

01

Die permanente Stichprobeninventur – ein Überblick

Die Vermessung des Waldes – Ergebnisse
eines umfangreichen Waldinventurverfahrens
im Nationalpark Hunsrück-Hochwald



Waldinventurverfahren bilden eine zentrale Informationsgrundlage sowohl in geschützten als auch in bewirtschafteten Wäldern. Die erste permanente Stichprobeninventur (PSI) im Nationalpark Hunsrück-Hochwald liefert umfassende Einblicke in die Waldstruktur und deren künftige Entwicklung. Dieses speziell für Naturwälder entwickelte Verfahren wurde auf insgesamt 1.515 Probekreisen mit einer Fläche von jeweils 500 m² durchgeführt. Hier stellen wir die Methodik bündig dar und bieten Einblicke in die Ergebnisse der ersten Stichprobeninventur anhand einer überblickenden Darstellung der Baumartenvielfalt, des Totholzvorkommens sowie der Waldstruktur. Diese Informationen sind eng mit Fragen der Biodiversität gekoppelt. Weiterhin beschreiben die Daten den Zustand der Wälder vor bzw. zu Beginn der klimawandelbedingt extremen Trockenjahre, die deutliche Spuren in unseren Wäldern hinterlassen haben. Erneute Aufnahmen werden diese Veränderung gegenüber der Erstaufnahme fassbar machen und die Wirkung der ersten Jahre unter Prozessschutz zeigen.

Die Autoren

Dr. Andreas Hill hat Forstwissenschaften an der Universität Göttingen studiert. Nach seinem Studium verbrachte er mehrere Jahre in der Schweiz an der ETH Zürich und promovierte dort zum Thema kombinierter Stichprobenverfahren. Im Jahr 2018 wechselte er zu Landesforsten Rheinland-Pfalz, wo er aktuell den Fachbereich Forsteinrichtung-Innendienst und Stichprobeninventuren leitet.



Dr. Alexander Wagner ist Umweltwissenschaftler und Ökologe. Er hat an der Universität Potsdam und dem Umweltforschungszentrum Leipzig im Bereich der ökologischen Modellierung promoviert und war zuletzt Forschungsreferent im Nationalparkamt Hunsrück-Hochwald. Seit Herbst 2023 ist er als Referent an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) im Projekt Klimawald 2100 tätig.



Einleitung & Motivation

Inventuren zur Erfassung von Waldstrukturen haben eine lange Tradition (Gschwantner et al., 2022). Inventuren erfassen Wälder nicht nur hinsichtlich der Frage einer nachhaltigen Holznutzung, sondern bieten auch Einblicke in das Ökosystem Wald und dessen weitere vielfältige Ökosystemdienstleistungen (Gschwantner et al., 2022; Schmitz, 2014). Um die Besonderheiten von Naturwäldern besser zu berücksichtigen, hat die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt das Verfahren einer permanenten Stichprobeninventur (PSI) entwickelt (Meyer et al., 2018). Dieses Verfahren kommt bereits in einigen Großschutzgebieten und Naturwaldreservaten zum Einsatz (Schmiedel et al., 2018). Das daraus generierte Wissen, bspw. um den Baumartenbestand sowie den Totholzanteil, bildet eine zentrale Grundlage, um den ökologischen Zustand eines Waldgebietes zu erfassen und naturdynamische Entwicklungen nachzuvollziehen. Aus diesen Gründen wurde bereits in den Anfangsjahren des Nationalparks Hunsrück-Hochwald ebenfalls eine PSI durchgeführt. Dazu wurden in einem Abstand von 250 m über das gesamte Waldgebiet des Nationalparks 1.628 georeferenzierte Probekreise mit jeweils einer Fläche von 500 m² angelegt. Auf 1.515 dieser Probekreise konnte die Waldstruktur erfasst werden. Dieser Beitrag soll das Verfahren genauer erläutern, Einblicke in einen Teil der Ergebnisse liefern und Anwendungsmöglichkeiten aufzeigen.



Im Überblick

- Die permanente Stichprobeninventur (PSI) ist eine spezielle Form der Waldinventur, die für die Beobachtung und Erforschung von Naturwäldern entwickelt wurde und viele Facetten der Waldstruktur erfasst.
- Die PSI im Nationalpark Hunsrück-Hochwald stellt die Waldstruktur in den ersten Jahren nach Nationalparkgründung auf 1.515 Probekreisen mit einer Fläche von jeweils 500 m² dar.
- In dem Erhebungszeitraum wurde ein durchschnittliches Totholzvolumen von 27,8 m³ je ha festgestellt, was etwas über dem bundesweiten Durchschnitt der letzten Bundeswaldinventur, aber noch deutlich unter typischen Werten von naturnahen Wäldern liegt.
- Vorausschauend wird ein Vergleich mit künftigen Inventuren die Wirkung des Prozessschutzes sowie die Effekte der vergangenen und kommenden klimawandelverstärkten Störungen abbilden können.

Das Aufnahmeverfahren

Das im Nationalpark angewandte Aufnahmeverfahren der PSI basiert auf dem von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) entwickelten „Verfahren zum Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten“ (Meyer et al., 2018) und soll hier nur in Kürze beschrieben werden. Die Erfassung waldökologischer Parameter erfolgte auf einem auf die Waldfläche des Nationalparks reduzierten, regulären Stichprobennetz mit einer Netzdichte von 250 m an insgesamt 1.515 Stichprobenpunkten. Die Idee einer solchen permanenten Stichprobeninventur ist es, dass die Aufnahmen von Folgeinventuren an den identischen Stichprobenpunkten stattfinden und damit die Angabe von Veränderungen, z.B. des Totholzvolumens oder des

Zuwachses, möglich ist. Da es sich bei der PSI im Nationalpark um eine Erstaufnahme handelt, wurden die Stichprobenpunkte eingemessen und dauerhaft vermarkt (Abbildung 1). Dies erlaubt einerseits das Wiederauffinden bei den geplanten Folgeinventuren und ermöglicht zum anderen die Verknüpfung der Stichprobenmetriken mit Fernerkundungs- und Geodaten zu Klassifikations- und Modellierungszwecken.

An jedem Stichprobenpunkt erfolgten im Radius von 12,62 m um das Probekreiszentrum eine Aufnahme aller stehenden und liegenden Bäume mit Aufnahmeschwellen von 7 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) für lebende und 20 cm Durchmesser für abgestorbene Bäume. Zudem wurde die Verjüngungssituation von Bäumen < 7 cm BHD in einer Entfernung von 5 m östlich zum Stichproben-

zentrum erfasst. Neben der Erfassung der Baumart und der örtlichen Lage jedes Probebaumes sind dessen Höhe und Brusthöhendurchmesser wesentliche Aufnahmeparameter, aus denen anschließend Informationen wie Stammzahl, Verteilung und Holzvolumina der lebenden

und toten Bäume abgeleitet werden können (Abbildungen 4 bis 8). Die Aufnahmen wurden durch Personal von Landesforsten Rheinland-Pfalz durchgeführt und im Jahr 2019 abgeschlossen.



