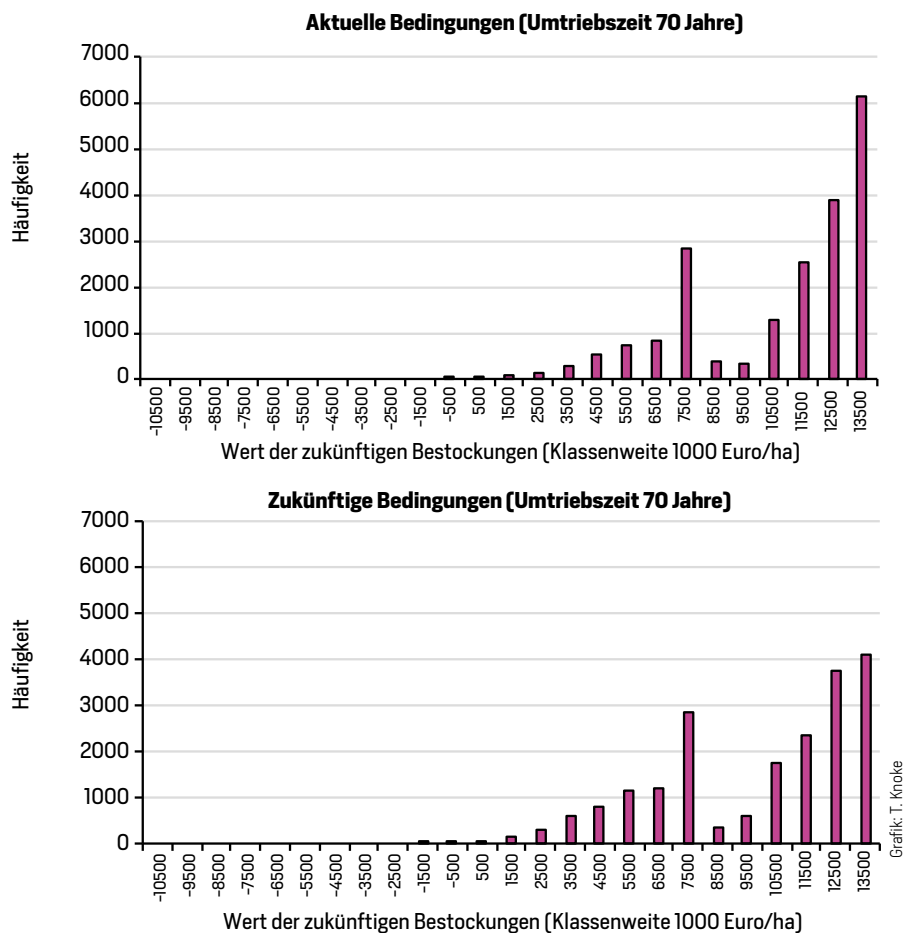


Abb. 1: Verteilungen der simulierten Werte aller zukünftigen Bestockungen nach einer Neubegründung von Fichtenbeständen im Bayerischen Wald bei Umtriebszeiten, die den höchsten durchschnittlichen Waldwert erbringen, für aktuelle und zukünftige Bedingungen. Mit Veränderungen übernommen aus Knoke et al. [7]

sehr ungünstigen Holzabsatzmöglichkeiten und Produktionsbedingungen unterstellt (Nettoholzerlös -10 €/m³ und +2.000 €/ha höhere Investitionen für die Wiederbegründung). Ähnliche Bedingungen waren in den Jahren 2018 bis 2020 tatsächlich zu beobachten.

Schäden in neu begründeten Fichtenbeständen

Der Barwert (diskontierte Deckungsbeiträge über 1.000 Jahre akkumuliert) neu begründeter Fichtenbestände beträgt 13.264 €/ha (Szenario I), wenn keine Schäden durch natürliche Störungen und keine anderen Variationen der Eingangsgrößen auftreten. Nehmen wir dagegen Ausfallraten an, die in etwa aktuellen Bedingungen im Bayerischen Wald entsprechen (Szenario II), dann reduziert sich der Barwert auf 10.653 €/ha (Mittelwert aller Monte Carlo Simulationen). Unter zukünftigen Bedingungen erwarten wir im Durch-

