



# Ähneln sich Forstwirtschaft und natürliche Störungsregimes?

Die europäische Forstwirtschaft orientiert sich zunehmend an natürlichen Störungen, um die Effekte des Klimawandels abzuschwächen und den Biodiversitätsverlust zu reduzieren. In einer neuen Studie wurde ermittelt, inwiefern waldbauliche Bewirtschaftungsformen das natürliche Störungsregime nachahmen. Es zeigt sich, dass natürliche Störungen um ein Vielfaches variabler sind als die europäische Waldbewirtschaftung. Forstbetriebe mit dem Ziel, Naturnähe zu fördern, sollten auf Landschaftsebene eine größere Heterogenität an Bewirtschaftungsformen zulassen, um das Spektrum natürlicher Störungen besser abzubilden.

TEXT: DOMINIK THOM, THOMAS KNOKE, RÉKA ASZALÓS, WILLIAM S. KEETON

**A**ls Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel sowie zur Förderung der Biodiversität nehmen Forderungen der Gesellschaft und Politik nach einer naturnäheren (oder ökologischeren) Waldbewirtschaftung zu. Viele europäische Forstbetriebe haben darauf reagiert und unterstüt-

zen heute eine größere Baumarten- und Strukturvielfalt in ihren Wäldern als in der Vergangenheit. Eine Orientierung, um die Waldbewirtschaftung naturnah zu gestalten, bietet die Untersuchung von Störungen in Urwäldern und anderen langfristigen ungenutzten Wäldern. Natürliche Stö-

rungen sind charakterisiert durch ihre Frequenz (Häufigkeit), Fläche (räumliche Ausdehnung) und Intensität (d. h. wie viel Volumen, Grundfläche etc. innerhalb der Fläche betroffen war). Zusammen sind diese Störungsattribute verantwortlich für die Ausbildung bestimmter Baumar-

## Flächenanteile der Waldtypen in den untersuchten Ländern

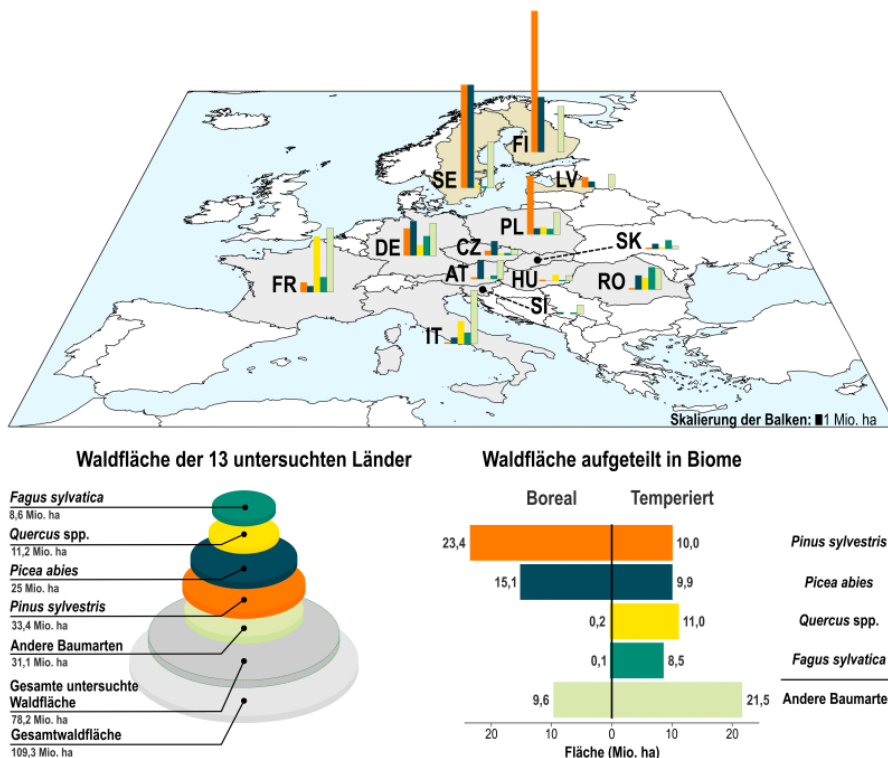


Abb. 1: Flächenanteile der Waldtypen in den 13 untersuchten Ländern: oben: pro Land; unten links: insgesamt; unten rechts: aufgeschlüsselt in Großlebensräume (Biome)

