

# Schlussbericht

## zum Vorhaben

Thema:	<b>Buchenkalamitäten im Klimawandel – Ursachen, Folgen, Maßnahmen</b>
Akronym:	<b>Buche-Akut</b>
Zuwendungsempfänger:	<b>Teilvorhaben 1:</b> Ingolf Profft Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha Referat 5: Klimafolgen, Forschung und Versuchswesen Jägerstraße 1   99867 Gotha  <b>Teilvorhaben 2:</b> Dr. Gitta Langer Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt Abteilung Waldschutz, Sachgebiet Mykologie und Komplexerkrankungen Grätzelstr. 2   37079 Göttingen  <b>Teilvorhaben 3:</b> Prof. Dr. Dominik Seidel Georg-August Universität Göttingen Abteilung Räumliche Strukturen und Digitalisierung von Wäldern Büsgenweg 1   37077 Göttingen
Förderkennzeichen:	<b>Teilvorhaben 1: 2220WK10A1</b> <b>Teilvorhaben 2: 2220WK10B1</b> <b>Teilvorhaben 3: 2220WK10C1</b>
Laufzeit:	<b>01.12.2021 bis ursprünglich 30.11.2024</b> <b>mit dem Änderungsbescheid vom 26.09.2025 verlängert bis 31.10.2025</b>
Monat der Erstellung:	<b>02/2026</b>
Version:	<b>1.0</b>
Upload-Datum:	<b>20.02.2026</b>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger für den Waldklimafonds unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>Abbildungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Tabellen</b> .....	<b>7</b>
<b>I. Kurzbericht</b> .....	<b>8</b>
1. Aufgabenstellung.....	8
2. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	11
3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse.....	13
a) Arbeitspakete und Meilensteine.....	13
b) Zusammenfassung.....	16
<b>II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse</b> .....	<b>18</b>
1. Erzielte Ergebnisse.....	18
Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen.....	18
TV1.M1: Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt.....	18
TV1(3).M1: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt.....	21
TV1.M2: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens auf Basis von Klima und Bodenparametern erstellt.....	34
TV3.M2: Bewirtschaftungsintensität.....	41
TV2.M1: Koordination Baumfällungen & Probenahme.....	41
TV2.M2: Unterstützung der Aufnahmen durch PP 1 und 3.....	41
TV2.M3: Raum-Zeit-Analyse abgeschlossen.....	41
Arbeitspaket 2: Handlungsempfehlungen.....	42
TV1,2,3.M3: Praxisorientierte Handlungsstrategien und Empfehlungen für die zukünftige Bewirtschaftung, Sanierung bzw. Neubegründung von Rotbuchenbeständen unter veränderten klimatischen Bedingungen für Waldbesitzer und Forstbetriebe als Zusammenführung der im Gesamtvorhaben generierten Erkenntnisse (Waldbau, Pathologie, Kohlenstoffbilanzierung, rechtliche Aspekte) erstellt.....	42
Arbeitspaket 3: Praxistransfer.....	45
TV1.M5: Abschlusstagung für das Gesamtvorhaben als ein Ansatz für einen umfassenden Wissenstransfer aus dem Vorhaben in die Praxis.....	54
TV1,2,3.M4: Gesamtkompodium „Perspektiven für die Buche – Wirkungszusammenhänge & langfristige Strategien für die Buche im Klimawandel“ für die Öffentlichkeit, Waldbesitzer und politische Entscheidungsträger.....	54
Arbeitspaket 4: Kohlenstoffbilanzierung.....	54
TV1.M6: Methodik zur Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalamitätsereignissen erstellt.....	54
TV1.M7: Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalkulation von Senken-/Quelleneffekten infolge von Kalamitäten abgeschlossen.....	54
Arbeitspaket 5: Rechtliche Prüfung.....	55
TV1. M8: Zusammenstellung von rechtlichen Grundlagen, Kommentierungen, themenrelevanten Urteilen und Fallentscheidungen abgeschlossen.....	55
TV1.M9: Juristische Bewertung von Kalamitäten hinsichtlich Betreten und Arbeiten im Wald abgeschlossen.....	55
TV1.M10: Kriterienkatalog und Entscheidungsleitfaden für rechtliche Aspekte.....	55

Arbeitspaket 6: Projektkoordination .....	61
TV1.M11: Für eine erfolgreiche Projektumsetzung sollen halbjährliche Arbeitstreffen (im Wechsel online und als Präsenzveranstaltung) stattfinden. Diese werden jeweils von einem der Projektpartner vorbereitet. Dabei werden in erster Linie Projektfortschritt und anstehende Projektarbeiten und Aufgaben erörtert, aber auch auftretende Schwierigkeiten und Probleme diskutiert. ....	61
TV1.M12: Koordinierung und Absicherung der termingerechten Abgabe der von Seiten des Projektträgers geforderten Zwischenberichte.....	61
TV1.M13: Koordinierung und Absicherung der termingerechten Abgabe des von Seiten des Projektträgers geforderten Abschlussberichtes.....	61
Arbeitspaket 7: Kausalanalyse .....	61
TV2.M7 Flächenauswahl .....	61
TV2.M8 Bereitstellung der Ergebnisse an andere PP; .....	61
TV2.M9 „Thüringer Schadstufeneinteilung“ .....	61
TV2.M10 Neue Schadstufenklassifizierung).....	61
Arbeitspaket 8: Identifikation der Schaderreger .....	66
TV2.M11 Einzelbaumuntersuchungen an Probestämmen wurden durchgeführt.....	66
TV2.M12 Schaderreger und assoziierte Pilze aus geschädigtem Gewebe betroffener Bäume wurden isoliert/festgestellt und identifiziert; .....	66
TV2.M13 Andere mit der Buchenkalamität assoziierte Schadorganismen (z. B. Läuse, Käfer) wurden identifiziert.....	66
TV2.M14 Risikoeinschätzungen für die einzelnen, pilzlichen Pathogene wurden erstellt.....	66
Arbeitspaket 9: Verjüngung .....	69
TV2.M7 Flächenauswahl .....	69
TV2.M15 Identifikation Endophytengemeinschaften .....	69
TV2.M16 Vergleich Endophytengemeinschaften.....	69
TV2.M17 Raum-Zeit-Analyse.....	69
Arbeitspaket 10: Inokulationsversuche .....	70
TV2.M18 Pathogenitätstests <i>in vivo</i> angesetzt; .....	70
TV2.M19 Pathogenitätstests ausgewertet .....	70
Arbeitspaket 11: Strukturerefassung .....	71
TV2.M6: Initiale Strukturerefassung der Untersuchungsflächen mit Laserscans (vor der Fällung) und Erfassung der Erntebäume im Detail (Einzelbaumarchitektur) .....	71
TV2.M7: Monitoring der Strukturveränderungen auf den Flächen mit Laserscans (jährlich auf Bestandesebene.....	71
Arbeitspaket 12: Erfassung der Bestandesregeneration (Verjüngungsinventur).....	75
TV2. M8: Verjüngungsinventuren abgeschlossen .....	75
Arbeitspaket 13: Erfassung der Konkurrenzsituation der Untersuchungsbäume auf Basis des terrestrischen Laserscannings .....	76
TV2.M9: Erfassung des Konkurrenzdrucks abgeschlossen .....	76
Verwertung 77	
a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen.....	77
b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	77
c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	77
d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....	78
e) Stand der Erreichung der in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Verwertungsoptionen, Forschungsdaten.....	79

2.	Erkenntnisse von Dritten .....	81
3.	Veröffentlichungen .....	81
<b>ANHANG .....</b>		<b>83</b>
Teilvorhaben 1: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die Praxis (TV1 – Praxistransfer)		
83		
1.	Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens .....	83
2.	Bearbeitete Arbeitspakete .....	83
	Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen .....	83
	Arbeitspaket 2: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis.....	83
	Arbeitspaket 3: Wissenstransfer und Kommunikation .....	83
	Arbeitspaket 4: Kohlenstoffbilanzierung .....	83
	Arbeitspaket 5: rechtliche Prüfung .....	84
	Arbeitspaket 6: Projektkoordination .....	84
3.	Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens .....	84
Teilvorhaben 2: Analyse der Schadursachen und Folgeerscheinungen (TV2 – Pathologie) .....		84
1.	Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens .....	84
2.	Bearbeitete Arbeitspakete .....	85
	Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen .....	85
	Arbeitspaket 2: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis.....	85
	Arbeitspaket 3: Wissenstransfer und Kommunikation .....	86
	Arbeitspaket 7: Kausalanalyse der auftretenden Schäden bei Rotbuche.....	86
	Arbeitspaket 8: Identifikation der Schaderreger .....	86
	Arbeitspaket 9: Vitalität und Schaderregerpotential in der Verjüngung .....	86
	Arbeitspaket 10: Endophyten und Pathogene der Buche – Inokulationsversuche in vivo.....	87
3.	Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens .....	87
Teilvorhaben 3: Analyse von Prädispositionsfaktoren, Risiko und waldbauliche Strategien (TV3 – Waldbau) .....		87
1.	Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens .....	87
2.	Bearbeitete Arbeitspakete .....	88
	Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen .....	88
	Arbeitspaket 2: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis.....	88
	Arbeitspaket 3: Wissenstransfer und Kommunikation .....	88
	Arbeitspaket 11: Strukturierung der Untersuchungsflächen mit Laserscans .....	88
	Arbeitspaket 12: Verjüngungsinventur .....	88
	Arbeitspaket 13: Erfassung der Konkurrenzsituation der Untersuchungsbäume .....	88
3.	Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens .....	88
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>90</b>
<b>ANLAGEN .....</b>		<b>94</b>
	Anlage 1: „Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel“ (Abschlusskompendium) .....	94
	Anlage 2: Abschlusskompendium: „Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen“ (Abschlusskompendium) .....	94
	Anlage 3: Dokumentation der Vergabe für die juristische Sachstandsanalyse.....	94
	Anlage 4: Leistungsbeschreibung für den Unterauftrag zur Erstellung der juristischen Sachstandsanalyse .....	94

Anlage 5: Ergebnisbericht „Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadssituation im Wald“ zum Unterauftrag im TV1 (Martin 2024).....	94
Anlage 6: Versuchs- und Monitoring-Flächen von Buche-Akut .....	94
Anlage 7: Harmonisierung forstlicher Standortdaten der beteiligten Bundesländer .....	94
Anlage 8: Projektereignisse .....	98