schnitt 9.866 €/ha (Szenario III), während es bei Berücksichtigung möglicher Extremereignisse noch 8.150 €/ha sind (Szenario IV). Die Schäden reduzieren somit den Wert der Neubegründeten Fichtenbestände im Durchschnitt um bis zu 5.114 €/ha, also um knapp 40 % (Szenario I minus Szenario IV). Berücksichtigen wir allerdings, dass unsere Annahmen noch zu stark von den relativ günstigen historischen Bedingungen für die Fichte geprägt sein könnten und nehmen daher eher das schlechtere Ende der simulierten Verteilungen (Abbildung 1) als realistisch an, ergibt sich ein deutlich ungünstigeres Bild. Die Mittelwerte der 1.000 jeweils schlechtesten Simulationen betragen 3.800 (Szenario II), 2.935 (Szenario III) und -2.346 €/ha (Szenario IV). Bei Unterstellung möglicher Extremereignisse und bei Betrachtung lediglich des linken Bereiches der Verteilungen (also der 1.000 jeweils schlechtesten Ergebnisse) müssten wir

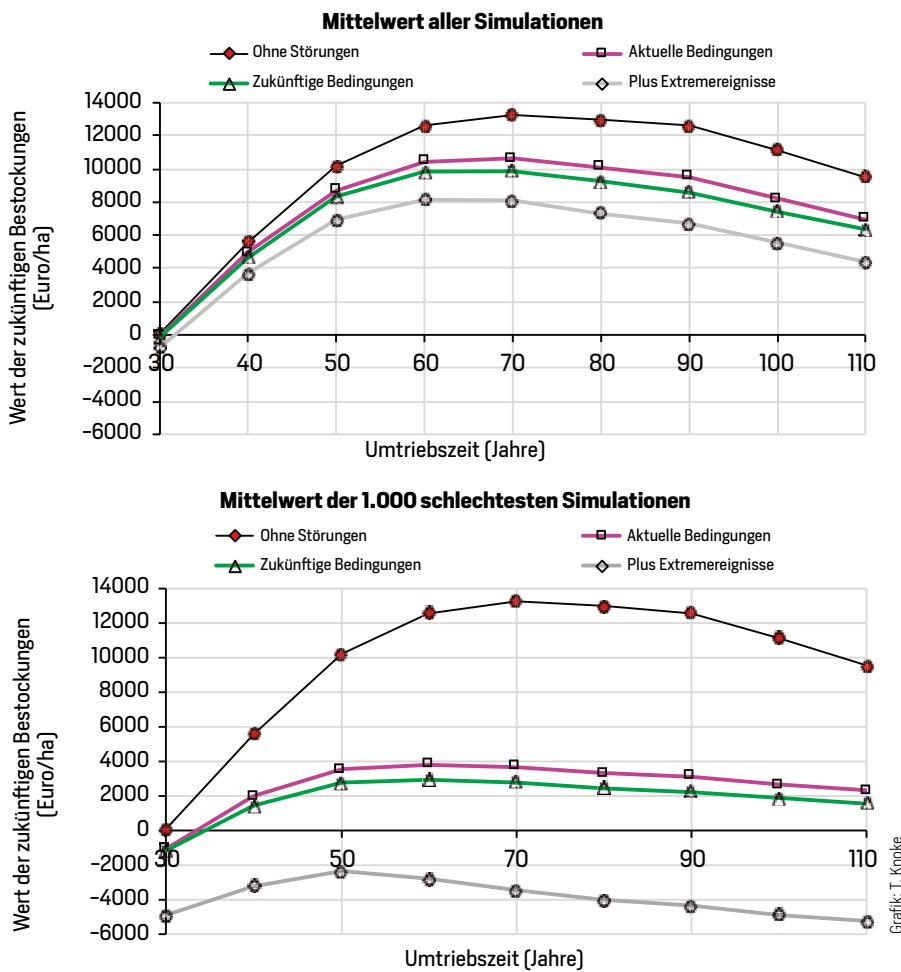


Abb. 2: Entwicklung der Waldwerte bei holzleerem Boden als Startsituation über verschiedene Umtriebszeiten hinweg. Oben: Mittelwerte aller Simulationen. Unten: Mittelwerte nur der 1.000 schlechtesten Simulationen. Mit Veränderungen übernommen aus Knoke et al. [7]

bei zukünftigem Anbau von reinen Fichtenbeständen somit von einem ziemlich sicheren ökonomischen Verlust ausgehen.