Abb. 1: Einmessung und Vermarkung des Probekreisentrums des Stichprobenpunktes (links). Erfassung von Probebäumen innerhalb des Probekreises (rechts). Foto: Landesforsten Rheinland-Pfalz.

Tab. 1: Aufnahmeparameter der Probekreisinventur (Auswahl der relevantesten Parameter)

Aufnahmeparameter	stehende Bäume		liegende Bäume		Jungbäume
	lebend	abgestorben	lebend	abgestorben	lebend
Art (Name)	✓	✓	✓	✓	✓
Anzahl	✓	✓	✓	✓	✓
örtliche Lage (Koordinaten)	✓	✓	✓	✓	
Durchmesser	✓	✓	✓	✓	
Höhe	✓	✓			
Kronenansatz	✓				
Schicht (bei mehrschichtigen Wäldern)	✓				
Biodiversitätsrelevante Kleinstrukturen	✓	✓	✓	✓	
Mortalitätsursache		✓		✓	
Zersetzungsgrad		✓		✓	
Besonnung (3 Stufen)		✓		✓	
Entstehung (Pflanzung, Naturverjüngung)					✓
Höhenklasse					✓

✓ = Erfassung für alle Objekte der Stichprobe. Quelle: Aufnahmeanweisung „Verfahren zum Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten“ (angepasst)

Ein repräsentatives Stichprobennetz

Ein wesentlicher Anspruch an das Verfahren ist, dass die an den Stichprobenpunkten erhobenen Daten und die daraus abgeleiteten Ergebnisse den Zustand und die Entwicklung des Nationalparks korrekt abbilden und beschreiben können. Dies wird grundlegend dadurch sichergestellt, dass die systematische räumliche Verteilung der Stichprobenpunkte die Diversität des Nationalparks entsprechend abbildet und keine Strukturen systematisch unterrepräsentiert sind oder gar ausgeschlossen werden. Um dies zu verifizieren, wurde das Stichprobennetz der PSI mit einem auf Fernerkundungs- und Forsteinrichtungsdaten basierenden Geodatensatz, den sog. naturräumlichen Einheiten, des NLP verschnitten. Dieser Datensatz wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) der Landesforsten und des Nationalparks Hunsrück-Hochwald in Kooperation mit der Universität Trier entwickelt (Haß & Hill, 2016; Segatz et al., 2020). Er war auch Grundlage bei der Selektion repräsentativer Flächenstichproben im Nationalpark, auf denen verschiedene Untersuchungen gebündelt werden.

Insgesamt wird die Waldfläche des Nationalparks in diesem Datensatz den folgenden acht naturräumlichen Einheiten zugewiesen: Buchenreinbestände, Buchenmischbestände, Fichtenreinbestände, Fichtenmischbestände (jeweils Unterscheidung von drei Altersklassen), Hangbrücher, Blockschutthalden sowie jüngste Abtriebsflächen und Sturmflächen. Es kann dabei angenommen werden, dass diese Einheiten die prägenden waldökologischen Strukturen des Nationalparks inkl. der nur kleinflächig vorkommenden Sonderstandorte (Hangbrücher und Blockschutthalden) adäquat beschreiben und räumlich präzise verorten.

Die Stichprobenpunkte der PSI wurden mit den flächendeckend vorliegenden naturräumlichen Einheiten verschnitten, sodass jeder Stichprobenpunkt mit der ihn treffenden Einheit belegt wurde. Durch Vergleich der tatsächlichen Flächenanteile aller acht naturräumlichen Einheiten mit den jeweiligen Anteilen in der Stichprobe konnte sichergestellt werden, dass die Waldstruktur des Nationalparks hinsichtlich der Standorte, der dominierenden Baumartenzusammensetzung und der Altersklassen in den Stichprobenaufnahmen repräsentativ abgebildet ist (Abbildungen 2 und 3).

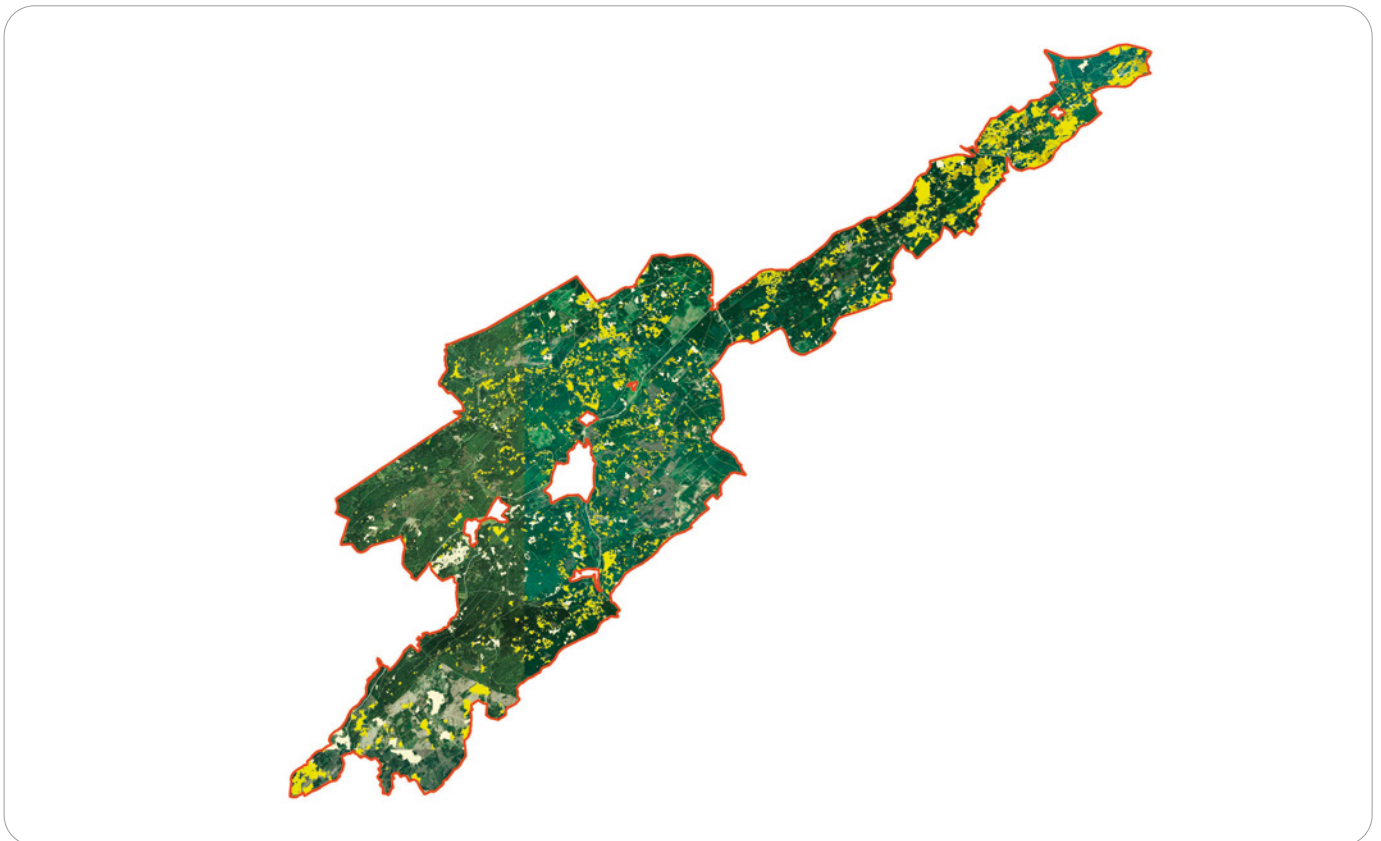


Abb. 2: Darstellung der naturräumlichen Einheit „Buchenmischbestände“ (gelb) und deren räumliche Verteilung im Nationalpark Hunsrück-Hochwald.