## Abbildungen

Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets von <b>Buche-Akut</b> in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.....	9
Abbildung 2: Konzeption des Projektes Buche-Akut.....	10
Abbildung 3: Wirkungskette der Buchenvitalitätsschwäche.....	17
Abbildung 4: Wuchsgebiete (Gauer et al., 2012) im Betrachtungsraum von Buche-Akut. Die Färbung verdeutlicht die Buchenwaldfläche innerhalb eines Wuchsgebiets in ha.....	18
Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung der räumlichen Datenaggregation anhand eines Waldstücks an einer Landesgrenze. Oben: Darstellung des Forest Condition Anomaly Index (FCA, Lange et al. 2024, Helmholtz UFZ, Auflösung 20 m). Unten: Definition des Untersuchungsgebiets. Die Waldfläche ist grau dargestellt, die Buchenwaldfläche nach Blickensdörfer et al 2024 grün (Auflösung: 10 m). Plots mit mindestens 50% Buchenanteil (dargestellt als schwarze Quadrate mit 60 m Seitenlänge) wurden mit in die Analysen aufgenommen.....	19
Abbildung 6: Beispielplot (IP04) mit Canopy-Height-Modell (CHM). Die Vergrößerung zeigt die Stammfußkoordinaten der bonitierten Buchen. Die schwarzen Quadrate zeigen die 60 x 60 m Aggregationseinheiten (Plots). Die Vergrößerung links veranschaulicht zum Vergleich die Auflösung des Waldzustandesindex FCA (© Helmholtz UFZ).....	20
Abbildung 7: Mittlere Jahresniederschlags- und Jahrestemperaturwerte mit Standartabweichung aller Plots. Gestrichelte Linien zeigen den Zwei- und Fünf-Jahres rollenden Mittelwert, die horizontale Linie den Langzeitmittelwert 1991-2020. (Datenbasis: © Deutscher Wetterdienst 2024.).....	21
Abbildung 8. Übersicht der Versuchs- und Monitoringflächen die im Rahmen von <b>Buche-Akut</b> durch TV1 ausgewertet wurden. ....	23
Abbildung 9: Boxplots des mittleren Blattverlusts (Sommerbonitur) nach terrestrischer Schadklasse (gutachterliche Einschätzung des Schadzustands des Bestandes). Die Schwellenwerte sind durch dicke gestrichelte Linien gekennzeichnet. Die in den Waldzustandsberichten genutzten Schwellenwerte sind in Rot eingezeichnet. ....	24
Abbildung 10: Boxplots der Median Vitalitätsklasse der Feinaststruktur (Winterbonitur) nach terrestrischer Schadklasse (gutachterliche Einschätzung des Schadzustands des Bestandes). Die Schwellenwerte sind durch dicke gestrichelte Linien gekennzeichnet.....	25
Abbildung 11: Verlauf der FCA-Werte nach Schadklassen mit Standartabweichung. ....	26
Abbildung 12: Verteilung der FCA-Werte der Jahre 2018-2024 nach Schadklassen (auf Basis von Boniturdaten der Jahre 2022 bis 2024). Die Buchstaben weisen auf statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Schadklassen hin. ....	26
Abbildung 13: Anteile erklärten Varianz des FCA im LMM mit Schadklasse als fixem und Plot, Jahr und Saison als zufälligem Effekt.....	27
Abbildung 14: Links: Histogramm der Wahrscheinlichkeiten eines Plots anhand des RF Models in die Klasse „geschädigt“. Rechts: Aufteilung in 3 Schadklassen anhand der Schadwahrscheinlichkeit im RF-Modell. ....	27
Abbildung 15: Geschätzter Flächenanteil (links) und betroffener oberirdischer Kohlenstoff [t] (rechts) mitteldeutsche Buchenwälder nach Bundesland und Wuchsgebiet im Betrachtungsraum von Buche-Akut. ....	30
Abbildung 16: Geschätzter betroffener oberirdischer Kohlenstoff (AGB_carbon) in den Wuchsgebieten innerhalb des Untersuchungsgebiets von <b>Buche-Akut</b> .....	31
Abbildung 17: Wichtigkeit der erklärenden Variablen für den FCA-Wert im linearen gemischten Modell. ....	34
Abbildung 18: Einfluss der erklärenden Variablen auf den FCA-Wert im linearen gemischten Modell. ....	35
Abbildung 19: Verlauf der FCA-Werte und FCA-Änderung über die Jahre 2016 bis 2023 nach Wasserhaushaltstyp (oben) und die Verteilung des FCA-Trends der Jahre 2019 bis 2022 und die Häufigkeit der jeweiligen Wasserhaushaltstufen (unten). ....	36
Abbildung 20: Verlauf der FCA-Werte und FCA-Änderung über die Jahre 2016-2023 nach Substratgruppen(oben). Und die Verteilung der FCA-Werte der Jahre 2019 bis 2022 und Häufigkeit der jeweiligen Substratgruppe (unten).....	36
Abbildung 21: Verlauf der FCA-Werte und FCA-Änderung über die Jahre 2016 bis 2023 nach Substratgruppen(oben) und die Verteilung des FCA-Trends der Jahre 2019 bis 2022 und Häufigkeit der jeweiligen Hanglageklassen (unten).....	37
Abbildung 22: Wichtigkeit der erklärenden Variablen für die FCA- Änderung im linearen gemischten Modell. ....	38
Abbildung 23: Einfluss der erklärenden Variablen auf die FCA-Änderung im linearen gemischten Modell. ...	38

Abbildung 24: Varianzaufklärung für den FCA-Wert (links) und die FCA-Änderung über die Jahre 2018-22 im gemischten linearen Modell. ....	39
Abbildung 25: Strukturkomplexitätsverlust (Delta Db) zwischen 2023 und 2024 über der Bewirtschaftungsintensität. SMI: silvicultural management intensity indicator. ....	41
Abbildung 26: Systematische Beprobung des asymptomatischen Gewebes gefällter Probestämme. 1 = Basale Stammscheibe, 2 = Stammscheibe in Höhe des Brusthöhendurchmessers (1,30 m), 3 = Kronenansatz, 4 = Drei Starkäste, 5 = 8 Triebspitzen aus der Lichtkrone. Die Grafik wurde erstellt von Victoria Tropf. ....	42
Abbildung 27: Konzept zur Entwicklung von waldbaulichen Entscheidungshilfen und Handlungsoptionen auf Grundlage der Ergebnisse von <b>Buche-Akut</b> und einem unmittelbaren Wissensaustausch mit den Landesforstbetrieben Hessen-Forst, Niedersächsische Landesforsten, ThüringenForst und Sachsen-Anhalt. ....	43
Abbildung 28: Entscheidungsbaum, der zu den konkreten Handlungsoptionen für die waldbaulichen Behandlung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel führt. ....	44
Abbildung 29: Antworten auf die Frage „Welche Medien und Kommunikationswege würden Sie bevorzugen, um über die Aktivitäten und Ergebnisse des Forschungsprojektes und allgemein zum Thema Buchenkalamitäten und zukünftige Bewirtschaftung der Buche informiert zu werden, um ggf. ihre eigenen Fragen und Anliegen einzubringen?“ ....	48
Abbildung 30: Screenshot der „Eingangsseite“ zum „Wissenstransfer-Blog“ (Stand: September 2025). ....	49
Abbildung 31: Screenshot des Bereichs Nachrichten innerhalb des Wissenstransfer-Seiten (Stand: September 2025). ....	50
Abbildung 32: Screenshot des Instagram-Accounts „@BucheAkut“ (18.09.2025) ....	51
Abbildung 33: Screenshot der Pressemeldung zur Veröffentlichung des Radio-Podcasts in der digitalen Ausgabe der AFZ (Allgemeine Forst- und Jagdzeitung; <a href="https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2024-12/aktuell-bund-lander/006_neuer-podcast-bucheakut">https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2024-12/aktuell-bund-lander/006_neuer-podcast-bucheakut</a> ) ....	52
Abbildung 34: Nutzerstatistik des Radio-Podcast (bereitgestellt von LetsCast). ....	53
Abbildung 35: Für die Fortbildungsveranstaltungen entwickeltes Poster zum Themenkomplex Verkehrssicherungspflicht. ....	59
Abbildung 37: Kernflächen des Buche-Akut-Projekts. Eingerichtete Kernflächen in Hessen, Niedersachsen und Thüringen mit einer Größe von 50 m x 50 m. Grün = ungeschädigt; gelb = leicht geschädigt; orange = stark geschädigt; rot = bestandsbedrohend. Sachsen-Anhalt wurde aufgrund des Forschungsdesigns bei der Auswahl der Kernflächen nicht berücksichtigt. ....	62
Abbildung 38: Hessische Kernflächen (K1 – K8). Blattverlust der Altbuchen nach der Methodik der Waldzustandserhebung 2022: n = 237; 2023: n = 235; 2024: n = 235. Klassifiziert als „ungeschädigt“: K6, K7; „leicht geschädigt“: K1, K8; „stark geschädigt“: K4, K5; Bestandsbedrohend“: K2; K3. ....	63
Abbildung 39: Niedersächsische Kernflächen (K9 – K16). Bonitierter Blattverlust der Altbuchen nach der Methodik der Waldzustandserhebung. 2022: n = 294; 2023: n = 293; 2024: n = 292. Klassifiziert als „ungeschädigt“: K15, K16; „leicht geschädigt“: K12, K14; „stark geschädigt“: K11, K13; „Bestandsbedrohend“: K9; K10. ....	63
Abbildung 40: Thüringer Kernflächen (K17 – K24). Bonitierter Blattverlust der Altbuchen nach der Methodik der Waldzustandserhebung. 2022: n = 359; 2023: n = 354; 2024: n = 351. Klassifiziert als „ungeschädigt“: K18, K23; „leicht geschädigt“: K17, K21; „stark geschädigt“: K19, K20; „Bestandsbedrohend“: K22; K24. ...	64
Abbildung 41: Ergebnis der Schadbonitur 2022 über alle Kernflächen. Schadursache bzw. Nachweis von potentiellen Schädlingen am Stamm, nicht spezifiziert nach Schadensintensität. n = 218. ....	65
Abbildung 42: Schematische Darstellung der Buchenvitalitätsschwäche verändert nach dem Modell der „Decline Disease Spiral“ Manion (1981). ....	65
Abbildung 43: Anzahl der endophytischen Morphotypen aus den verschiedenen Ordnungen der Ascomycota (farbig dargestellt) und der Basidiomycota (schraffiert), aufgeschlüsselt nach dem Versuchsbaum, aus dem sie isoliert wurden. „Ascomycota spp.“ fasst Morphotypen der Ascomycota zusammen, die keiner Ordnung zugeordnet werden konnten. Die zugehörigen Schadstufen sind unter jedem Versuchsbaum aufgeführt. Veröffentlicht in Tropf et al. (2025a). ....	67
Abbildung 44: Anzahl der Morphotypen (nur Ascomycota), aufgeschlüsselt nach Baumkompartimenten in Morphotypen, die ausschließlich aus dem Stamm (blau), ausschließlich aus den Ästen (grün) oder ausschließlich aus den Zweigen (rot) isoliert wurden, sowie alle möglichen Überschneidungen. Veröffentlicht in Tropf et al. (2025a). ....	67
Abbildung 45: Holzabbauvermögen von von <i>Biscogniauxia nummularia</i> . Visualisierung des relativen Masseverlusts verursacht durch verschiedene Stämme (BW1-2, HE1-2, NI1-2 und ST1) in Form von Boxplots. Der jeweilige Median ist dargestellt (horizontale schwarze Linie in der Box). Prüfkörper, die über sechs Wochen inkubiert wurden, sind orange dargestellt, solche mit einer Inkubationszeit von neun Wochen in Blau. Control wurde ohne Pilzbefall inkubiert. n = 13 pro Gruppe, mit Ausnahme der Kontrollgruppe (neun Wochen, n = 10) und NI2 (neun Wochen, n = 12). Veröffentlicht in Tropf et al. (2025b). ....	69
Abbildung 46: Beziehung zwischen der Anzahl der Isolate von <i>Biscogniauxia nummularia</i> aus dem Altbaum und der Anzahl der Isolate aus der darunter stockenden Verjüngung je Kernfläche (I-XIII). Die Modellierung der Beziehung erfolgte mittels Poisson-Regression, die 95%-Konfidenzintervalle sind als schattierte Fläche dargestellt. Tropf et al. unveröffentlicht. ....	70