## Schneller ÜBERBLICK

- » **Naturnahe Waldbewirtschaftung gewinnt an Popularität** in Europa, jedoch ist „Naturnähe“ schwierig zu quantifizieren
- » **Ein neuer Indikator für Naturnähe** vergleicht natürliche und anthropogene Störungen
- » **Das europäische Störungsregime ist um ein Vielfaches variabler** als gängige Bewirtschaftungsformen
- » **Im Gegensatz zu ungleichaltriger Dauerwaldbewirtschaftung** emuliert die Altersklassenwaldbewirtschaftung natürliche Störungen nur in sehr geringem Umfang
- » **Störungsbasierter Waldbau ist ein Konzept**, das auf Landschaftsebene sehr unterschiedliche Bewirtschaftungsformen zulässt und waldbauliche Experimente begünstigt

Grafik: Verändert nach Aszalós et al. (1)

## „Die Übereinstimmung von Bewirtschaftung und natürlichen Störungen ist insgesamt gering in Europa.“

DOMINIK THOM

tenzusammensetzungen und Waldstrukturen, welche die Habitatsbedingungen unterschiedlicher waldbewohnender Arten bestimmen. Trotz eines generellen Verständnisses der Forstwirtschaft für Naturnähe, war es bisher schwer möglich, einen Vergleich zwischen Bewirtschaftungsformen und natürlichen Störungen herzustellen. Dementsprechend ist es ungewiss, was eine naturnahe Bewirtschaftung in europäischen Wäldern im Hinblick auf tatsächlich naturnahe Waldstrukturen bedeutet.

In einer groß angelegten Studie von 23 Autoren sind wir der Frage nachgegangen, inwiefern waldbauliche Bewirtschaftungsformen das natürliche Störungsregime in Europa nachahmen [1]. Zur Beantwortung der Frage hat die Gruppe der Forscherinnen und Forscher einen neuen „comparability index“ (d. h. eine Vergleichskennzahl) entwickelt. Dieser wurde genutzt, um Störungen in drei Dimensionen, d. h. anhand Störungsfrequenz, -fläche und -intensität, mit der aktuellen europäischen Bewirtschaftungsweise zu vergleichen. Als Datengrundlage dienten nationale Waldinventuren und Expertenbefragungen zur Waldbewirtschaftung von Fichten-, Kiefern-, Buchen- und Eichenwäldern in 13 europäischen Ländern, sowie empirische Studien mit Fokus auf natürlichen Störungen in langfristig ungenutzten Wäldern (Abb. 1).