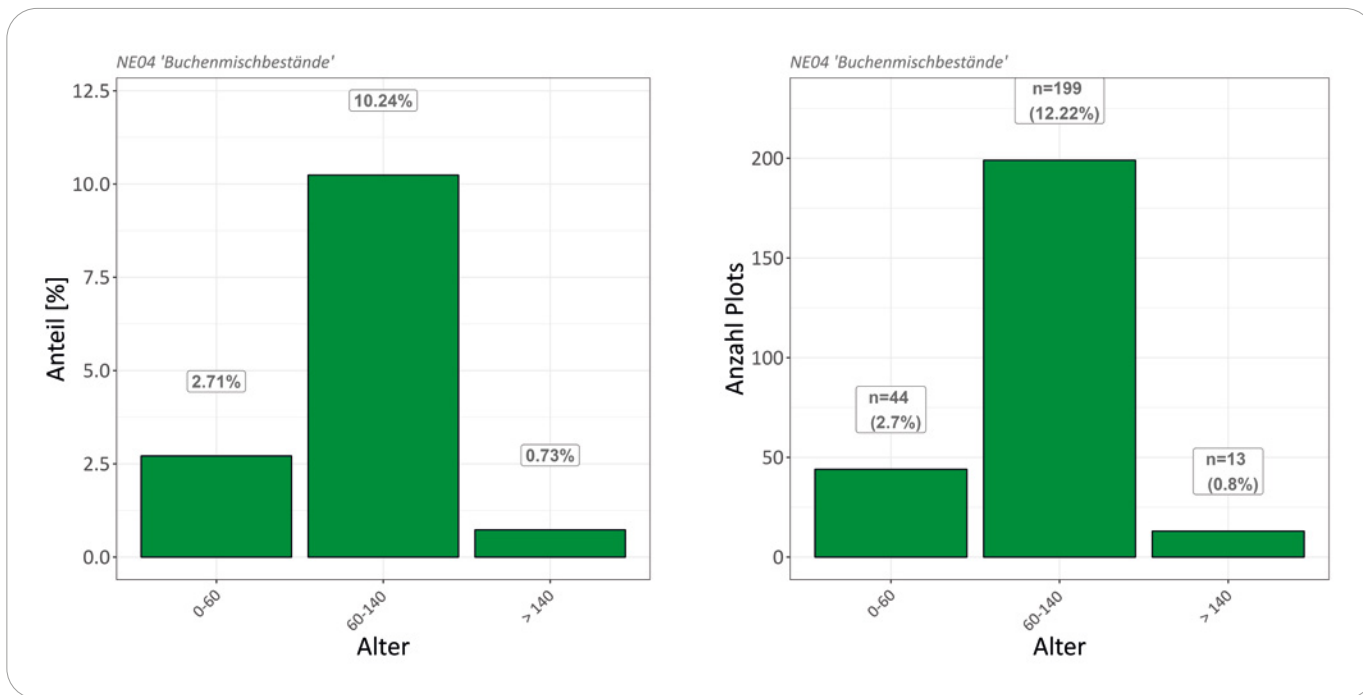


Abb. 3: Vergleich der tatsächlichen Anteile der naturräumlichen Einheit „Buchenmischbestände“ (links) mit dem Anteil der Einheit in der Stichprobe (rechts).

Einblick in die Datenlage

Die gewonnenen Daten erlauben eine vielseitige Anwendung. Beispielsweise kann das Vorkommen von Totholz bestimmter Baumarten als Grundlage für das Monitoring xylobionter (d. h. holzbewohnender) Käfer dienen (Götmark et al., 2011). Auch kann die Struktur innerhalb von bestimmten Lebensraumtypen genauer studiert werden (Schmiedel et al., 2018). In diesem Beitrag soll hingegen ein bündiger Gesamtüberblick über die mit der PSI erfasste Waldstruktur im Nationalpark Hunsrück-Hochwald gegeben werden. Welche Baumarten kommen wo vorwiegend vor? Welche Baumartenvielfalt liegt innerhalb der Probenkreise vor? Wie hoch ist das Totholzaufkommen, auch in Relation zu anderen Wäldern? In welcher Anzahl kommen verschiedene Baumarten in unterschiedlichen Höhen- und Durchmesserklassen vor? Die Beantwortung dieser Fragen erlaubt einen ersten, jedoch nicht erschöpfenden Gesamtüberblick über die Ergebnisse der PSI und somit die Naturnähe der Wälder des Nationalparks in dessen Anfangsjahren. Weiterhin zeigen wir Nutzungsmöglichkeiten der gewonnenen Daten auf und verweisen auf erste Anwendungsbeispiele.

Baumartenverteilung

Zum Zeitpunkt der Erstaufnahme kommen Buche und Fichte in recht ähnlicher Häufigkeit vor. Nur auf 15% der Probekreise ist eine andere Baumart als Buche (40%) und Fichte (45%) vorwiegend (Abbildung 4). Als vorwiegend ist hier die Baumart mit dem größten Anteil am Gesamtvolumen der lebenden Bäume innerhalb eines Probekreises bezeichnet. Während Fichten natürlicherweise nicht im Hunsrück vorkämen und nur aufgrund vorteilhafter Eigenschaften als Wirtschaftsbaumart eingebracht wurden, ist die Buche in den meisten Gebieten des Nationalparks unter heutigen Bedingungen die natürliche Klimaxbaumart.