Abbildung 47: Mittelwertplot des Strukturverlustes (Delta Db) über die unterschiedlichen Schadstufenklassen 1-4). Db steht für box-dimension und ist ein Maß für die strukturelle Komplexität von Wäldern. ....72

Abbildung 48: Exemplarische Darstellung einer Buche der ersten Vitalitätsklasse (links) und der schlechtesten Vitalitätsklasse (rechts) und des jeweiligen QSM-Modells. Aus der Projektpublikation: Heidenreich et al. 2024. ....72

Abbildung 49: Links: Längenverhältnis zwischen fein und Grobästen (x-Achse) in unterschiedlichen Höhen am Baum (y-Achse) für gesunde (n=55) und geschädigte Bäume (n=57). Hauptunterschiede sind im oberen Bereich der Kronen deutlich. Rechts: Aufsummierte Länge der Feinäste pro Meter Kronenlänge für die ungeschädigten oder leicht geschädigten (n=61) Buchen (1) und mittel oder stark geschädigten (n=60) Buchen (2) mit signifikantem Unterschied der Mittelwerte. Es sind aber auch deutliche Überlappungsbereiche erkennbar.....73

Abbildung 50: Auszug Masterarbeit Jagemann (2024). ....74

Abbildung 51: Box-Whisker-Plot der Anzahl Bäume pro Hektar (n/ha) mit einer Höhe von mehr als 100 cm zwischen den vier Schädigungsklassen und den untersuchten Baumarten. Die untersuchten Baumarten wurden zusammengefasst zu Buche (*Fagus sylvatica* L.), Eiche (*Quercus rubra* L., *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L., *Acer campestre* L., *Acer platanoides* L.), and andere Baumarten (*Abies alba* Mill., *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Castanea sativa* Mill., *Larix decidua* Mill., *Picea abies* (L.) H.Karst., *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L., *Prunus padus* L., *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Taxus baccata* L., *Tilia spec.*, *Ulmus glabra* Huds.). Unterschiedliche Kleinbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Baumarten hin, unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede zwischen den Schädigungsklassen bei  $p < 0.05$  (nichtparametrischer Kruskal-Wallis-Test mit Bonferroni-Korrektur). .....75

## Tabellen

Tabelle 1: Arbeitspakete (AP) und Meilensteine (M) der Teilvorhaben (TV) des Verbundprojekts. Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die Meilensteine je AP und jeweils involviertem TV, wie schon in den Zwischenberichten, in einer Gesamttabelle zusammengefasst. ....13

Tabelle 2: Zusammenfassung der Validierung der aggregierten Baumartenkarte (Blickensdörfer et al., 2024). ....24

Tabelle 3: Räumliche Verteilungsmuster und Auswirkung auf den Kohlenstoffspeicher der Schäden in Rotbuchenwäldern Mitteldeutschlands während der Trockenjahre 2018-2022 nach Bundesländern und Wuchsgebieten. Ergebnisse der Schadklassifikation auf Basis von terrestrischen Schadbonituren auf 150 Flächen und dem EO-Waldzustandsindex FCA.....32

Tabelle 4: Übersicht der wichtigsten prädisponierenden Faktoren für das Auftreten von Schäden in Buchenwäldern durch Trockenheit und Hitze (Menge et al. unver.) .....40

Tabelle 5: Charakterisierung der Standortsrisikoklassen für das Auftreten von Schäden durch Trockenheit und Hitze in Buchenwäldern. Die Klassen stellen eine starke Vereinfachung der Ergebnisse der satellitengestützten Risikoanalyse des Projektes dar, die helfen soll, in der Praxis das Risiko eines konkreten Standortes abzuschätzen. Für die Einordnung in eine Klasse sollten mindestens 2-3 Standorteigenschaften zutreffen.....44

Tabelle 6: Übersicht der Komponenten bzw. Wege des Wissenstransfers in Buche-Akut, ihre primären Zielgruppen und Inhalte.....46

Tabelle 7: Übersicht der Ausgangsdaten .....95

Tabelle 8: Einordnung der Nährkraftstufen der vier Bundesländer in harmonisierte Trophiestufen\* .....95

Tabelle 9: Einordnung der Wasserhaushaltsinformationen der vier Bundesländer in harmonisierte Wasserhaushaltsstufen\* 96

Tabelle 10: Wissenstransfer im Rahmen wissenschaftlicher Veranstaltungen.....98

Tabelle 11: Wissenstransfer im Rahmen praxisorientierter Veranstaltungen .....100

Tabelle 13: Interne Projekttreffen zu Koordination und Planung.....105

Tabelle 14: Dienstreisen.....108

# I. Kurzbericht

## 1. Aufgabenstellung

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) gilt in weiten Teilen Mitteleuropas als Schlüsselbaumart, zeigt jedoch seit den Dürre- und Hitzesommern ab 2018 deutlich verstärkte Vitalitätsprobleme bis hin zu regional gehäuftem Absterben – besonders in älteren Beständen. Vor dem Hintergrund des voranschreitenden Klimawandels werden Extremwetterlagen wie langanhaltende Trockenheit, extreme Hitze und veränderte Niederschlagsmuster wahrscheinlicher, wodurch die Buche mancherorts an die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit stoßen könnte (Leuschner, 2020; Leuschner et al., 2023; Martinez del Castillo et al., 2022; Seidl et al., 2017; Weigel et al., 2023).

Im Verbundvorhaben Buche-Akut untersuchten Forschende des Forstlichen Forschungs- und Kompetenzzentrums Gotha (Referat Klimafolgen, Forschung und Versuchswesen), der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (Sachgebiet Mykologie und Komplexerkrankungen), und der Georg-August-Universität Göttingen (Abteilung Räumliche Strukturen und Digitalisierung von Wäldern) das Ausmaß und mögliche Ursachen der Buchenkalamitäten in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Die Projektpartner forschten dabei auf unterschiedlichen Skalenebenen: Von der Pathologie des Einzelbaums, über die Waldstruktur und Bewirtschaftungshistorie des Bestandes, bis hin zum überregionalen Einfluss des Wetters, der Topographie, und des Bodens über den Zeitraum der Dürreperiode 2018 bis 2024.

Die Ziele des Verbundvorhabens mit seinen drei Teilvorhaben waren:

- 1) das Schadgeschehen im Zusammenhang mit der Buchenkalamität am Beispiel unterschiedlich bewirtschafteter Bestände in Thüringen, Sachsen-Anhalt, Hessen und Niedersachsen zu untersuchen und dabei standörtliche Prädispositionen (Boden, Klima, Exposition) sowie Zusammenhänge zur bisherigen waldbaulichen Bestandesbehandlung und zum Baum- bzw. Bestandesalter als mögliche Gründe für das Auftreten massiver Absterbeerscheinungen bei der Buche zu prüfen,
- 2) die Schadensmerkmale an den Bäumen und den zeitlichen Verlauf der Buchenkalamität auch in Abgrenzung zu anderen Krankheits- und Schadverläufen in Buchenwäldern unter Berücksichtigung phytopathogener und klimatischer Faktoren zu definieren und zu beschreiben,
- 3) die wesentlichen Auswirkungen der Buchenkalamität für die folgenden Bereiche zu untersuchen:
  - (a) Konsequenzen für die weitere Bestandesbehandlung der geschädigten Bestände, insbesondere mit Blick auf die Verjüngung sowie
  - (b) Auswirkungen auf die mittelfristige Kohlenstoffspeicherung in geschädigten Buchenwäldern einschließlich der künftigen Holzerntemengen,
- 4) praxisorientierte Handlungsstrategien und Empfehlungen für die zukünftige Bewirtschaftung, Sanierung bzw. Neubegründung von Rotbuchenbeständen unter veränderten klimatischen Bedingungen zu entwickeln und diese, im Rahmen eines umfassenden Wissenstransfers, in die forstliche Praxis (Hauptzielgruppe Waldeigentümer, Forstbetriebe und Waldbewirtschaftende), mit Hilfe verschiedener Kommunikationsstrategien, zu überführen.

Das Untersuchungsgebiet von **Buche-Akut** (Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets von **Buche-Akut** in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Abbildung 1) umfasste die gesamte Buchenwaldfläche in den Hügelland- und Mittelgebirgslagen der Bundesländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Auf 24 Kern- (VIP = „*Very Intensive Plots*“) und 16 Nebenflächen (IP= „*Intensive Plots*“) von je 2500 m<sup>2</sup> (50 m Seitenlänge), wurden zwischen 2022 und 2025 wiederholt Daten zur Vitalität und Waldstruktur von Buchenbeständen erhoben und ausgewertet.

### Übersichtskarte Buche-Akut

- VIPs (N=24)
- IPs (N=16)
- SPs (N=172)
- ▲ ICP Forest Level-II (N=13)
- + ICP Forest Level-I (N=367)

▭ Landesgrenzen

■ Hauptuntersuchungsgebiet

Datenpunkte Buchenwald (60m x 60m)

■ (N = 1681167)

Waldfläche (Blickensdörfer et al 2023)

■

Author: Joscha H. Menge  
Date of Production: 20.12.2024

Waldfläche Deutschland (Baumartenklassifikation):  
Blickensdörfer L, Oehmichen K, Pflugmacher D, Kleinschmit B,  
Hostert P, (2022). Dominant tree species for Germany (2017/2018)  
[Datenpublikation] [online]. Version 1.0, 1 Rasterdatei (tif).  
Eberswalde: Thünen-Institut für Waldökosysteme,  
DOI:10.3220/DATA20221214084846  
Background map: ESRI Light Grey