### Anteile waldbaulicher Bewirtschaftungsformen

Gesamte untersuchte Waldfläche - 109.3 Mio. ha

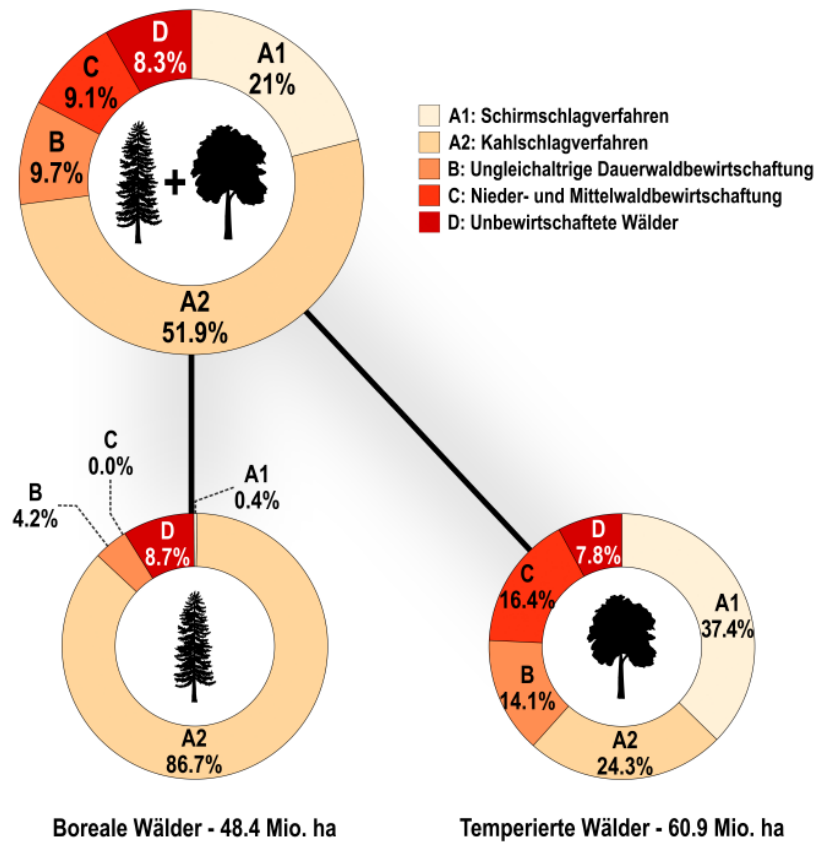


Abb. 2: Anteile waldbaulicher Bewirtschaftungsformen der untersuchten 13 europäischen Länder

### Unterschiede zwischen natürlichen und anthropogenen Störungen

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass aktuelle Bewirtschaftungsformen nur einen geringen Anteil der Variation des natürlichen Störungsregimes europäischer Wälder abbilden. Die große Mehrheit der untersuchten Wälder wird im Altersklassenverfahren bewirtschaftet (Abb. 2). Dabei werden 51,9 % der Hochwälder im Kahlschlagverfahren (Abb. 3a), 21 % im Schirmschlagverfahren und nur 9,7 % in ungleichaltrigen Verfahren genutzt. Weitere 9,3 % werden im Nieder- und Mittelwaldbetrieb bewirtschaftet und 8,3 % der Wälder sind unbewirtschaftet (Abb. 3b). Insgesamt zeigt die Studie, dass natürliche Störungen größer in der Flächenausdehnung sein können als durch die gängige Waldbewirtschaftung, dabei aber i. d. R. mehr lebende Bäume zurückbleiben (Abb. 4). Die Häufigkeit von Störungen nimmt in Natur-

wäldern mit steigender Störungsintensität und -flächengröße ab [2]. So treten großflächige natürliche Störungen, z. B. verursacht durch Waldbrände und Stürme, normalerweise deutlich seltener wiederholt in der gleichen Fläche auf, verglichen mit anthropogenen Störungen. Insgesamt zeigt sich auf europäischer Ebene eine erheblich größere Variation in natürlichen Störungsattributen im Vergleich zu den gängigen Bewirtschaftungsformen. Insbesondere weicht die hohe Eingriffsstärke in Altersklassenwäldern häufig stark von der natürlichen Störungsintensität ab.

Basierend auf dem comparability index ist die Übereinstimmung mit natürlichen Störungen besonders niedrig bei den häufigsten Bewirtschaftungsformen, d. h., die Kongruenz zwischen natürlichen und anthropogenen Störungen ist bei Kahlschlägen und Schirmschlägen nur jeweils 7 %. Diese Waldbauverfahren emulieren zwar große Stö-



Foto: M. Potlert

**Abb. 3a:** Wirtschafts- und Urwälder: Kahlschlag in einem deutschen Fichtenwald



Foto: www.remoteforests.org

**Abb. 3b:** Wirtschafts- und Urwälder: natürliche Lückendynamik in einem slowakischen Urwald

rungsereignisse (z. B. Sturm Kyrill 2007) teilweise, jedoch sind die Auswirkungen der Störungen deutlich variabler. Das bedeutet auch: Starke Störungen hinterlassen oftmals eine größere Anzahl lebender Bäume und treten seltener auf der gleichen Fläche wiederholt auf. Dafür kann die Flächenausdehnung der natürlichen Störung größer sein als die von Kahl- und Schirmschlägen. Etwas höher ist die Kongruenz von natürlichen Störungen mit Nieder- und Mittelwäldern (13 %) und am höchsten mit ungleichaltriger Bewirtschaftung (53 %). Ungleichaltrige Bewirtschaftungsformen haben zwar eine insgesamt geringe Variabilität innerhalb der Störungsattribute, jedoch emulieren sie wenig intensive natürliche Störungen zu einem hohen Maße.