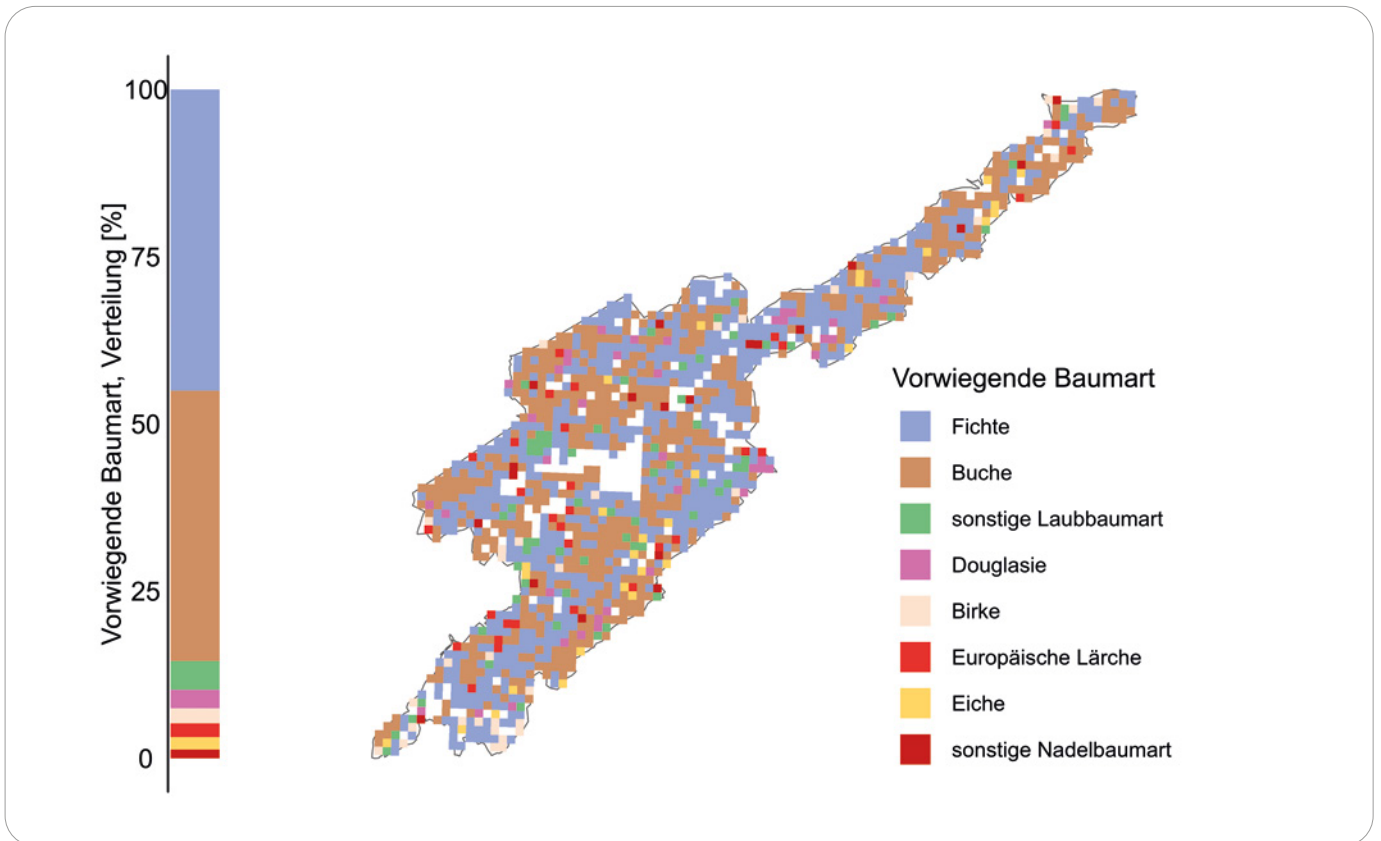


Abb. 4: Räumliche Verteilung der in einem Probekreis vorwiegenden Baumarten. Als vorwiegende Baumart ist die nach Volumen pro Hektar häufigste Baumart definiert.

Neben weiteren Strukturparametern ist die Baumartenzahl ein Bestandteil der Biodiversität, da zahlreiche Organismen wie Pilze und Insekten auf bestimmte Baumarten spezialisiert sind (Ganault et al., 2021; Schmit et al., 2005). Die lokale Baumartenvielfalt, auch als α -Diversität bezeichnet, kann über verschiedene Indizes wie die absolute Artenzahl (Abbildung 5, B) oder den Shannon-Index (Abbildung 5, A) dargestellt werden. Der Shannon-Index ist eng mit der Artenzahl verknüpft (Abbildung 5, C), berücksichtigt aber zusätzlich die relative Häufigkeit der lokal vorkommenden Arten. Der Shannon-Index ist für eine bestimmte Artenzahl maximal, wenn die jeweiligen Arten in gleichen Anteilen vorkommen. Die PSI konnte

bis zu acht verschiedene Baumarten pro Probekreis feststellen, wobei sich ein räumlicher Schwerpunkt im Südwesten des Nationalparks ausmachen lässt (Abbildung 5, A und B). Jeweils ca. 500 Probekreise weisen ein bis zwei Baumarten auf und mit jeder weiteren Baumart halbiert sich diese Zahl näherungsweise (Abbildung 5, C). Hohe Baumartenzahlen fanden sich v.a. etwa in Erlen-Bruchwäldern, während Buchenwälder oft natürlicherweise Reinbestände ausbilden. Die Baumartenzahl ist also nicht grundsätzlich ein Indikator für Naturnähe, die vielmehr aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden muss.