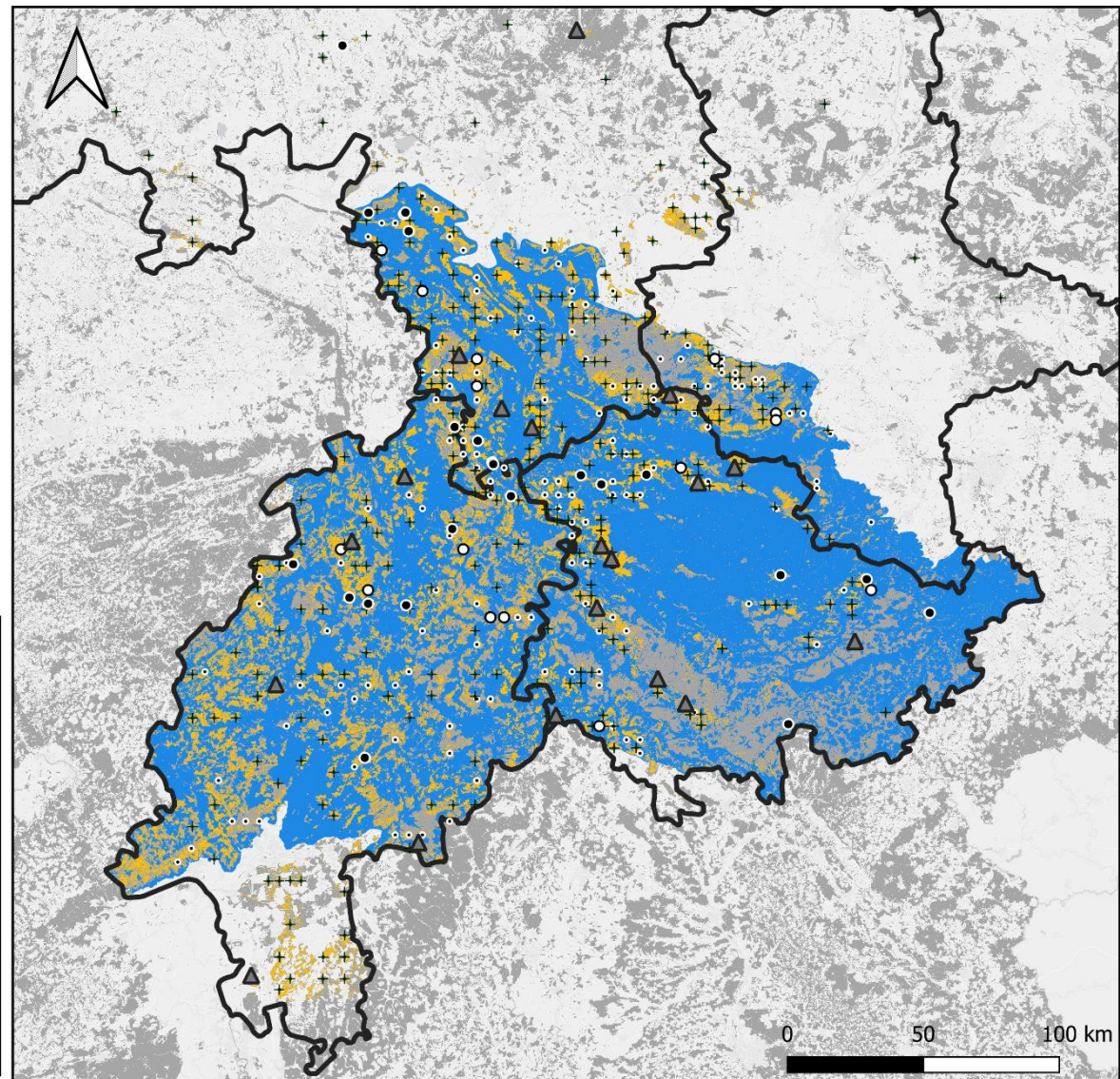
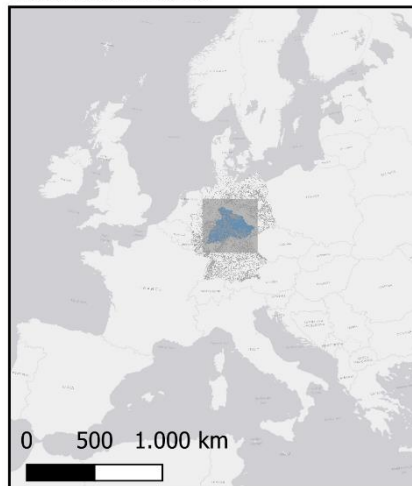


Abbildung 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets von **Buche-Akut** in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

Die Aufnahmen erfolgten mittels Waldinventurverfahren, phytopathologischen Untersuchungen und mobilem Laserscanning. Letztere dienen zur Erzeugung von 3D Abbildern aller Untersuchungsflächen und zur Erfassung der Waldstruktur über die Schadstufen hinweg und auf Basis objektiver Waldstrukturindizes. Außerdem konnten durch wiederholte Messungen Veränderungen der Waldstruktur analysiert werden, die bereits innerhalb eines Jahres eingetreten waren. Eine detaillierte 3D Modellierung der Einzelbäume erlaubte außerdem eine vollautomatische und objektive Beschreibung der Einzelbaumvitalität über die Muster der Feinstverteilung.

Die Pilzgemeinschaften wurden an unterschiedlich stark geschädigten Altbuchen untersucht, wobei sowohl asymptomatisches als auch symptomatisches Gewebe berücksichtigt wurde. Kultivierte Pilze wurden genetisch bestimmt und hinsichtlich möglicher Zusammenhänge zwischen Pilzvorkommen, Baumvitalität und Herkunft analysiert.

Zusätzlich wurden Verjüngungsinventuren durchgeführt, um die zukünftige Bestandesentwicklung und Regeneration einschätzen zu können. Um vergangene Nutzungen mit in die Analysen einfließen zu lassen, wurde der Index der waldbaulichen Bewirtschaftungsintensität (SMI) für alle Flächen errechnet.

Eine Stichprobeninventur mit Vitalitätsansprache an 172 systematisch-randomisiert ausgewählten Stichprobenkreisen (SP = „Stichprobe“, Größe je Kreis: 500 m<sup>2</sup>), diente der Validierung eines satellitengestützten Waldzustandsindikators, dem Forest Condition Anomaly Index (FCA: Lange et al., (2024), siehe auch Abbildung 1 und Anlage 2: Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen (Abschlusskompendium), sowie Anlage 6: Versuchs- und Monitoring-Flächen von Buche-Akut).

Der FCA ermöglichte, kombiniert mit einer bundesweiten Baumartenkarte (Blickensdörfer et al., 2024), eine flächendeckende Einschätzung der Schadsituation in allen Buchenwäldern des Untersuchungsgebiets. Mit zusätzlichen Informationen zur Waldstruktur aus länderweiten, flugzeugbasierten Laserscans (ALS) konnten darauf aufbauend Schätzungen zur Auswirkung des Schadgeschehens auf den Kohlenstoffhaushalt mitteldeutscher Rotbuchenwälder erstellt werden. Weitere Geodaten zu Standorteigenschaften und Wetter wurden zur Identifizierung der wichtigsten prädisponierenden Faktoren für die trockenheitsbedingte Buchenvitalitätsschwäche genutzt.

Zentraler Bestandteil des Verbundvorhabens war außerdem der wechselseitige Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis (u. a. durch Praxisseminare, Exkursionen, Revierleiterbefragungen, Fachgespräche mit Vertreterinnen und Vertretern der beteiligten Forstbetriebe), mit dem Ziel, evidenz-basierte und praxisnahe Handlungsempfehlungen für den Erhalt und die Bewirtschaftung mitteldeutscher Rotbuchenwäldern im Klimawandel zu entwickeln (Abbildung 2). Die Ziele, Methoden und Ergebnisse des Projektes sowie die Handlungsempfehlungen wurden über verschiedene Formate zeitnah und zielgruppenorientiert in die Praxis und die Öffentlichkeit vermittelt (z. B. durch Praxisseminare, Exkursionen, Tagungsbeiträge, Radio- und Video-Podcasts, Internetseite).

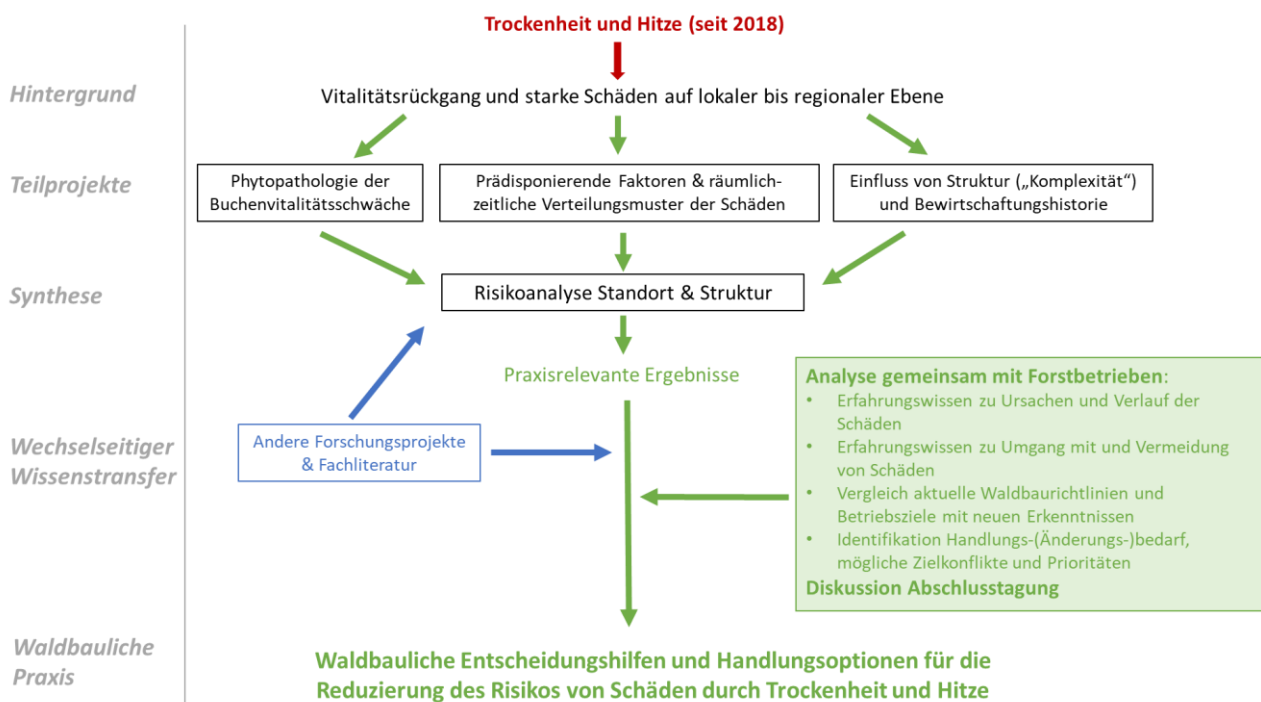


Abbildung 2: Konzeption des Projektes Buche-Akut

## 2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt **Buche-Akut** startete im Dezember 2021, wobei die Stelle des Projektkoordinators im TV1 (Joscha Menge) zu diesem Zeitpunkt noch nicht besetzt war (die Einstellung erfolgte erst zum 01.04.2022). Trotzdem fand bereits im Januar 2022 die erste Einführungssekkursion, organisiert durch TV2, mit Projekt- und Praxispartnern statt. Erste Flächenbereisungen, sowie eine Vorauswahl geeigneter Versuchsflächen starteten ebenfalls schon im Frühjahr 2022.

Mit Besetzung der Projektkoordinationsstelle wurden dann zunächst Datennutzungsvereinbarungen zwischen dem FFK-Gotha, der NW-FVA und den beteiligten Landesbetrieben geschlossen, wodurch alle wichtigen Informationen aus der Forsteinrichtung zu den Buchenbeständen im Untersuchungsgebiet zusammengetragen werden konnten. Die Realisierung dieser Arbeit stützte sich insbesondere auf die direkte Zugehörigkeit des FFK Gotha zu ThüringenForst mit seinen 24 Forstämtern sowie auf die hervorragende Kooperation mit den Landesforstbetrieben von Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt.