Umtriebszeiten

Die gewählte Umtriebszeit hat einen Einfluss auf den Waldwert (hier beispielhaft vom unbestockten Boden ausgehend kalkuliert), wobei die entsprechenden Kurven über einen weiten Bereich von Umtriebszeiten hinweg relativ flach verlaufen (Abb. 2). Umtriebszeiten mit maximalem durchschnittlichen Waldwert rangieren bei 70 Jahren oder kürzer. Nehmen wir die worst case Simulationen als realistisch an, kommt es zu drastischen Reduktionen des Waldwertes (im Vergleich zum Waldwert, den wir bei ungestörter Entwicklung erwarten würden) und die Kurven werden noch flacher. Eine Umtriebszeit von lediglich 50 Jahren minimiert unter diesen Bedin-

gungen den Verlust bei worst case Annahmen und Einbeziehung von Extremereignissen.

Schäden am stehenden Bestand und in Folgebestockungen

Werden die Erwartungswerte der vorhandenen Waldbäume einbezogen, ergeben sich deutlich höhere Waldwerte als bei den Betrachtungen, die von einem holzleeren Boden ausgehen (Abb. 3). Entsprechend gravierender fallen die Schäden aus. Die folgenden Schadensbeträge beziehen sich auf durchschnittliche Waldwerte bei Annahme der Altersklassenstruktur der Fichtenbestände des Bundeslandes Bayern [2]. Unterstellen wir den Mittelwert aller Monte Carlo Simulationen, ergeben sich erwartete zukünftige Schäden in Fichtenbeständen von über 10.000 €/ha. Dieser Schadenswert geht von zukünftigen Bedingungen plus zusätzlichen Extremereignissen aus und entspricht einer

jährlichen Schadensrate von 150 €/ha. Nehmen wir dagegen an, dass die 1.000 Simulationen mit den schlechtesten Ergebnissen zukünftig repräsentativ sind (worst case Betrachtung), ergibt sich ein Schadensbetrag von über 34.000 €/ha bzw. 510 € pro Hektar und Jahr.

Aufarbeitung der Schadflächen nach Extremereignissen

Üblicherweise ist es wirtschaftlich gesehen vernünftig, geschädigtes Holz aufzuarbeiten und zu verkaufen. Unter extremen Bedingungen wie in den Jahren 2018 bis 2020 konnten aber vielerorts die Aufarbeitungskosten nicht durch die erzielbaren Holzerlöse gedeckt werden (Szenario IV), was zu negativen Nettoholzerlösen führte. Unter diesen Bedingungen kann es überlegenswert sein, lediglich die Rinde des geschädigten Holzes zu schlitzen, um einen Schutz gegen Borkenkäfer zu erreichen [13], die Fläche ansonsten aber unbearbeitet und unbepflanzt zu belassen. Selbst wenn man 20 Jahre Zeitverlust durch verzögertes Auflaufen der natürlichen Verjüngung unterstellt, ist nach der Studie von Knoke et al. [7] bei einer extremen Situation (-10 €/m³ Nettoholzerlöse) das Liegenlassen des Holzes eine wirtschaftliche Lösung. Auch bei üblicherweise zu erwartenden Kosten für den Schutz des Holzes gegen Borkenkäferbefall ist dieses Vorgehen mit keinem ökonomischen Verlust im Vergleich zu einer Aufarbeitung und einem Verkauf des Holzes mit anschließender Neupflanzung verbunden.