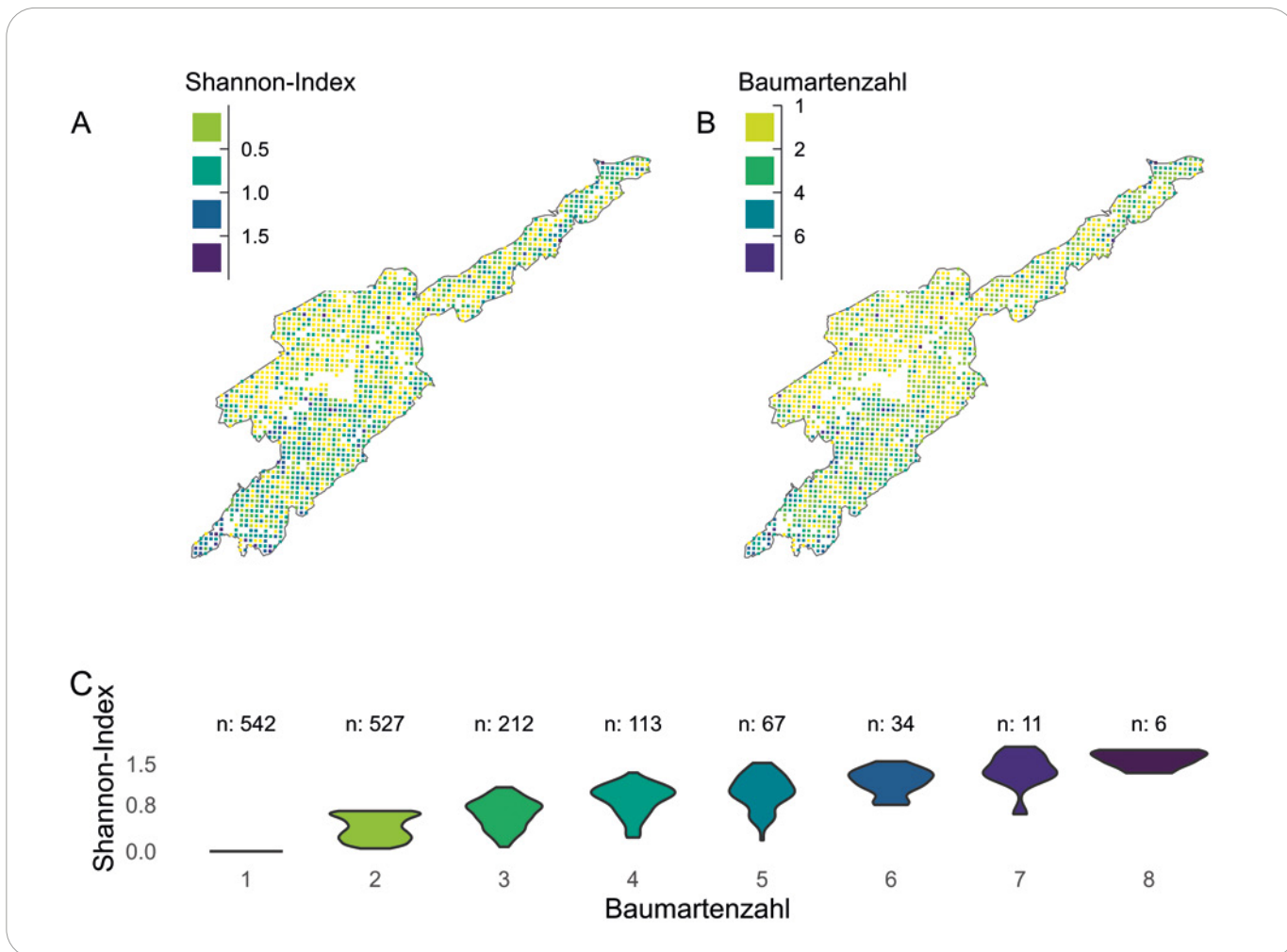


Abb. 5: Lokale Baumartenvielfalt (lebende Bäume mit BHD > 7 cm). A) Shannon-Index, B) Baumartenzahl und C) der Zusammenhang zwischen Baumartenzahl und Shannon-Index sowie die Häufigkeit der jeweiligen Baumartenzahl.

Totholzvorkommen

Totholz bietet vielen Organismen einen Lebensraum und ist Teil der natürlichen Dynamik in Wäldern. In Wirtschaftswäldern werden Bäume spätestens in der sog. Optimalphase, d. h. vor dem Einsetzen von Zerfallsprozessen, entnommen. In prozessgeschützten Wäldern können diese Zerfallsprozesse natürlich ablaufen, wodurch das Totholzvorkommen gegenüber vergleichbaren Wirtschaftswäldern ansteigt (Bujoczek et al., 2021). Aber auch andere Faktoren wie klimatische Bedingungen, Geologie und somit die Baumartenzusammensetzung haben Einfluss auf Wachstum und Zersetzung und dadurch das mögliche Totholzvor-

kommen (Bujoczek et al., 2021). Anhand der PSI lassen sich detaillierte Strukturinformationen zum Totholz ableiten, die etwa für die Beschreibung der Habitatqualität im Hinblick auf Totholzbewohner relevant sind. Hier beschränken wir uns auf das Totholzvolumen als einen relevanten, wenn auch nicht alleinigen Indikator für die Vielfalt xylobionter Organismen (Lassauce et al., 2011). Allgemein lässt sich feststellen, dass das stehende Totholz zum Zeitpunkt der Aufnahme etwas überwiegt und räumlich gleichmäßiger verteilt ist (Abbildung 6). Das Gesamtotholzvolumen beträgt über alle Probenkreise gemittelt etwa 27,8 m³/ha und lag somit etwa 35 % über dem Bundesdurchschnitt der dritten Bundeswaldinventur (Schmitz, 2014).

Das Totholzvolumen von Laub- und Nadelholz ist beim liegenden Holz auf einem ähnlichen Niveau, während es sich beim stehenden Totholz meist um Nadelholz handelt. Die klimawandelbedingten Fichtenkalamitäten in den Jahren seit 2018 haben das Waldbild im Nationalpark so wie auch andernorts drastisch verändert. Naturferne Fichtenwälder sind großflächig abgestorben (Stoffels et al., Beitrag 19) und tragen, sofern aufgrund wirtschaftlicher Erwägungen (bspw. Anrainerschutz) nicht entnommen, zum Totholzaufkommen bei. Der Zeitraum der PSI fällt teilweise in den Zeitraum dieser Störungen, wodurch sich vermutlich das Totholzaufkommen auf einzelnen Probekreisen gegenüber 2015, dem Gründungsjahr des Nationalparks, bereits in den Anfangsjahren erhöht hat. Zum Zeitpunkt der PSI waren knapp 3,8 Prozent aller stehenden Fichten mit einem Brusthöhendurchmesser über 7 cm aufgrund exogener Faktoren (z. B. Borkenkäfer oder Kronenbruch) abgestorben, was leicht über den Werten anderer

häufiger Baumarten im Nationalpark liegt (etwa Lärche 1,8 Prozent, Eiche 3,2 Prozent und Buche 1,9 Prozent).

Insgesamt finden sich im Nationalpark Hunsrück-Hochwald somit zum Zeitpunkt der Aufnahme bereits überdurchschnittliche Totholzvolumina, die jedoch noch deutlich unter Werten liegen, die aus den letzten europäischen Urwäldern bekannt sind. So werden im Białowieża-Nationalpark Totholzvolumina zwischen 87 und 160 m³ pro ha beschrieben (Bobiec, 2002). Auch im Vergleich mit den buchengeprägten Naturwaldreservaten Gottlob, Springenkopf und Ruppelstein, die innerhalb des Nationalparks liegen, zeigen sich etwas geringere Totholzvolumina (Abbildung 7). Die Naturwaldreservate wurden bereits 1982 begründet und befinden sich somit seit Jahrzehnten unter Prozessschutz. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass nur wenige PSI-Probenkreise im Einzugsbereich der Naturwaldreservate liegen (n = 33).