Aus dem Gesamtdatensatz der Buchenbestände wurde eine Vorauswahl an Beständen getroffen. Die Auswahlkriterien waren: (a) repräsentative Verteilung über den gesamten Betrachtungsraum, und (b) Verfügbarkeit von umfassenden Informationen zu Standort und Bewirtschaftungshistorie, die sowohl für die spezifische Analyse des Bewirtschaftungseinflusses als auch die Untersuchungen des TV2 – Pathologie geeignet waren.

Die Bereisung, Auswahl und Einrichtung von letztlich 24 geeigneten VIPs entlang eines Schädigungsgradienten (einschließlich Einmessung und phytopathologischer Bonitur) erfolgte im Laufe des Sommers 2022 durch TV1 und TV2. Die Waldstruktur aller 24 VIPs wurde erstmalig im Sommer 2022 und wiederholt im Winter 2022/23 durch TV3 mittels mobilem Laserscanning erfasst.

Mit dem Auftaktworkshop "Aktuelle Forschungsprojekte zur Vitalität und Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel" am 11.05.22 in der NW-FVA Göttingen begannen gleich am Anfang des Projektes die ersten Aktivitäten zum kontinuierlichen Wissenstransfer. Diese wurden bis zum Ende des Projekts über zahlreiche Veranstaltungen und Formate fortgeführt (siehe Tabelle 10 und Tabelle 11 in Anlage 8: Projekt ereignisse).

Da die Meilensteine von AP1 (räumliche und zeitliche Analysen) und AP4 (Kohlenstoffbilanzierung) inhaltlich und methodisch aufeinander aufbauen (GIS-basiert), wurde bereits in der Anfangsphase des Projekts beschlossen, dass der Meilenstein M1 von TV3 („Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt“), von TV1 bearbeitet wird. TV3 hat dafür Aufgaben aus dem AP3 (Praxistransfer) übernommen.

Das AP2 zum Verteilungsmuster der Kalamität war ein zentrales Arbeitspaket des Gesamtvorhabens und wurde gemeinsam mit allen Projektpartnern bearbeitet. Innerhalb dieses AP2 konzentrierte sich das Teilvorhaben 3 auf die Berechnung des Bewirtschaftungsintensitätsindex. Ursprünglich war hier der ForMi nach Kahl und Bauhus (2014) vorgesehen. Verwendet wurde im Projekt aber der SMI nach Schall und Ammer (2013) aufgrund der weniger umfangreichen Eingangsdaten. TV1 lieferte die dafür erforderlichen Grundlagendaten zu den Standortparametern. Die Bewirtschaftungs- bzw. Nutzungsdaten aus der Vergangenheit (als Orientierung: 20 Jahre rückblickend) wurden durch Abfragen bei den Landesbetrieben und Forstämtern recherchiert. Die früheren und die aktuellen Bewirtschaftungsrichtlinien der einzelnen Landesbetriebe wurden hinsichtlich der Eingriffsintensitäten und -rhythmen für Buchenbestände analysiert.

Die ersten Probebäume wurden bereits im Winter 2022/2023 mit terrestrischen Laserscans erfasst und anschließend gefällt, um durch TV2 im Labor untersucht zu werden. Hierbei wurden bekannte Zeiger der Vitalität in den Beständen ebenso analysiert (z.B. Kronendichte) wie neue Indizes, die im Rahmen des Projektes auf ihre Eignung zur Vitalitätsansprache getestet wurden, wie zum Beispiel die Box-dimension der Gesamtbestände oder ausgewählter Individuen. Die detaillierten Strukturinformationen der ausgewählten Untersuchungsbäume wurden in Kooperation mit allen Teilprojekten den pathologischen Untersuchungen gegenübergestellt, um etwaige Zusammenhänge abzuleiten zwischen dem äußeren Erscheinungsbild, erfasst durch das Laserscanning, und dem Befall durch schädigende Mikroorganismen. In einem weiteren Arbeitspaket widmete sich das TV3 einer messdatengestützten Quantifizierung des Vitalitätszustandes der untersuchten Buchenwälder, um eine objektive „Überwachung“ des Absterbeprozesses einzelner Bäume oder Bestandesteile zu ermöglichen. Ziel dabei war es, morphologische Veränderungen über die Zeit und in Folge eines trockenstressbedingten Vitalitätsverlustes zu erfassen und in eine solide Datenbasis zur Einschätzung des Schadbildes an anderen Standorten zu überführen.

In TV3 wurde zudem auf Basis einer Verjüngungsinventur untersucht, in welchem Umfang sich die Bestandesregeneration vollzieht und welche Baumarten sich dabei als konkurrenzstark erweisen. Dazu wurden im Zentrum jeder Fläche an 16 Gitternetzpunkten auf 4 m<sup>2</sup> großen Probequadraten die Verjüngung nach Baumart und Höhenklasse erfasst. Anders als ursprünglich geplant, haben wir dabei nicht alle Verjüngungspflanzen (Höhe < 25 cm – 200 cm) aufgenommen, sondern nur etablierte Pflanzen (Höhe >100 cm, Durchmesser kleiner 7 cm). Da die Buche die Verjüngung dominierte, wurde auch von den ursprünglich geplanten Folgeaufnahmen abgesehen.

Gleichzeitig fand eine Stichprobeninventur und Bonitur an 172 systematisch ausgewählten Koordinaten (5 km x 5 km Raster im gesamten Betrachtungsraum) durch TV1 statt, welche zur Validierung der Fernerkundungsbasierten Analysen genutzt wurde (siehe AP1.M1-M2).

Neben Wiederholungsaufnahmen auf allen VIPs durch TV1 und TV2 wurden im Sommer 2023 noch weitere 16 IPs (*intensive plots*) durch TV1 und TV3 eingemessen und bonitiert. Im Winter 2023/24 erfolgten ein mobiler Scan der IPs und von 6 Level-II Flächen sowie Wiederholungen der Scans und Bonituren auf den VIPs. Letztere wurden auch in den Jahren 2024 und 2025 durch TV2 sowohl im Sommer als auch im Winter bonitiert. Die letzten Baumfällungen und Scans fanden im Winter 2024 statt. Anschließend wurden die Ergebnisse ausgewertet, verschriftlicht und teilweise auch schon publiziert.

In der Endphase des Projektes, im Frühjahr und Sommer 2025, lag der Fokus auf der Konsolidierung der Ergebnisse zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis. Dazu fand eine umfassende Einbindung und gegenseitiger Wissenstransfer zwischen den Projektpartnern und den beteiligten Landesforstbetrieben sowie weiteren Akteuren statt. Die wichtigsten Ergebnisse und Handlungsempfehlungen wurden in der Broschüre „Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel“ zusammengefasst. Die Broschüre (im Projektantrag als „Abschlusskompendium“ bezeichnet) befand sich zum Zeitpunkt der Erstellung des Abschlussberichts in der Vorbereitung zum Druck und soll zeitnah an Waldbesitzende und -interessierte ausgegeben werden. Zudem wurden die Ergebnisse und Empfehlungen aus dem Projekt im Rahmen des umfassenden Wissenstransfer (Radio-Podcast, Internetseite und Abschlusstagung, siehe AP3) in die Öffentlichkeit kommuniziert und bleiben auch nach Projektende verfügbar.

Seit Ende des TV3 (kürzere Laufzeit!) hat sich Prof. Seidel als verbleibendes Teilprojektmitglied nach dem Ausscheiden der Projektmitarbeiter insbesondere dem Wissenstransfer (Podcast-Aufnahmen, s. AP3) und der Unterstützung der anderen TPs bei der Umsetzung der Abschlusstagung und der Erstellung der Handlungsempfehlungen gewidmet.

Die Zusammenarbeit im Projekt war geprägt durch regelmäßige Treffen (organisiert durch TV1), teils gemeinsame Datenerhebungen sowie die Organisation und Durchführung verschiedenster Veranstaltungen zum Wissenstransfer. Der enge Austausch zwischen den Projektpartnern hat dabei wesentlich zum Erfolg des Projekts beigetragen.

Aus dem Projekt **Buche-Akut** sind darüber hinaus zwei Promotionsarbeiten entstanden:

- Joscha Hendrik Menge (TV1) promoviert zum Thema „*Spatio-temporal patterns and predisposing factors of drought-related vitality decline and mortality in European beech (Fagus Sylvatica) forests of Central Germany*“ (betreut durch Prof. Dr. Christian Ammer, Abteilung Waldbau und Waldökologie der gemäßigten Zonen an der Universität Göttingen, Abschluss geplant in 2026)
- Jan-Sören Tropf (TV2) hat am 10.11.2025 mit *magna cum laude* (Note 1,0) zum Thema „Fungi associated with Vitality loss of beech, with emphasis on the warmth-loving ascomycete *Biscogniauxia nummularia*“ promoviert (betreut durch Prof. Dr. Ewald Langer, Fachbereich Ökologie, Universität Kassel).

Für eine ausführliche tabellarische Darstellung aller wichtigen Aktivitäten der Projektpartner und Ereignisse über den gesamten Berichtszeitraum siehe Tabelle 12 und Tabelle 13 in Anlage 8: Projekt ereignisse.

### 3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse

#### a) Arbeitspakete und Meilensteine

Tabelle 1: Arbeitspakete (AP) und Meilensteine (M) der Teilvorhaben (TV) des Verbundprojekts. Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die Meilensteine je AP und jeweils involviertem TV, wie schon in den Zwischenberichten, in einer Gesamttabelle zusammengefasst.

Arbeits-pakete (AP)	TV	Meilensteine	Bearbeitungsstand	2022	2023	2024	2025
<b>1: Räumliche &amp; zeitliche Analyse</b>	1	<b>TV1.M1:</b> Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt	Abgeschlossen.		X		
	1 (3)	<b>TV1(3).M1:</b> Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt	Abgeschlossen. Die Verantwortlichkeit für alle GIS-basierten Analysen (Meilensteine <b>TV1.M1, TV1.M2, TV3.M1</b> und <b>AP 4</b> ) personell bei <b>PP1</b> gebündelt.		X		
	1	<b>TV1.M2:</b> Verteilungsmuster für das Schädgeschehen im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens auf Basis von Klima und Bodenparametern erstellt	Abgeschlossen. Publikation ist in Vorbereitung.			X	
	3	<b>TV3.M2:</b> Bewirtschaftungsintensität	Abgeschlossen und in Publikation einbezogen.		X		
	2	<b>TV2.M1:</b> Koordination Baumfällungen & Probenahme	Abgeschlossen und in Publikation einbezogen.			X	
	2	<b>TV2.M2:</b> Unterstützung der Aufnahmen durch PP 1 und 3	Ist erfolgt.			X	
2	<b>TV2.M3:</b> Raum-Zeit-Analyse abgeschlossen	Ist erfolgt.			X		
<b>2: Handlungsempfehlungen</b>	1,2,3	<b>TV1.M3, TV2.M4., TV3.M3:</b> Praxisorientierte Handlungsstrategien	Abgeschlossen. Siehe Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium) und Anlage 2: Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen (Abschlusskompendium)				X





