

>>Die Vorteile von Laubmischwäldern im Klimawandel

gegenüber Nadelwaldmonokulturen

Klimaresilienz: Laubmischwälder können mit ihrer Fähigkeit, Regenwasser besser zu speichern, auch Trockenheit besser überstehen. Dies sowie unterschiedliche Arten minimieren Absterbe-Ereignisse.

Wasser: Laubmischwälder verbessern die Grundwasserneubildung und stabilisieren den Wasserkreislauf.

Kühleffekte: größerer Kühleffekt, auch auf die Umgebung, durch mehrschichtiges Blätterdach, mehr Verdunstung sowie Lichtreflexion.

Luftreinigung : klimaresiliente Laubmischwälder erhalten die Luftreinigung da aufrecht, wo Nadelwaldmonokulturen durch Schadereignisse absterben.

Kohlenstoffsenke: Laubmischwälder binden durch Klimaresilienz mehr CO₂.

Artenvielfalt: Laubmischwälder bieten durch Totholz, Unterholz, Laub, verschiedene Baumschichten und -arten unzählige Nischen für Vögel, Insekten, Pilze und Säugetiere.

Erosions- und Hochwasserschutz: Laubmischwälder sind gut gegen Stürme gewappnet. Ihr verschatteter, lockerer, feuchter Boden kann große Mengen von Starkregen aufnehmen und so Hochwasser abschwächen.

Holzproduktion: Das Risiko von Totalausfällen ist durch die Risikoverteilung auf mehrere Baumarten minimiert. Gleichzeitig werden Schädlinge durch mehr Artenvielfalt bzw. Nützlinge reguliert.

Humusaufbau: Das Laub der Laubmischwälder fördert die Bodenlebewesen und die Humusbildung.



- Bundesamt für Naturschutz (BfN), Höltermann, A. & Jessel, B. (Red.) (2020): Wälder im Klimawandel: Steigerung von Anpassungsfähigkeit und Resilienz durch mehr Vielfalt und Heterogenität. Positionspapier des BfN, Bonn, 2. korr. Version, April 2020.): file:///C:/Users/TWW_PC02/Downloads/BfN-Positionspapier_Waelder_im_Klimawandel_bf.pdf
- "Strukturreichen Mischwäldern ... wird ... eine höhere Resilienz und Anpassungsfähigkeit gegenüber klimawandelinduzierten Störungen zugeschrieben als Nadelholzreinbeständen (Jenssen 2007; Pretzsch et al. 2012; Schelhaas et al. 2003). Laubwälder gelten darüber hinaus ... als weniger anfällig gegenüber Windwürfen als Nadelwälder ... Sie leisten einen höheren Beitrag zur Grundwasserneubildung ... und reduzieren aufgrund ihres feuchteren Waldinnenklimas die Gefahr von Waldbränden, während bei Nadelbäumen ... mit der Trockenheit die Feuergefahr steigt." Das BfN empfiehlt explizit, Nadelhölzer künftig "grundsätzlich nicht mehr in Monokultur" anzubauen.
- Ammer, C. (2019): *Diversity and forest productivity in a changing climate*. New Phytologist 221: 50–66.
<https://doi.org/10.1111/nph.15263>
Übersichtsarbeit des Freiburger/Göttinger Waldbauwissenschaftlers Christian Ammer: Mischbestände sind gegenüber Monokulturen (auch reinen Nadelholzbeständen) im Klimawandel im Vorteil, weil unterschiedliche Baumarten unterschiedlich auf Trockenheit, Sturm und Schädlinge reagieren und sich Risiken so auf mehrere Arten verteilen.
- Marx, A., Blauhut, V., Boeing, F. u.a. (PIK) (2023): https://publications.pik-potsdam.de/rest/items/item_29892_5/component/file_29893/content Dürren und Waldbrände unter Klimawandel. Bestätigt separat: Kiefernwälder mit Streuauflage begünstigen Waldbrandausbreitung, während laubholzreiche Mischwälder durch geschlosseneres, feuchteres Kronendach das Brandrisiko senken; empfiehlt "Waldumbau zu vielschichtigen Mischwäldern".