### Störungsbasierter Waldbau

Der traditionelle europäische Waldbau ist insgesamt eher darauf ausgelegt, Störungen zu vermeiden, als sie gezielt nachzuahmen bzw. vorwegzunehmen. Die Zunahme an Störungen der letzten Jahre hat gezeigt, dass ein Umdenken des traditionellen Waldbaus, geprägt von artenarmen Altersklassenwäldern, in Richtung besser angepasster und diverserer Waldökosysteme vonnöten ist, um die Funktionalität und Fähigkeit zur Selbstregulation von Wäldern nicht zu gefährden [3]. Hierbei kann auch eine Umstellung zu Waldbausystemen, die sich an natürlichen Störungen orientieren, einen Beitrag leisten. Die natürlichen Strukturen, die durch

einen störungsbasierten Waldbau geschaffen werden, können helfen, die Biodiversität zu fördern und gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit von Waldökosystemen zu erhöhen [4].

Insbesondere in Wäldern, wo die Holzproduktion nicht das primäre Ziel der Bewirtschaftung darstellt, kann die Orientierung an natürlichen Störungen das Portfolio an Bewirtschaftungsstrategien erweitern und multiple Zielsetzungen erfüllen [5]. Der störungsbasierte Waldbau ist ein Konzept auf Landschaftsebene. Das bedeutet, Teile der Landschaft können auch weiterhin intensiv genutzt werden, wohingegen andere Teile extensiv oder gar nicht genutzt werden. Eine störungsbasierte Waldbewirtschaftung beinhaltet die Förderung einer Vielzahl von vertikalen und horizontalen Strukturen und unterschiedlicher Entwicklungsstufen, wie sie unter natürlichen Bedingungen vorkommen würden. Dabei muss es nicht das Ziel sein, die komplette Bandbreite natürlicher Variation abzudecken, welche aufgrund der enormen Variabilität in Störungsregimen schwer zu erreichen ist. Stattdessen sollte die Diversifizierung waldbaulicher Systeme auf Landschaftsebene im Vordergrund stehen, was auch waldbauliche Experimente zulässt. Die drei Störungsdimensionen sollten dabei als Grundlage dienen. Zum Beispiel könnte ein experimentelles, störungsbasiertes Waldbausystem auf größerer Fläche eine kleinräumige Dynamik fördern, indem Bäume in Felstellung sowie einzeln bei variierender Umtriebszeit ohne feste Be-

standstruktur (d. h. in einer freien Matrix) entnommen werden. Ein solches Waldbausystem würde langfristig vermutlich einen dauerwaldartigen Zustand erreichen, setzt sich aber durch die Regellosigkeit dennoch von gängigen Dauerwaldkonzepten ab.

Die Förderung von Naturnähe kann aber auch durch bekannte Bewirtschaftungsstrategien erfolgen. Da die in unserer Studie untersuchten Wälder zu 72,9 % im Kahl- oder Schirmschlagverfahren bewirtschaftet werden, würde ein höherer Anteil gängiger Dauerwaldbewirtschaftung bereits für eine Diversifizierung vieler Forstbetriebe sorgen. Unsere Studie zeigt, dass ungleichaltrige Dauerwaldsysteme eine deutlich größere Ähnlichkeit zu natürlichen Störungsregimen aufweisen als Altersklassenwälder. Dauerwälder sind i. d. R. artenreicher und besitzen eine komplexere Waldstruktur als Altersklassenwälder. Für Mitteleuropa, wo das Störungsregime v. a. durch Wind, Borkenkäfer und Dürre geprägt ist, erscheint es wahrscheinlich, dass Dauerwälder im Klimawandel insgesamt resistenter und resilienter sind [6]. Zum Beispiel sorgt eine hohe Einzelbaumstabilität für ein geringes Windwurfisiko [7], die Artenvielfalt reduziert den Befallsdruck des Borkenkäfers [8] und während einer Dürre sterben vorwiegend die großen, älteren Bäume [9]. Die verbliebene mittlere und untere Kronenschicht sorgt im Anschluss an eine Störung für eine schnelle Erholung des Waldes.