## b) Zusammenfassung

- Hauptursache der Buchenvitalitätsschwäche bzw. der starken Schäden in Buchenwäldern seit 2018 sind die extreme und wiederholte Trockenheit und Hitze, die sehr wahrscheinlich eine Folge des laufenden Klimawandels sind.
- Trockenheit und Hitze stehen in einem engen funktionalen Zusammenhang mit der Vitalität eines Baumes und der Schädigung durch bestimmte Pilze und Insekten, d. h. konkret: Trockenheit und Hitze (1) schädigen die Bäume direkt, (2) reduzieren die Abwehrkräfte der Bäume gegenüber Schädlingen, und (3) fördern schädliche Pilze und Insekten. Unter Schädlingen bzw. Schaderregern werden hier Organismen verstanden, die die Vitalität einzelner Bäume oder ganzer Bestände beeinträchtigen. Dadurch können Wachstum, Stabilität und Nutzungswert vermindert werden, was den forstwirtschaftlichen Zielen entgegensteht.
- Die räumlich-zeitlichen Analysen der Schäden in Buchenwäldern Mitteldeutschlands erfolgten anhand des Sentinel-2-basierten Forest Condition Anomaly Index (FCA: Lange et al 2024). Eine speziell für die Buchenwälder im Untersuchungsgebiet parametrisierte Schadklassifizierung auf Basis von terrestrischen Bonituren, ALS-Daten und FCA-Zeitreihen ergab, dass ca. 13% der Buchenwaldfläche bis 2024 deutliche Schäden aufwies (Schadklasse bestandsbedrohend: mehr als 60% Blattverlust). Dies entspricht ca. 11% des oberirdischen Kohlenstoffs (AGB\_carbon). Es ist davon auszugehen, dass diese Bäume, wenngleich sie teilweise noch nicht abgestorben sind, nicht mehr zur Wertholzernte nutzbar sind.
- Die wichtigsten prädisponierenden Faktoren bzw. Einflussfaktoren sind in der Reihenfolge ihrer Bedeutung:
  1. Standort: besonders gefährdet sind Standorte, die schon bei dem bisherigen bzw. aktuellen Klima für die Buche ungünstig waren bzw. sind: niederschlagsarm und/oder bodenwasserarm, sonnenexponiert, flachgründig, extrem wechselfeuchte, staunasse oder grundwasserbeeinflusste Böden,
  2. Baumalter: je älter desto gefährdeter
  3. waldbauliche Eingriffe, die zu einer plötzlichen Freistellung der Bäume in älteren, bislang dicht geschlossenen Beständen und damit zu einer drastischen Änderung der Umweltbedingungen führen.
- Die Schäden nahmen in den Folgejahren (2019-2024) der Kalamität 2018 in den meisten untersuchten Buchenbeständen weiterhin zu, was wahrscheinlich eine Folge der durch Trockenheit und Hitze ausgelösten, komplexen und anhaltenden physiologischen Prozesse im Baum und der neuen, witterungsbedingten Dynamik der Schaderreger ist.
- In stark geschädigten Altbeständen kam es zu einer "strukturellen Umkehr", d. h., wenn in einem Altbestand bereits Verjüngung vorhanden war, konnte diese die abnehmende Konkurrenz der geschädigten Altbäume um Wasser und Licht nutzen und stärker wachsen als vor 2018. Dadurch befindet sich 2024 der wesentliche Teil der Strukturvielfalt (gemessen in Box-Dimension) nicht mehr im Kronenbereich der Altbäume, sondern weiter unten im Bereich der jüngeren, nachwachsenden Bäume.
- *Biscogniauxia nummularia* und *Neonectria coccinea* sind Schlüsselpathogene im Schadgeschehen der Buchenvitalitätsschwäche. Beide sind auch in gesunden Bäumen in Mitteldeutschland vorhanden. Eindämmungsversuche dieser potentiellen Schaderreger durch Sanitärhiebe, wie sie beispielsweise für den Buchenprachtkäfer diskutiert werden, wären daher wirkungslos.
- Hinsichtlich der Ursachen und Folgen der aktuellen Buchenkalamität in Mitteldeutschland lässt sich zusammenfassend sagen, dass sie sowohl direkt durch die extreme Trockenheit und Hitze 2018/2019 angetrieben wurde als auch indirekt über die Buchenvitalitätsschwäche (Übersicht der Wirkungsketten siehe Abbildung 3).
- Klimawandelbedingte Veränderungen im Wald mit dem Ausfall von Bäumen und Baumgruppen sowie einer Zunahme von Totholz zählen im Hinblick auf Fragen der Verkehrssicherungspflicht zu den walddtypischen Gefahren; der Klimawandel führt nicht zu einer Ausweitung der Verkehrssicherungspflicht, gleichwohl aufgrund häufigerer Witterungsextreme und Schadereignisse zu einem höheren Arbeitsaufwand für Waldeigentümerinnen und -eigentümer und Forstbetriebe.

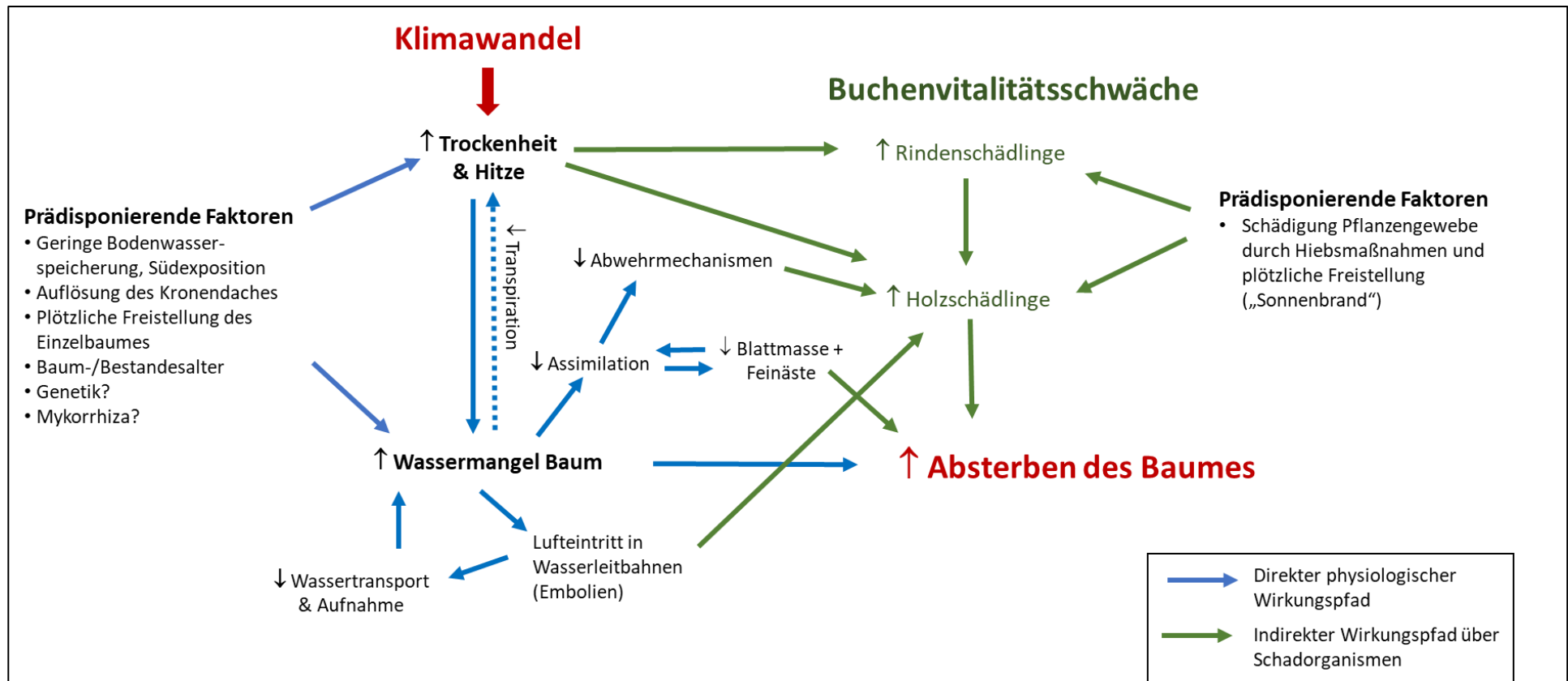


Abbildung 3: Wirkungskette der Buchenvitalitätsschwäche.

## II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

### 1. Erzielte Ergebnisse

Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitspakete und Beiträge (Meilensteine) der jeweiligen TV dargestellt.

#### Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen

Die dargestellten Forschungsergebnisse aus AP1 und AP4 sind Teil einer laufenden Forschungsarbeit (Menge et al, unveröffentlicht), welche zeitnah in einem internationalen wissenschaftlichen Journal publiziert werden sollen.

#### TV1.M1: Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt

Die Methoden und Ergebnisse zur Erreichung dieses Meilensteins bilden ebenfalls die Grundlage von AP4 (Kohlenstoffbilanzierung). Daher gelten die nachfolgenden Ausführungen auch für die Meilensteine aus AP4:

„**TV1.M6:** Methodik zur Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalamitätsereignissen erstellt“ und „**TV1.M7:** Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalkulation von Senken-/Quelleneffekten infolge von Kalamitäten abgeschlossen“

Das Untersuchungsgebiet von **Buche-Akut** umfasste annähernd die gesamte Buchenwaldfläche in den Hügelland- und Mittelgebirgslagen der Bundesländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (© BKG 2025: NUTS-Gebiete). Dabei wurden die in Abbildung 4 dargestellten Wuchsgebiete innerhalb der vier Bundesländer betrachtet (Gauer et al., 2012).

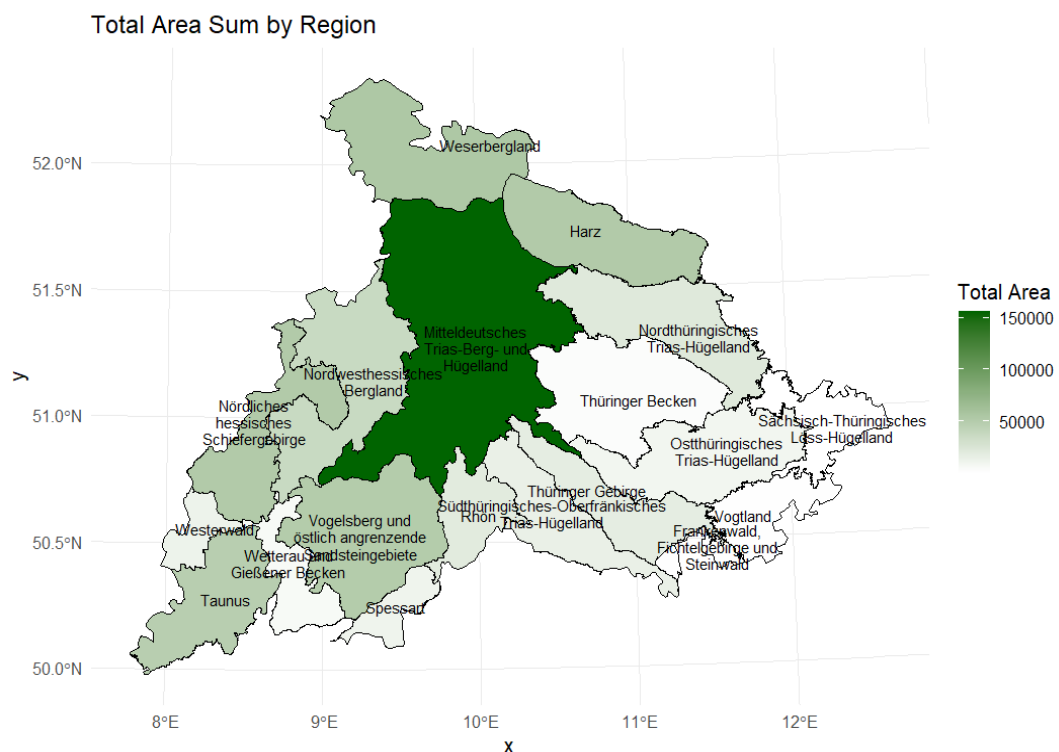


Abbildung 4: Wuchsgebiete (Gauer et al., 2012) im Betrachtungsraum von Buche-Akut. Die Färbung gibt die Buchenwaldfläche innerhalb eines Wuchsgebiets in Hektar (ha) wieder.