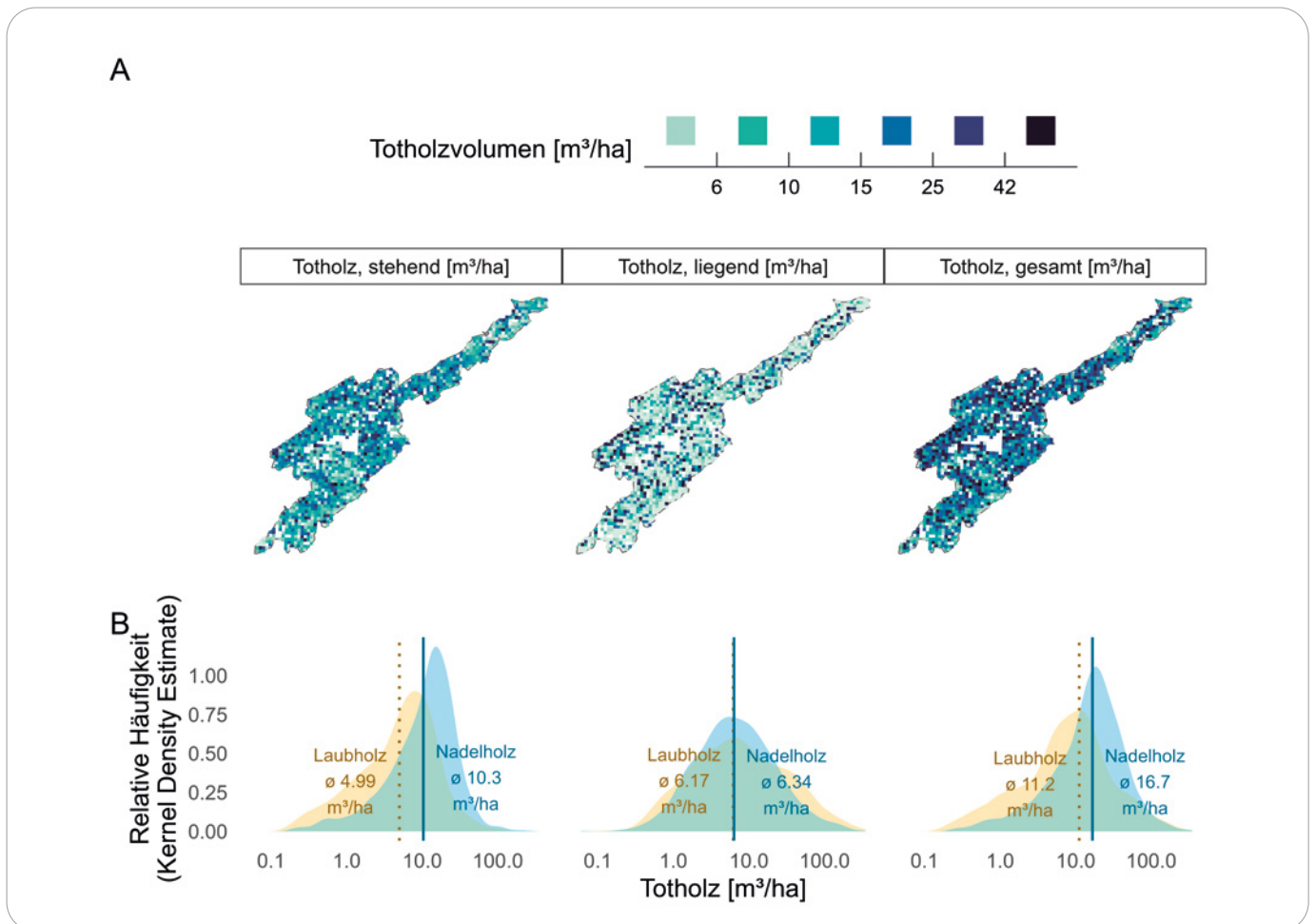


Abb. 6: Räumliche und statistische Verteilung der Volumina stehenden, liegenden sowie des gesamten Totholzes über die einzelnen Probekreise. Werte gleich null sind aufgrund der logarithmischen Skala nicht dargestellt, aber über die Mittelwerte (vertikale Linien) berücksichtigt.

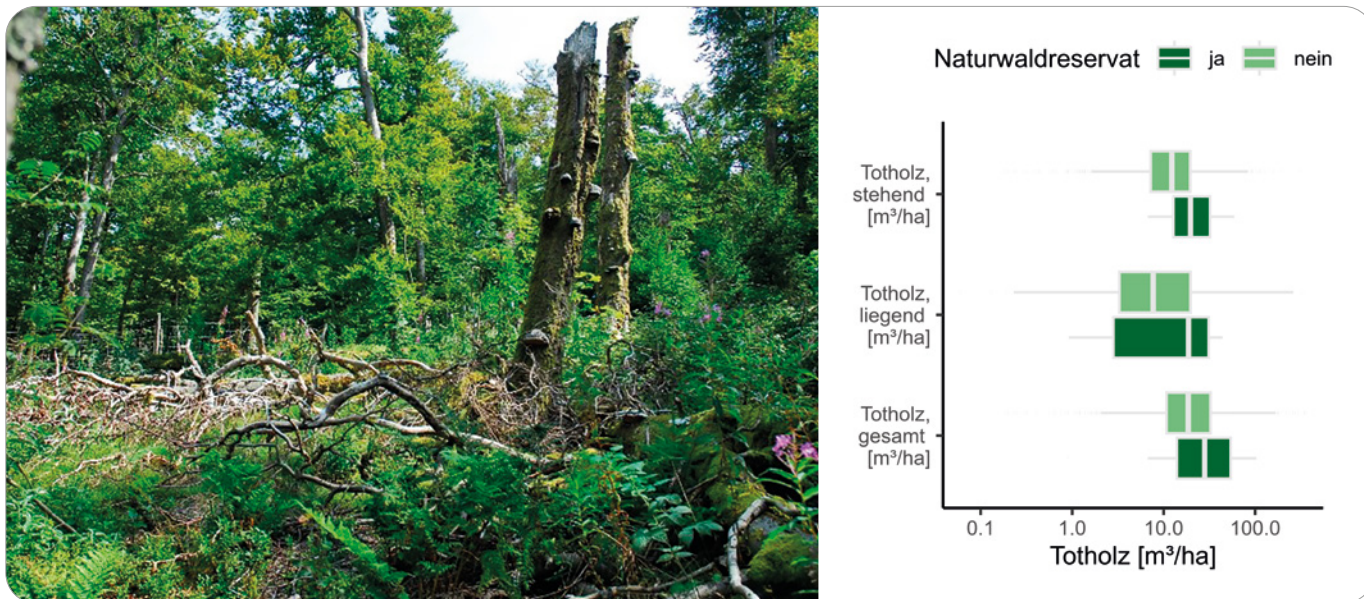


Abb. 7: Links: Ein Blick in die Glaskugel: unter Prozessschutz kann sich die natürliche Zerfallsphase vollziehen und es bilden sich, wie hier im Naturwaldreservat Gottlob, lichte Totholzbereiche heraus (Foto: FAWF). Rechts: Vergleich der Totholzvolumina der Probekreise innerhalb und außerhalb der im Nationalpark befindlichen Naturwaldreservate Gottlob, Springenkopf und Ruppelstein.

Bestandesstruktur

Die Verteilung der Baumarten nach Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe erlaubt u.a. Einblicke in die Altersstruktur und somit die zukünftige Entwicklung eines Waldes. Weiterhin hängen mit diesen Strukturparametern besondere Habitate zusammen. Bäume mit Konsolenpilzen, Höhlen und Epiphyten, wie bspw. Moosen, weisen stärkere Durchmesser auf als solche, die keine Besonderheit aufweisen (Abbildung 8). Nur Rindenverletzungen, wie bspw. durch Wildschäl, treten an jüngeren und kleineren Bäumen häufiger auf. Alte, große Bäume sind somit besonders strukturreich.