Diese Zusammenhänge erscheinen logisch, jedoch gibt es wenige Studien, die eine hohe Resistenz und Re-

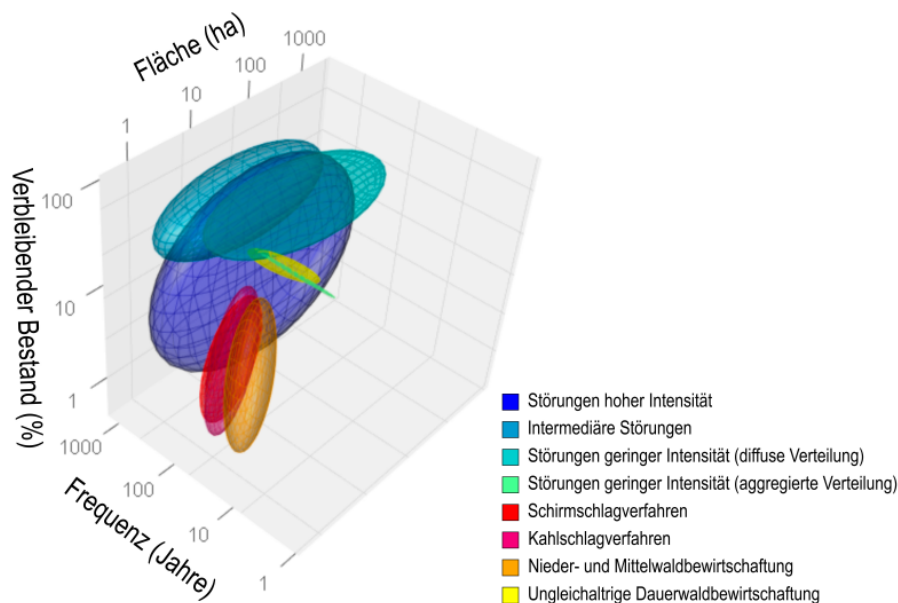


silienz von Dauerwäldern belegen. Zum Beispiel konnten Hanewinkel et al. [10] in einer Fallstudie eine geringe Anfälligkeit Schweizer Plenterwälder gegen Sturmschäden nachweisen. Ebenfalls kann die strukturelle Vielfalt von Dauerwäldern Komplementäreffekte fördern und so für eine hohe Produktivität sorgen [11]. Ein Nachteil ergibt sich aus dem höheren Bewirtschaftungsaufwand, welcher sich unter Umständen durch den hohen Anteil stärkeren Holzes aber in Grenzen hält [12]. Insgesamt zeigen neuere ökonomische Studien beispielsweise aus Skandinavien [13, 14] und Deutschland [15, 16], dass sich die Dauerwaldbewirtschaftung rentieren kann. Unter anderem ermöglicht die einzelstammweise Nutzung eine bessere Anpassung der Holzernte an die individuelle Hiebsreife der Bäume im Vergleich zur Endnutzung in Altersklassenwäldern. Ein höherer Dauerwaldanteil ist wünschenswert, jedoch gehören auch größere Störungen zum natürlichen Landschaftsbild, die durch ungleichaltrige Bewirtschaftung nicht emuliert werden. Seltene starke Störungen prägen Naturwälder über viele Jahrhunderte [17]. Re-