Die Buchenwaldfläche wurde durch eine Baumartenkarte von Blickensdörfer et al. (2024) definiert, die auf Satellitendaten (Sentinel 1 und 2) und Bundeswaldinventurdaten basiert (Rasterdatei mit 10 m Auflösung). Alle Geo-Daten (die in jeweils unterschiedlichen Auflösungen und Formaten vorlagen) wurden auf räumliche Einheiten (Plots) von 60 m x 60 m aggregiert; demselben Raster wie die Baumartenkarte. Ein Plot wurde nur dann mit in die Analysen aufgenommen, wenn mindestens 50% der 3600 m<sup>2</sup> Waldfläche laut Baumartenkarte als Rotbuche klassifiziert waren. Mit insgesamt 1.681.167 Plots ergab sich daraus eine Gesamtfläche von ca. 6052 km<sup>2</sup>. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** veranschaulicht die Definition der Betrachtungseinheiten (Plots). Tendenziell unterschätzt dieser Ansatz die tatsächliche Gesamtfläche der Buchenwälder aufgrund der größeren Auflösung.

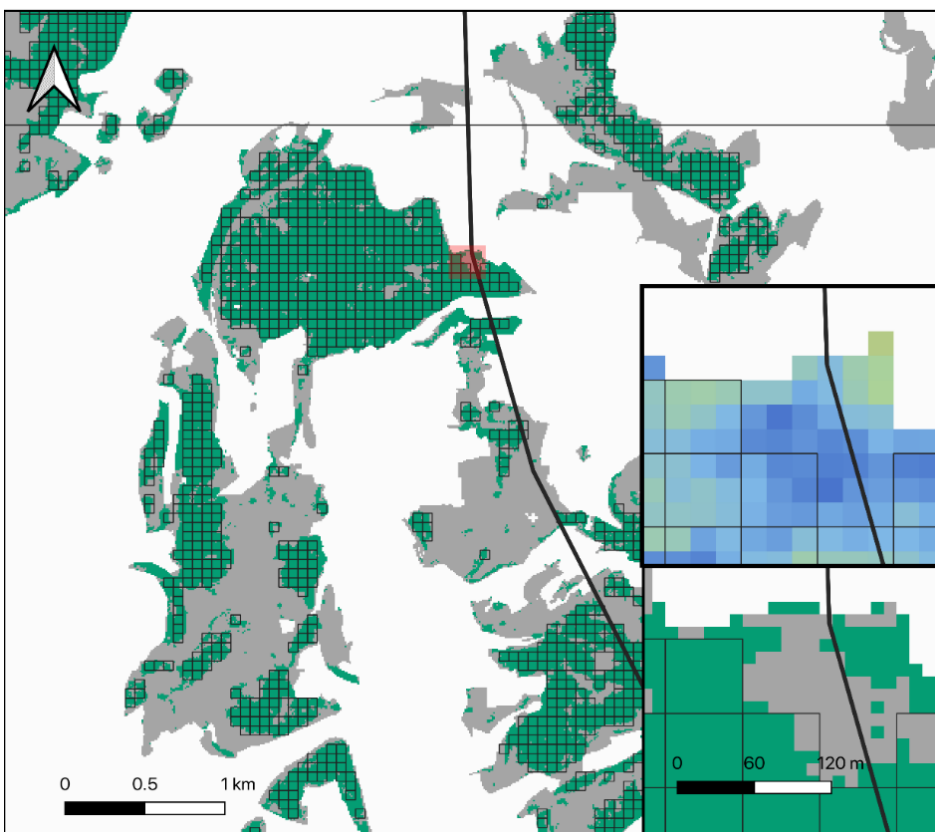
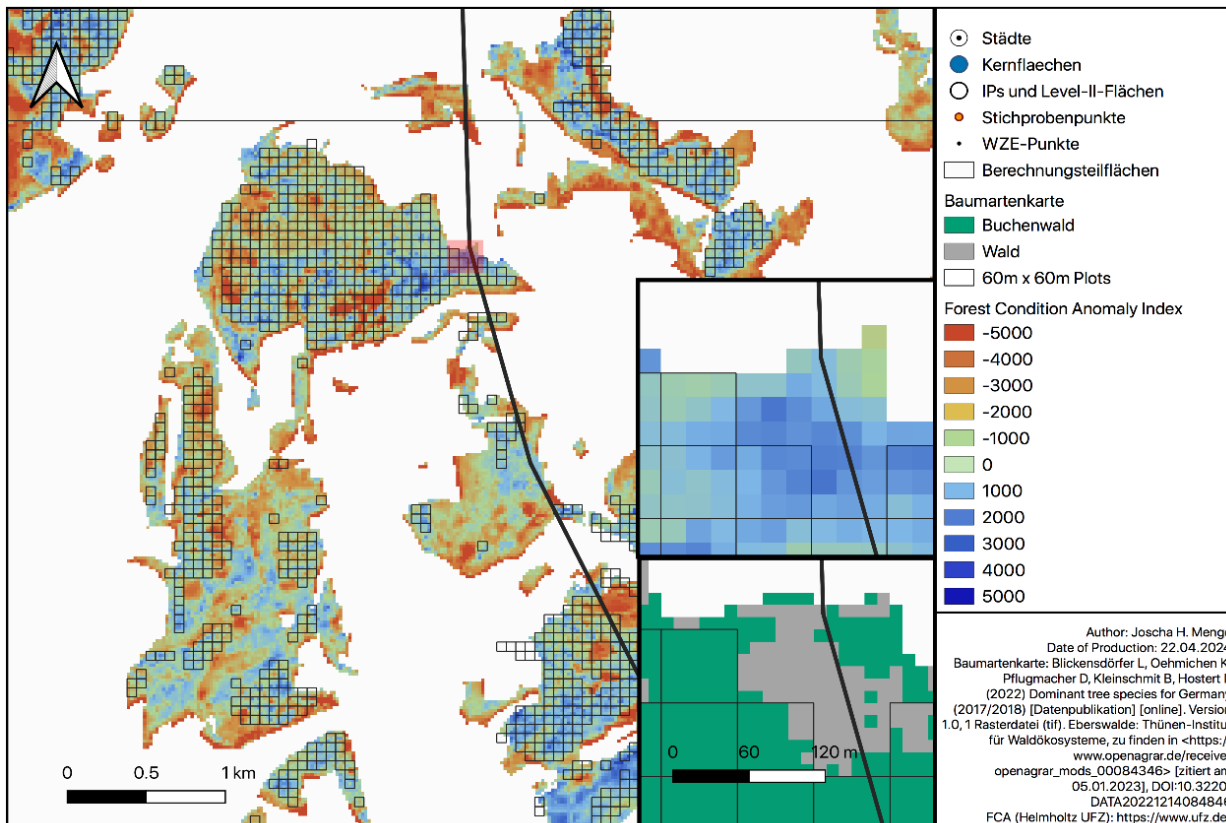


Abbildung 5: Beispielhafte Darstellung der räumlichen Datenaggregation anhand eines Waldstücks an einer Landesgrenze. Oben: Darstellung des Forest Condition Anomaly Index (FCA, Lange et al. 2024, Helmholtz UFZ, Auflösung 20 m). Unten: Definition des Untersuchungsgebiets. Die Waldfläche ist grau dargestellt, die Buchenwaldfläche nach Blickensdörfer et al. 2024 grün (Auflösung: 10 m). Plots mit mindestens 50% Buchenanteil (dargestellt als schwarze Quadrate mit 60 m Seitenlänge) wurden in die Analysen aufgenommen.

TV1 ist es außerdem erstmalig gelungen, länderübergreifend flächendeckende Daten zur Topographie und Waldstruktur aus flugzeugbasierten Laserscans aller vier Bundesländer zusammenzutragen (ALS: © GeoBasis-DE/ BKG 2025 / Hessisches Landesamt für Naturschutz Umwelt und Geologie 2025 / GDI-Th 2025/ LGLN 2025 / LVerGeo 2025). Die ALS Daten wurden über die Geodatenplattform RSDB prozessiert (Wöllauer et al., 2021), wobei die ALS Punktwolken in Digitale Oberflächen-, Gelände- und Canopy-Height-Modelle (DOM, DGM und CHM: Rasterdateien mit 1 m Auflösung) überführt und anschließend ebenfalls auf die 3600 m<sup>2</sup> Plots aggregiert wurden. Prozessierung, Harmonisierung und Auswertung aller Geodaten erfolgten dann über R.Studio (R core team 2025). Auf Basis des CHM und unter Verwendung einer allometrischen Funktion der mittleren Oberhöhe des Bestandes (Getzin et al., 2017; Wöllauer et al., 2021) konnte auch der Kohlenstoffanteil der oberirdischen Biomasse (Above Ground Biomass: AGB\_carbon) geschätzt werden. Abbildung 6 zeigt das CHM und den FCA eines stark geschädigten Plots (IP04, im vergrößerten Kartenausschnitt).