Fazit

Mit diesem Artikel wurde ein neuer Bewertungsansatz präsentiert, welcher Extremereignisse und die stehenden Waldbäume berücksichtigt. Der ökonomische Einfluss von Extremereignissen wurde in forstwissenschaftlichen Bewertungsstudien bislang kaum berücksichtigt. Vereinzelt wurden Extremereignisse jedoch bei generellen Schadensbewertungen einbezogen [3]. Auch die stehenden Bäume waren bislang nur selten Gegenstand einer Schadensbewertung. Viele Studien konzentrieren sich auf eine Betrachtung des holzleeren Waldbodens (z.B. Möllmann und Möhring [9]; Hanewinkel et al. [6]; Hanewinkel et al. [5]; Müller et al. [10]). Die sich aus dem

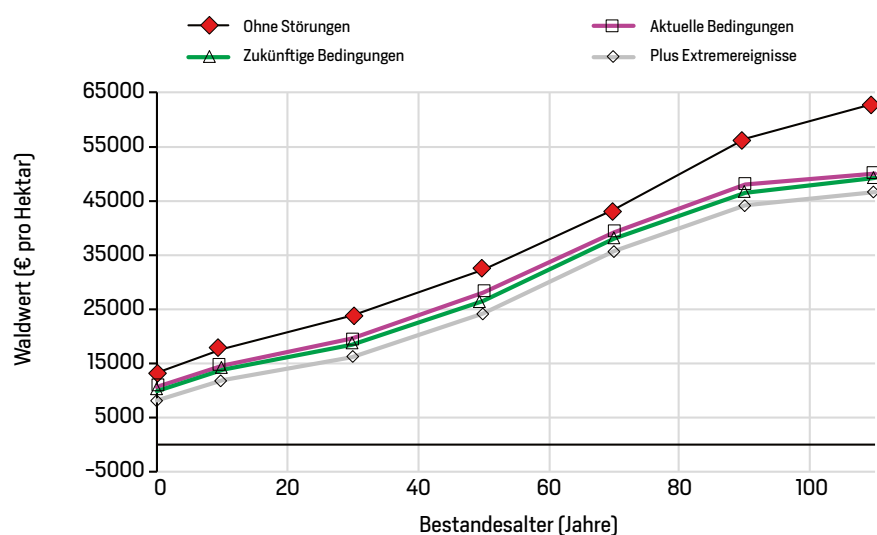
neuen Bewertungsansatz ergebenden Schadensbeträge fallen deutlich höher aus, als Schadensbeträge aus bisherigen Studien. Erwartete Schäden aus bisherigen Arbeiten rangieren zwischen 300 und 3.300 €/ha, während sich nach dem neueren Ansatz rund 10.000 €/ha ergeben. Unter Annahme der 1.000 schlechtesten Simulationsergebnisse fallen die Schäden noch einmal deutlich höher aus. Dies unterstreicht die Dringlichkeit, Alternativen zu reinen Fichtenbeständen und insbesondere resiliente Waldaufbauformen [8] stärker in die praktische Forstwirtschaft zu integrieren.

Literaturhinweise:

[1] Brandl, S.; Paul, C.; Knoke, T.; Falk, W. (2020): The influence of climate and management on survival probability for Germany's most important tree species. In: *For. Ecol. Manage.* 458, S. 117652. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117652. [2] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Dritte Bundeswaldinventur. Online verfügbar unter <https://bwi.info/>, zuletzt geprüft am 12.08.2020. [3] Coronese, M.; Lamperti, F.; Keller, K.; Chiaroni, F.; Roventini, A. (2019): Evidence for sharp increase in the economic damages of extreme natural disasters. In: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 116 (43), S. 21450–21455. DOI: 10.1073/pnas.1907826116. [4] Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (2021): Milliarden-Schäden belasten die deutsche Forstwirtschaft. Online verfügbar unter <https://www.waldwissen.net/de/waldwirt->