#### Literaturhinweise:

[1] Aszalós, R. et al. (2022): Natural disturbance regimes as a guide for sustainable forest management in Europe. *Ecol. Appl.* doi:10.1002/eap.2596. [2] Jentsch, A., White, P. (2019): A theory of pulse dynamics and disturbance in ecology. *Ecology* 100, 1–15. [3] Spathelf, P. et al. (2018): Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape restoration. *Ann. For. Sci.* 75. [4] Kuuluvainen, T. & Grenfell, R. (2012): Natural disturbance emulation in boreal forest ecosystem management – Theories, strategies, and a comparison with conventional even-aged management. *Can. J. For. Res.* 42, 1185–1203. [5] Thom, D. & Keeton, W. S. (2020): Disturbance-based silviculture for habitat diversification: Effects on forest structure, dynamics, and carbon storage. *For. Ecol. Manage.* 469, 118132. [6] Diaci, J., Rozenbergar, D., Fidej, G. & Nagel, T. A. (2017): Challenges for uneven-aged silviculture in restoration of post-disturbance forests in central Europe: A synthesis. *Forests* 8. [7] Gardiner, B., Berry, P. & Moulia, B. (2016): Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Sci.* 245, 94–118. [8] Hlásny, T. et al. (2021): Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *For. Ecol. Manage.* 490, 119075. [9] Bennett, A. C., McDowell, N. G., Allen, C. D. & Anderson-Teixeira, K. J. (2015): Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. *Nat. Plants* 1, 1–5. [10] Hanewinkel, M., Kuhn, T., Bugmann, H., Lanz, A. &

## Natürliche Störungsregime und Bewirtschaftungsformen im Vergleich



**Abb. 4:** Die drei Dimensionen Störungsregime, -fläche und -intensität (invers dargestellt als verbleibender Bestand). Verglichen werden natürliche Störungsregime und gängige Bewirtschaftungsformen in 13 europäischen Ländern. Die Achsen sind log+1 transformiert.

gelmäßige Kahl- und Schirmschläge lassen den Ökosystemen hingegen deutlich weniger Zeit, komplexe Waldstrukturen auszubilden, die Lebensraum für spezialisierte Arten bereit-

stellen. Dementsprechend würde auch die Erhöhung von Umtriebszeiten einiger Altersklassenwälder für eine größere Naturnähe sorgen und könnte helfen, den Biodiversitätsverlust zu reduzieren.

Brang, P. (2014): Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. *Forestry* 87, 525–534. [11] Hardiman, B. S. et al. (2011): The role of canopy structural complexity in wood net primary production of a maturing northern deciduous forest. *Ecological Society of America Stable URL* : <http://www.jstor.org/stable/23034858>. Your use of the JSTOR archive indicates your affiliation with the Ecological Society of America. *Ecol. Soc. Am.* 92, 1818–1827. [12] Price, M. & Price, C. (2006): Creaming the best, or creatively transforming? Might felling the biggest trees first be a win-win strategy? *For. Ecol. Manage.* 224, 297–303. [13] Assmuth, A., Rämö, J. & Tahvonen, O. (2021): Optimal Carbon Storage in Mixed-Species Size-Structured Forests. *Environ. Resour. Econ.* 79, 249–275. [14] Malo, P., Tahvonen, O., Suominen, A., Back, P. & Viitasaari, L. (2021): Reinforcement learning in optimizing forest management. *Can. J. For. Res.* 51, 1393–1409. [15] Knoke, T. et al. (2020): How considering multiple criteria, uncertainty scenarios and biological interactions may influence the optimal silvicultural strategy for a mixed forest. *For. Policy Econ.* 118. [16] Roessiger, J., Ficko, A., Clasen, C., Griess, V. C. & Knoke, T. (2016): Variability in growth of trees in uneven-aged stands displays the need for optimizing diversified harvest diameters. *Eur. J. For. Res.* 135, 283–295. [17] Drobyshev, I. et al. (2014): Multi-century boreal forest suggests differences in regional fire regimes and their sensitivity to climate. *J. Ecol.* 102, 738–748.



**Dr. Dominik Thom**  
dominik.thom@tum.de

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ökosystemdynamik und Waldmanagement in Gebirgslandschaften an der Technischen Universität (TU) München. Prof. Dr. Thomas Knoke leitet den Lehrstuhl für Waldinventur und nachhaltige Nutzung an der TU München. Dr. Réka Aszalós ist Wissenschaftlerin am Zentrum für ökologische Wissenschaften in Ungarn. Prof. Dr. William S. Keeton leitet den Lehrstuhl für Waldökologie und Forstwirtschaft an der Universität von Vermont.