Die Fichte ist im Zeitraum der PSI vor allem bei mittleren Brusthöhendurchmessern die häufigste Baumart, während starke und schwache Bäume zunehmend häufiger Buchen sind (Abbildung 9). Insbesondere bei den niedrigeren Brusthöhendurchmesserklassen weist die Fichte im Vergleich zur Buche einen geringen Anteil auf. Auch andere Baumarten kommen hier auf Anteile von 20 bis 25%. Die Eiche hat ihre größten Anteile in Brusthöhendurchmesserklassen über 30 cm, Erle und Birken hingegen bei unter 30 cm. Bei Betrachtung der Baumhöhe dominiert die Fichte insbesondere bei kleineren Baumhöhen. Dieses gegenüber der Verteilung der Baumarten nach Brusthöhendurchmesser etwas andere Bild ergibt sich

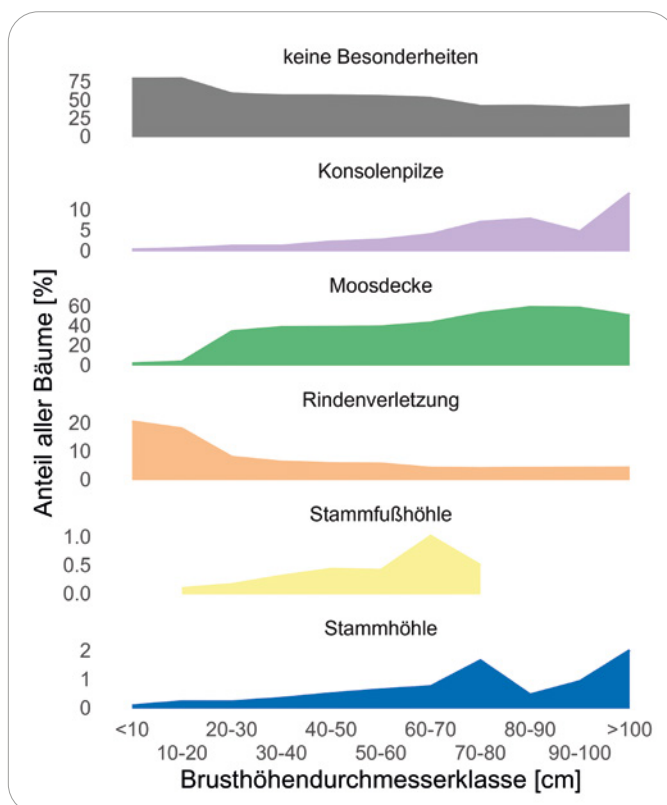


Abb. 8: Besondere Habitatstrukturen an stehenden Bäumen (lebend und tot) in Relation zum Brusthöhendurchmesser.

u.a. daraus, dass junge Buchen einen durchschnittlich höheren Quotienten aus Höhe und Durchmesser aufweisen. In der Höhengschicht von 10 bis 20 m sinkt der Anteil der Fichte auf etwa 25%. Weitere Einblicke liefert die Verjüngungsaufnahme der PSI. 33 Baumarten befinden

sich laut Daten in der Naturverjüngung. Gemessen an der Anzahl der Probekreise, in denen die Arten als Naturverjüngung auftreten, sind Buchen (n = 630), Fichten (n = 471), Ebereschen (n = 164) und Birken (n = 83) die häufigsten Arten.