>>Schädlings-/Störungsresistenz (Teilaspekt der Klimaresilienz)

- Jactel, H. & Brockerhoff, E.G. (2007): *Tree diversity reduces herbivory by forest insects*. Ecology Letters 10: 835–848. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01073.x>
Metaanalyse über zahlreiche Studien: Baumartenmischung reduziert den Befall durch spezialisierte Schadinsekten (z. B. borkenkäferartige Schädlinge) deutlich gegenüber Monokulturen – ein zentrales Argument gegen reine Fichten- oder Kiefernbestände.
- Jactel, H., Pluchard, E., Schillé, L. u.a. (2025): Experimental evidence of reduced *Ips typographus* damage in mixed spruce plantations. Journal of Pest Science
<https://www.researchsquare.com/article/rs-6370382/v1> Sehr starker, experimenteller Beleg mit Zahlen: In Fichten-Reinbeständen starben 29,2 % der Bäume durch Borkenkäferbefall, in Mischbeständen nur 2,6 %. Mechanismen: "Ressourcenverdünnung" (Käfer finden schwerer Wirtsbäume) und "reduzierte Apparenz" (Nachbarbäume verdecken Fichten optisch/chemisch).
- BMUKN, FAQ zu Waldschäden 2018–2022 (2024): <https://www.bundesumweltministerium.de/faq/zu-welchen-waldschaeden-haben-die-extremen-trocken-und-hitzeperioden-zwischen-2018-und-2022-gefuehrt> Offizielle Ministeriumsquelle mit konkreten Zahlen: 233 Mio. m³ geschädigtes Nadelholz gegenüber nur 22 Mio. m³ Laubholz im selben Zeitraum; Fichte als besonders anfällig wegen Flachwurzelsystems benannt.

- Arx, G., Graf Pannatier, E., Thimonier, A., Rebetez, M. (2013): Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. *Journal of Ecology* 101(5): 1201–1213. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/1365-2745.12121>
- Studie der Schweizer Forschungsanstalt WSL an Schweizer Waldstandorten (also Westeuropa), die das Mikroklima in Wäldern mit unterschiedlichem Blattflächenindex (LAI) und unterschiedlicher Bodenfeuchte untersucht. Da Nadelwälder ganzjährig einen hohen, geschlossenen Blattflächenindex haben, während Laubmischwälder saisonal variieren (im Winter viel lichter), liefert die Studie eine direkte Grundlage für Unterschiede im Kühlungs- und Feuchtigkeitseffekt zwischen den Waldtypen – relevant für die Frage, wie gut junge Bäume und Bodenvegetation unter dem jeweiligen Kronendach vor Hitzestress geschützt sind.
- Schwaab, J., Davin, E. L., Bebi, P. et al. (2020). *Scientific Reports*, 10, Art. 14153. <https://usys.ethz.ch/en/news-events/news/archive/2020/08/lokaler-kuehlungseffekt-durch-laubbaeume-in-europa.html#:~:text=broad%2Dleaved%20trees,forests>. Satellitendatenbasierte Analyse europäischer Wälder. Kernbefund: Die Landoberflächentemperatur von Laubwäldern liegt je nach Region 0,5–1,8 °C niedriger als bei Nadelwäldern. Zwei Hauptmechanismen: (1) höhere Albedo von Laubbäumen (mehr Sonnenlicht-Reflexion statt Umwandlung in Wärme), (2) stärkere Evapotranspiration während der Vegetationsperiode (mehr Verdunstungskühlung). Die Autor:innen leiten daraus ab, dass eine Erhöhung des Laubbaumanteils – insbesondere in Fichtenmonokulturen – lokale Temperaturextreme im Klimawandel abmildern könnte, weisen aber darauf hin, dass Waldumbau-Entscheidungen auch Biodiversität und Schutz vor Naturgefahren mitberücksichtigen müssen. Das ist eine sehr direkte, quantifizierte Bestätigung Eurer Kernaussage.
- Yao, Y., Sieber, P., Hauser, M., Schwaab, J. et al. (2025). *Nature Communications*, 16. <https://www.nature.com/articles/s41467-025-64580-y#:~:text=Converting%20all%20existing,large%20part%20of%20Europe>. Modellierungsstudie (Nachfolgearbeit mit teils denselben Autor:innen wie Schwaab 2020), die simuliert, was eine großflächige Umwandlung von Nadel- zu Laubwald für das europäische Sommerklima bedeuten würde. Ergebnis: Eine Umwandlung würde die mittlere Julihöchsttemperatur in Kontinentaleuropa um 0,6 °C senken, in Nordeuropa um bis zu 1,0 °C – ein Effekt in der Größenordnung von Entwaldung, aber unter Erhalt der Kohlenstoffspeicherfunktion des Waldes. Mechanismus: höhere Verdunstung von Laubbäumen erhöht den latenten Wärmestrom und senkt den fühlbaren Wärmestrom.

- Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A. (2002): *Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility*. Annals of Forest Science 59: 233–253. <https://www.afs-journal.org/articles/forest/abs/2002/03/01/01.html> Zeigt konkret, dass Fichte (*Picea abies*) im Vergleich zu vielen Laubbaumarten negative Nährstoffbilanzen (z. B. Kalzium, Magnesium) aufweist und zur Bodenversauerung beiträgt – besonders auf nährstoffarmen Standorten mit saurem Eintrag problematisch.
- Reich, P.B., Oleksyn, J., Modrzynski, J., Mrozinski, P., Hobbie, S.E., Eissenstat, D.M., Chorover, J., Chadwick, O.A., Hale, C.M., Tjoelker, M.G. (2005): Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species. Ecology Letters 8: 811–818. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00779.x> Common-Garden-Versuch in Polen (14 Baumarten, darunter mehrere Nadel- und Laubbäume) direkt am Thema: Der Kalziumgehalt der Laub-/Nadelstreu bestimmt maßgeblich die Regenwurmhäufigkeit und darüber wichtige Bodeneigenschaften. Kalziumarme, saure Nadelstreu (typisch für Fichte/Kiefer) unterstützt deutlich weniger Bodenleben als kalziumreichere Laubstreu – ein zentraler Mechanismus, warum Humusaufbau und Bodenbiologie unter Nadelholz oft ärmer ausfallen.

>>Kohlenstoffsенke / Schädlingsresilienz / stabile Holzproduktion

Quellen

- Migliavacca, M., Grassi, G., Bastos, A. u.a. (2025): Securing the forest carbon sink for the European Union's climate ambition. Nature 643.
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC139211> Der Artikel vergleicht nicht direkt Laubmischwald vs. Nadelwaldmonokultur, sondern zeigt allgemein die abnehmende Kohlenstoffsенkenleistung der EU-Wälder und zitiert, dass Baumartenvielfalt die Störungsresistenz von Beständen erhöht ("tree diversity drives forest stand resistance to natural disturbances")
- Kowalski, K., Viana-Soto, A., Brandt, M., Ciais, P., De Keersmaecker, W., Fensholt, R., Pugh, T.A.M., Xu, Y., Senf, C. (2026): Accelerating biomass loss from forest disturbances across Europe. Nature Geoscience, veröffentlicht 5. August 2026. <https://www.nature.com/articles/s41561-026-02032-y> — Erstautorin an der Technischen Universität München (School of Life Sciences, Earth Observation for Ecosystem Management, Freising). Die Studie bestätigt konkret und quantifiziert, dass hochbiomassige Fichtenbestände (der klassische Nadelwald-Wirtschaftswald Mitteleuropas) das mit Abstand größte, sich beschleunigende Verlustrisiko durch Borkenkäfer tragen – ein zentrales Argument für den Waldumbau weg von Fichten-Monokulturen. Für Kohlenstoffsенke/stabile Holzproduktion ist die Studie ebenfalls hoch relevant, da sie zeigt, dass genau die Bestände mit dem größten (bisher als Klimaschutzleistung gewerteten) Biomassevorrat nun zum größten Verlustrisiko werden – was die Verlässlichkeit von Nadelholz-Reinbeständen als stabile Kohlenstoffsенke infrage stellt.

>>Kohlenstoffsенke / Schädlingsresilienz / stabile Holzproduktion

Quellen

- Liang, J. et al. (2016): *Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests*. Science 354(6309): aaf8957.
https://eprints.whiterose.ac.uk/114846/14/LiangEtAl2016_biodiversityVsProductivityGlobalForests_Science_pre_proof.pdf Große globale Meta-Studie (fast 1 Million Waldflächen): Höhere Baumartenvielfalt korreliert weltweit mit höherer und stabilerer Holzproduktivität – ein Hauptargument für Mischwälder gegenüber Monokulturen bei Kohlenstoffbindung und Ertrag.
- Pretzsch, H., Block, J., Dieler, J. et al. (2010): *Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient*. Annals of Forest Science 67: 712. <https://doi.org/10.1051/forest/2010037> Auswertung von 23 Langzeitflächen: Mischbestände aus Fichte und Buche übertreffen auf nährstoffarmen Standorten die jeweiligen Reinbestände im Zuwachs deutlich (bis zu +138 %) – konkreter Beleg für stabilere Holzproduktion in Mischung statt Nadelholz-Monokultur.