schaft/betriebsfuehrung/extremwetterereignisse-der-jahre-2018-2020, zuletzt aktualisiert am 03.08.2021, zuletzt geprüft am 03.08.2021. [5] Hanewinkel, M.; Cullmann, D. A.; Schelhaas, M.-J.; Nabuurs, G.-J.; Zimmermann, N. E. (2013): Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. In: *Nat. Clim. Change* 3 (3), S. 203–207. DOI: 10.1038/NCLIMATE1687. [6] Hanewinkel, M.; H., Susan; C., D. A. (2010): Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. In: *For. Ecol. Manage.* 259 (4), S. 710–719. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.08.021. [7] Knoke, T.; Gosling, E.; Thom, D.; Chreptun, C.; Rammig, A.; Seidl, R. (2021a): Economic losses from natural disturbances in Norway spruce forests – A quantification using Monte-Carlo simulations. In: *Ecological Economics* 185, S. 107046. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107046. [8] Knoke, T.; Paul, C.; Gosling, E.; Jarisch, I.; Mohr, J.; Seidl, R. (2021b): Assessing the Economic Resilience of Different Management Systems to Severe Forest Disturbance. In: *SSRN Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.3844645. [9] Möllmann, T. B.; Möhring, B. (2017): A practical way to integrate risk in forest management decisions. In: *Ann. For. Sci.* 74 (4), S. 63. DOI: 10.1007/s13595-017-0670-x. [10] Müller, F.; Augustynczyk, A. L. D.; Hanewinkel, M. (2019): Quantifying the risk mitigation efficiency of changing silvicultural systems under storm risk throughout history. In: *Ann. For. Sci.* 76 (4). DOI: 10.1007/s13595-019-0884-1. [11] Paul, C.; Brandl, S.; Friedrich, S.; Falk, W.; Härtl, F.; Knoke, T. (2019): Climate change and mixed forests. How do altered survival probabilities impact economically desirable species proportions of Norway spruce and European beech? In: *Ann. For. Sci.* 76 (1), S. 363. DOI: 10.1007/s13595-018-0793-8. [12] Pretzsch, H.; Biber, P.; Schütze, G.; Uhl, E.; Rötzer, T. (2014): Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. In: *Nat. Commun.* 5, S. 4967. DOI: 10.1038/ncomms5967. [13] Thorn, S.; Bässler, C.; Bußler, H.; Lindenmayer, D. B.; Schmidt, S.; Seibold, S. et al. (2016): Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. In: *For. Ecol. Manage.* 364, S. 10–16. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.12.044.

Mittelwert aller Simulationen



Mittelwert der 1.000 schlechtesten Simulationen

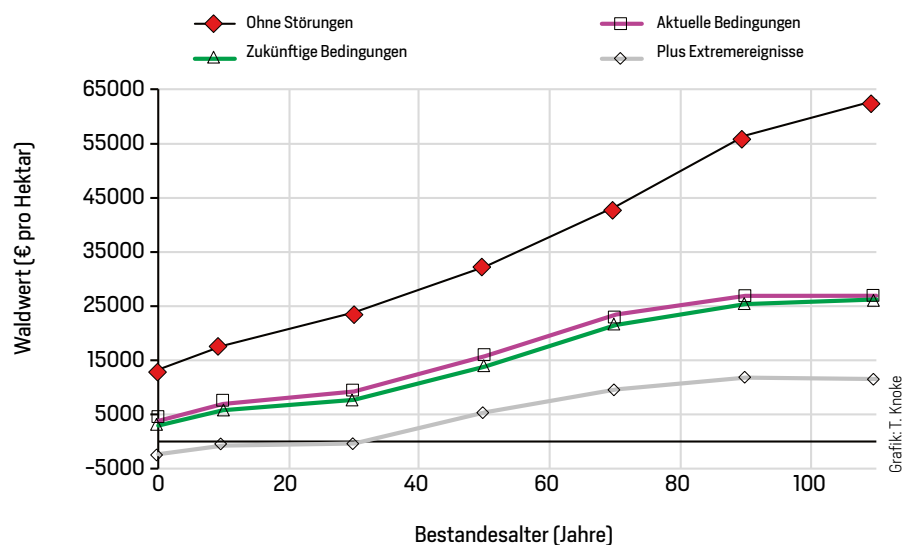


Abb. 3: Entwicklung des Waldwertes (Erwartungswert vorhandener Bäume plus entsprechend diskontierte Deckungsbeiträge aller Folgebestockungen) über dem Bestandesalter für verschiedene Betrachtungsszenarien. Mit Veränderungen übernommen aus Knoke et al.



Prof. Dr. Thomas Knoke
knoke@forst.wzw.tum.de

leitet seit 2005 die Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung an der Technischen Universität München.
Sebastian Kienlein ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an derselben Professur.
Benjamin Gang ist Forstbeamter der Bayerischen Forstverwaltung und an die Professur abgeordnet.