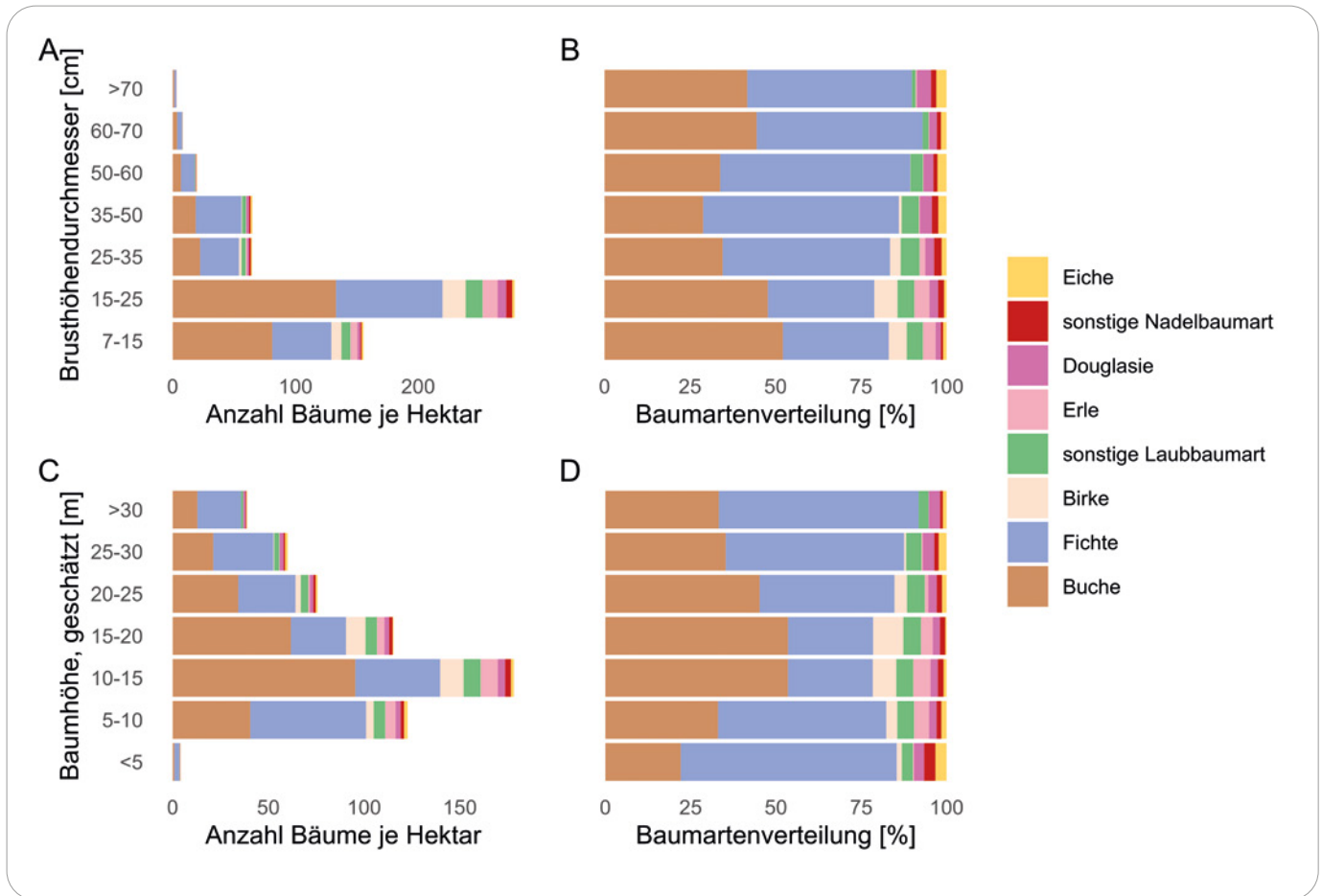


Abb. 9: Verteilung der Baumarten nach Brusthöhendurchmesser und geschätzter Höhe. Berücksichtigt wurde für die Darstellung nur stehendes Holz ohne Stubben. **A)** Anzahl der Bäume je Hektar unterteilt nach Brusthöhendurchmesserklassen. **B)** Die relative Verteilung der Baumarten innerhalb der Brusthöhendurchmesserklassen. **C)** Anzahl der Bäume je Hektar unterteilt nach Höhenklassen. **D)** Die relative Verteilung der Baumarten innerhalb der Höhenklassen.

Nutzung der Erkenntnisse der permanenten Stichprobeninventur

Die Ergebnisse der PSI konnten bereits für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Durch die flächenhafte und zugleich räumliche hochaufgelöste Stichprobe ergibt sich ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten, da ein enger räumlicher Bezug zu anderen Forschungsvorhaben besteht. Relativ zum georeferenzierten Stichprobenkreis können alle Einzelbäume im Raum verortet werden. Diese Informationen hat David Klehr in seiner Masterarbeit als Referenzdaten für eine Baumartenklassifikation mittels

räumlich hochaufgelöster Satellitendaten genutzt (siehe dieser Forschungsband S. 254). Die Informationen über die Waldstruktur konnten weiterhin genutzt werden, um die Habitatqualität für verschiedene Tierarten zu modellieren. So hat Laura Früchtl im Rahmen ihrer Bachelorarbeit das Totholzaufkommen als Kovariante für die Untersuchung von Habitaten der Wildkatze untersucht (dieser Forschungsband Beitrag 07). Weitere Anwendungen sind denkbar. Waldstrukturdaten könnten bspw. Eingang in ein Waldwachstumsmodell finden, um mögliche Entwicklungspfade der Wälder im Nationalpark unter den Vorzeichen des Klimawandels aufzuzeigen.

Ausblick

Die Erstaufnahme der PSI erfasst den Ausgangszustand der Waldstrukturen. Periodisch vorgesehene Wiederholungsaufnahmen erlauben einen Einblick in die natürliche Entwicklung dieser Waldökosysteme auf großer Fläche ohne weitere waldwirtschaftliche Eingriffe (Prozessschutz). Dies bietet eine Informationsgrundlage für viele weitere Untersuchungen. Die Borkenkäferkalamitäten infolge der extremen Trockenjahre seit 2018 haben in wenigen Jahren einen erheblichen Teil der naturfernen, nicht standortangepassten Fichtenbestände zum Absterben gebracht. Die Veränderungen auf diesen Flächen sind ein Gegenstand der aktuellen Forschung. Künftige Inventuren werden diese Veränderung quantifizieren und somit unser Verständnis über die Waldentwicklung in Zeiten des Klimawandels erweitern.

Quellen

- Bobiec, A. (2002).** Living stands and dead wood in the Białowieża forest: Suggestions for restoration management. *Forest Ecology and Management*, 165(1), 125–140. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00655-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00655-7)
- Bujoczek, L., Bujoczek, M., & Zięba, S. (2021).** How much, why and where? Deadwood in forest ecosystems: The case of Poland. *Ecological Indicators*, 121, 107027. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107027>
- Ganault, P., Nahmani, J., Hättenschwiler, S., Gillespie, L. M., David, J.-F., Henneron, L., Iorio, E., Mazzia, C., Muys, B., Pasquet, A., Prada-Salcedo, L. D., Wambsganss, J., & Decaëns, T. (2021).** Relative importance of tree species richness, tree functional type, and microenvironment for soil macrofauna communities in European forests. *Oecologia*, 196(2), 455–468. <https://doi.org/10.1007/s00442-021-04931-w>
- Götmark, F., Åsegård, E., & Franc, N. (2011).** How we improved a landscape study of species richness of beetles in woodland key habitats, and how model output can be improved. *Forest Ecology and Management*, 262(12), 2297–2305. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.024>
- Gschwantner, T., Alberdi, I., Bauwens, S., Bender, S., Borota, D., Bosela, M., Bouriaud, O., Breidenbach, J., Donis, J., Fischer, C., Gasparini, P., Heffernan, L., Hervé, J.-C., Kolozs, L., Korhonen, K. T., Koutsias, N., Kovácsics, P., Kučera, M., Kulbokas, G., ... Tomter, S. M. (2022).** Growing stock monitoring by European National Forest Inventories: Historical origins, current methods and harmonisation. *Forest Ecology and Management*, s505, 119868. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119868>
- Haß, E., & Hill, J. (2016).** Entwicklung von Informationsebenen zur Vorbereitung eines Monitorings im Nationalpark Hunsrück-Hochwald. Universität Trier, Umweltfernerkundung und Geoinformatik.
- Lassauce, A., Paillet, Y., Jactel, H., & Bouget, C. (2011).** Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. *Ecological Indicators*, 11(5), 1027–1039. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.02.004>
- Meyer, P., Brößling, S., Bedarff, U., Schmidt, M., Fricke, C., & Tewes, C. (2018).** Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten. www.nw-fva.de/fileadmin/nwfva/common/unterstuetzen/pdf/waldnaturschutz/Aufnahmeanweisung_NWR_Hessen_2018-10.pdf
- Schmiedel, I., Goedecke, F., & Bergmeier, E. (2018).** Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen im Wald und Offenland. – In: Nationalparkverwaltung Eifel (ed), Permanente Stichprobeninventur im Nationalpark Eifel. Schriftenreihe zum Nationalpark Eifel 7: 30–66. Schleiden-Gemünd.
- Schmit, J. P., Mueller, G. M., Leacock, P. R., Mata, J. L., (Florence) Wu, Q., & Huang, Y. (2005).** Assessment of tree species richness as a surrogate for macrofungal species richness. *Biological Conservation*, 121(1), 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.04.013>
- Schmitz, F. (2014).** Der Wald in Deutschland – ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. <https://policycommons.net/artifacts/2105112/der-wald-in-deutschland/2860410>
- Segatz, E., Stoffels, J., Haß, E., Caspari, S., Klein, M., & Kreten, R.-M. (2020).** Entwicklung eines stratifiziert-zufälligen Flächenstichproben-Konzepts für den Nationalpark Hunsrück-Hochwald. In Forschungsband (1. Auflage, Bd. 1, S. 257). https://www.nlphh.de/hdwcore/uploads/2022/01/2B-2_aus_NLPHH_Forschungsband.pdf