- Ampoorter, E. et al. (2020): Tree diversity is key for promoting the diversity and abundance of forest-associated taxa in Europe. *Oikos* 129(2): 133–146. <https://lirias.kuleuven.be/retrieve/86e3e71e-680e-4175-b0b3-694c3a90db74> Europaweite Multi-Standort-Studie: Baumartenvielfalt fördert systematisch die Vielfalt und Häufigkeit assoziierter Artengruppen (Vögel, Insekten, Bodenorganismen u. a.) gegenüber artenarmen Beständen.
- Wirth, C., Bruelheide, H., Farwig, N., Marx, J. M. & Settele, J. (Hrsg.) (2024). Faktencheck Artenvielfalt: Bestandsaufnahme und Perspektiven für den Erhalt der biologischen Vielfalt in Deutschland. oekom Verlag, München. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn068840.pdf Das Werk beschreibt, wie ursprüngliche Laub- und Laubmischwälder mit gut zersetzten Mull-/Moderauflagen großflächig in Nadelholzwälder mit mächtigen Rohhumusauflagen überführt wurden – mit der Folge geringerer Bodentier-Abundanz und -Vielfalt (unter Verweis auf Korboulewsky, Perez & Chauvat 2016; Vanbergen et al. 2007) sowie Nährstoffverschiebungen und Bodenversauerung. Die Beimischung von Laubbäumen in Nadelbaummonokulturen zeigt die stärksten positiven Effekte auf die Diversität von Bodentieren, Pilzen und Bakterien.

- Natkhin, M., Sanders, T., Holzhausen, M. (2022): Der Einfluss von Wald und Witterung auf die Tiefenversickerung. Thünen-Institut, Lysimeterdaten seit 1972 (Versuchsfläche Britz bei Eberswalde). https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn064527.pdf Direkter, quantifizierter Vergleich: "Im langjährigen Mittel ist die Tiefenversickerung unter Buchen größer als unter Kiefern", Kiefernbestände zeigen kaum messbare Tiefenversickerung.
- Schume, H., Jost, G., Hager, H. (2004): Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of European beech and Norway spruce. Journal of Hydrology 289: 258–274. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.11.036> Feldstudie der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) in Österreich (reine und gemischte Buchen-Fichten-Bestände): Sie vergleicht direkt, wie sich Wasserentzug und -wiederauffüllung im Boden unter Buche, Fichte und deren Mischung unterscheiden – eine der wenigen Studien, die Wasserhaushalt so konkret art- und Mischungsspezifisch für Mitteleuropa quantifiziert.
- Deutscher, Podlipný, Čech & Kupec (2025) – Different behavior of pair spruce micro-watersheds in low and high uplands in two hydrologically contrasting years Zitation: Deutscher, J., Podlipný, J., Čech, P. & Kupec, P. (2025). Rozdílné chování párových smrkových pahorkatinných mikropovodí ve dvou hydrologicky odlišných letech [Different behavior of pair spruce micro-watersheds in low and high uplands in two hydrologically contrasting years]. Zprávy lesnického výzkumu (ZLV), 70(4), 205–215. Mendelova univerzita v Brně. <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2026/03/774b.pdf> und Zusammenfassung unter <https://www.vulhm.cz/en/deciduous-forests-in-the-hills-are-more-effective-at-mitigating-floods-than-coniferous-forests/> Die Studie vergleicht zwei fichtendominierte Kleinzugsgebiete in unterschiedlicher Höhenlage (Račín, hochgelegen, Fichte nahe ihrem ökologischen Optimum; Křtiny, tiefer gelegen, Fichte außerhalb ihres Optimums) über zwei hydrologisch unterschiedliche Jahre (2023 normal, 2024 Hochwasserjahr). Ergänzend fasst sie umfangreiche tschechische/mitteleuropäische Vorgängerliteratur zusammen: Hemr et al. (2023), bei Starkregenereignissen dämpfen buchendominierte Einzugsgebiete die Hochwasserspitze doppelt so wirksam, gemischte Einzugsgebiete 1,5-mal so wirksam wie fichtendominierte. Kantor et al. (2003) / Švihla et al. (2012): Buchenbestände zeigen wegen geringerer Interzeption einen höheren Jahresabfluss als Fichtenbestände (z. B. +25,8 mm effektiver Bestandsniederschlag bei Buche gegenüber Fichte im Orlické-hory-Gebirge).