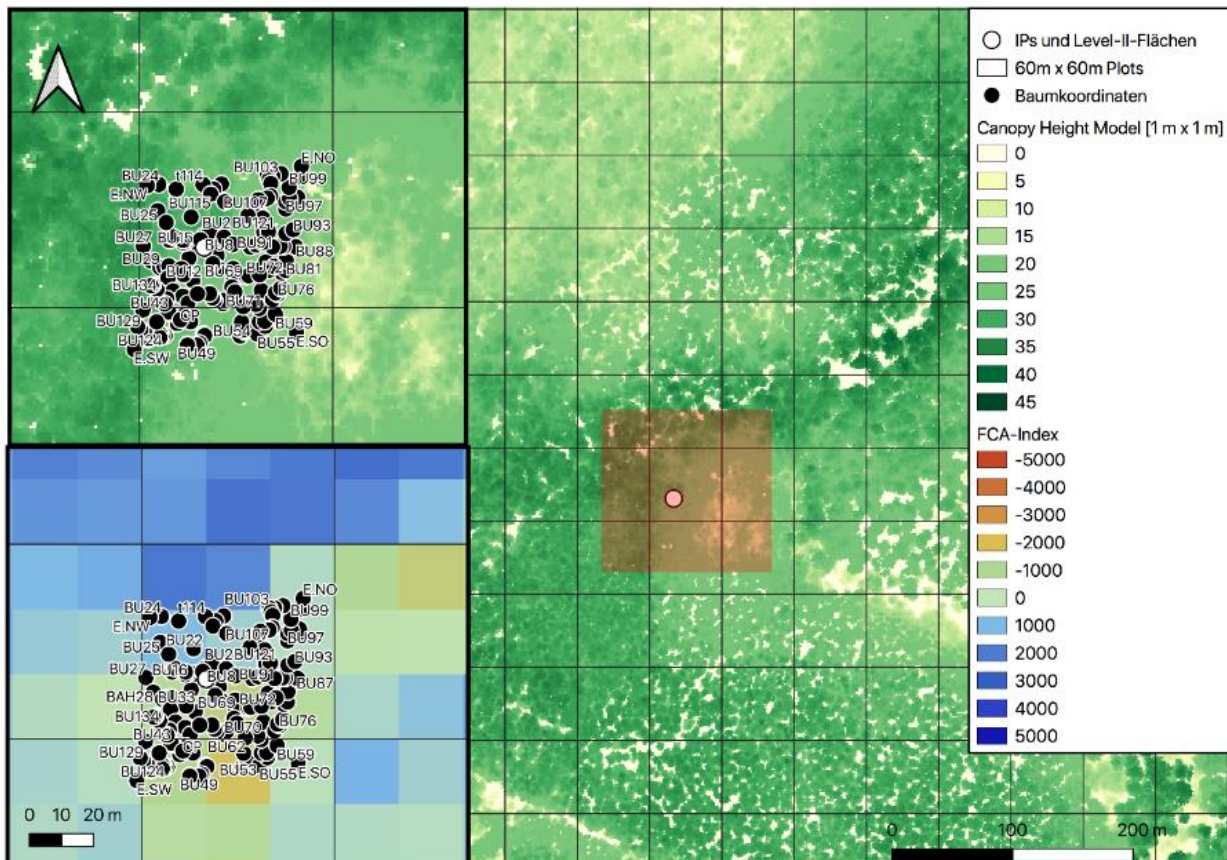


Abbildung 6: Beispielplot (IP04) mit Canopy-Height-Modell (CHM). Die Vergrößerung zeigt die Stammfußkoordinaten der bonitierten Buchen. Die schwarzen Quadrate zeigen die 60 x 60 m Aggregationseinheiten (Plots). Die Vergrößerung links veranschaulicht zum Vergleich die Auflösung des Waldzustandsindex FCA (© Helmholtz UFZ).

Außerdem wurden jedem Plot regionalisierte Wetterdaten (Temperatur, Niederschlag und daraus abgeleitete Parameter) zugeordnet, die mit 1 km Auflösung vorlagen (© Deutscher Wetterdienst 2024.). Hierbei wurden sowohl verschiedene zeitliche Aggregate (von saisonal bis jährlich) der Jahre 2013-2024 ausgewertet als auch Langzeitwerte (30-jährige Mittel). Um sogenannte Legacy-Effekte (zeitlich verzögerte Auswirkungen) des Wetters abzubilden, wurden zusätzlich rollende Mittelwerte für jeden Wetterparameter von jeweils 2 und 5 Jahren berechnet. Abbildung 7 zeigt den zeitlichen Verlauf von Niederschlag und Temperatur aller Plots im Untersuchungsgebiet. Über den 10-jährigen Betrachtungszeitraum wird deutlich, dass die Jahresmitteltemperaturen (mit Ausnahme von 2021) deutlich über, und die Jahresniederschläge (besonders von 2018 bis 2022) deutlich unter dem 30-jährigen Mittelwert lagen.

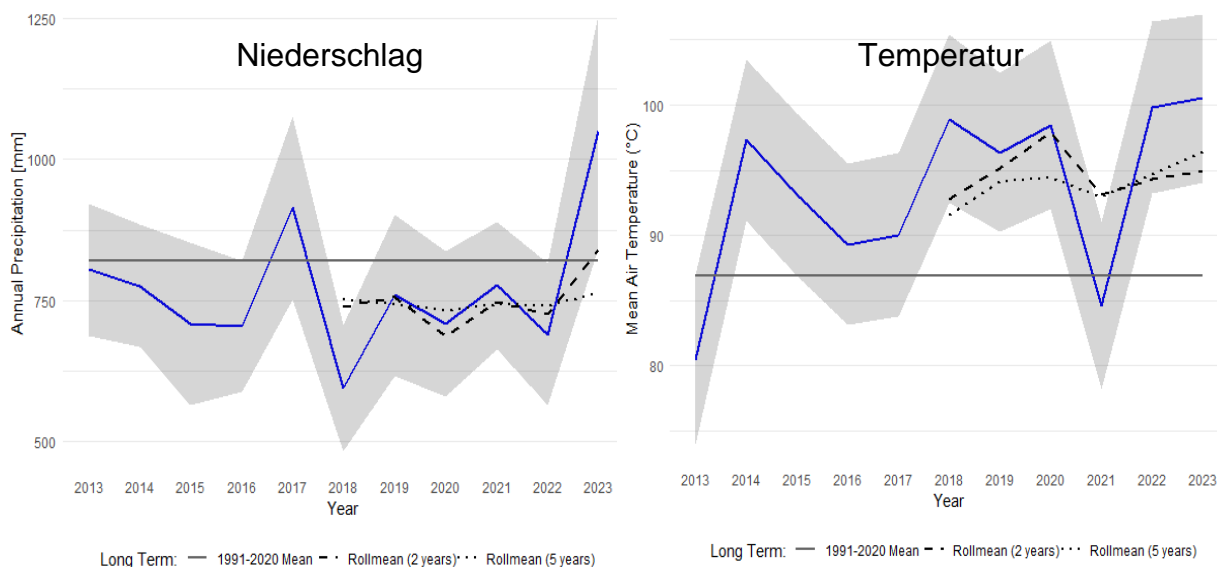


Abbildung 7: Mittlere Jahresniederschlags- und Jahrestemperaturwerte mit Standardabweichung aller Plots. Gestrichelte Linien zeigen den Zwei- und Fünf-Jahres rollenden Mittelwert, die horizontale Linie den Langzeitmittelwert 1991-2020. (Datenbasis: © Deutscher Wetterdienst 2024.)

Die forstliche Standortskartierung der Landesbetriebe wurde dem Projekt, über die jeweils zuständigen Referate der NW-FVA und des FFK Gotha, zur Verfügung gestellt. Sie enthält Informationen zu Substrat, Nährkraftstufe (Trophie), Wasserhaushaltstyp und -stufe sowie (für Teilgebiete) zur nutzbaren Feldkapazität des Bodens (Benning et al., 2020; Putzenlechner et al., 2023; Schmidt et al., 2015). Diese Informationen lagen dem Projekt für Thüringen flächendeckend, für Sachsen-Anhalt, Hessen und Niedersachsen jedoch nur für den Staatswald vor (dabei jeweils für die gemäß der Forsteinrichtung mit Buchen bestockte Fläche). Einem Plot wurde dabei die Information des Standortspolygons mit dem größten Flächenanteil innerhalb der 3600 m<sup>2</sup> zugeordnet.

Ein erheblicher Mehraufwand entstand durch die Notwendigkeit der Harmonisierung der Kartierungssystematiken und Nomenklaturen der Länder. Dies konnte jedoch in Zusammenarbeit mit dem Projekt Multi-Risk-Suite im 3. Quartal 2023 anhand eines eigens dafür entwickelten Schlüssels erreicht werden (siehe Anlage 7: Harmonisierung forstlicher Standortdaten der beteiligten Bundesländer). Die harmonisierte Standortskartierung war eine wichtige, praxisnahe Informationsquelle, um die Standortverhältnisse, die das Auftreten von Schäden in Buchenwäldern durch Trockenheit und Hitze in den Dürre Jahren 2018 bis 2022 begünstigten, zu identifizieren (prädisponierende Faktoren).

### TV1(3).M1: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt.

Dieser Meilenstein wurde, statt wie im Antrag für TV3 geplant, von TV1 übernommen, da er auch die Grundlage von TV1.M6: Methodik zur Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalamitätsereignissen erstellt“ aus Arbeitspaket 4: Kohlenstoffbilanzierung“ bildet. Die hier dargestellten Methoden und Ergebnisse gelten daher auch für AP4.

Um die Verteilungsmuster der dürrebedingten Buchenkalamitäten zu analysieren, wurde der räumlich-zeitlich explizite „Forest Condition Anomaly Index“ des Helmholtz UFZ als satellitenbasiertes Maß für den Waldzustand verwendet (Lange et al., 2024). Rasterdaten des FCA lagen dem Projekt mit einer Auflösung von 20 m für die Jahre 2016 bis 2023 vor, mit jeweils einem Wert für Frühjahr, Sommer und Herbst (siehe vergrößerten Kartenausschnitt in Abbildung 6).

Der FCA basiert auf spektralen Anomalien der Baumkronenreflexion, die über Sentinel2-Satellitendaten ermittelt werden. Der FCA gibt die Abweichungen vom langjährigen Mittelwert der typischen Phänologiekurve einer Baumart zu einem Zeitpunkt an. Die Baumart wird dabei ebenfalls durch die Baumartenkarte von Blickensdörfer et al. (2024) definiert. Der FCA-Wert ist somit ein Schätzmaß für den aktuellen Waldzustand: Ein positiver FCA-Wert deutet darauf hin, dass dieses Waldstück „vitaler“ ist als der Durchschnitt aller Waldstücke dieser Baumart in derselben Wuchsregion. Ein negativer FCA-Wert deutet hingegen auf eine negative Abweichung vom Durchschnitt hin. Der FCA wurde ebenfalls auf die Plots mit 60 m Seitenlänge

aggregiert. Als numerischer Index der zwischen -1 und 1 skaliert ist, bietet der FCA den Vorteil auch graduelle Unterschiede und zeitliche Veränderungen über die gesamte Waldfläche analysierbar zu machen.

Obwohl es inzwischen verschiedene satellitendatenbasierte (sog. *Earth Observation*: EO-)Ansätze zur Beschreibung des Waldzustands gibt (Rodríguez Paulino et al., 2024), ist es nach unserem Kenntnisstand bislang noch nicht gelungen, kleinräumig signifikante Zusammenhänge zwischen terrestrischen Vitalitätseinschätzungen von Einzelbäumen, wie sie z.B. im europaweiten Waldzustandsmonitoring erhoben werden (ICP-Forest/Waldzustandserhebung Lorenz, 1995), mit EO-Auswertungen zur Vitalität von Laubmischwäldern nachzuweisen (Xu et al., 2025; Pause et al., 2016). Dies hat verschiedene Gründe: Optische Satellitensensoren erfassen Unterschiede in der Oberflächen- (bzw. Baumkronen-)reflektanz. Diese resultieren insbesondere aus Unterschieden im Wasser- oder Chlorophyllgehalt eines Waldstücks (z.B. bei Trockenstress). Daher bedingen auch waldstrukturelle Faktoren und die Sichtbarkeit von nicht-pflanzlichen Oberflächen (z.B. Wegen, Felsen, Rohboden) den FCA-Wert. Auch Einflüsse von Beschattung durch Wolken, Berge o.Ä. können nicht ausgeschlossen werden.

Der Vorteil von EO-Ansätzen zum Monitoring von Wäldern besteht jedoch darin, dass kontinuierlich (im Falle von Sentinel2 ca. alle fünf Tage) Aufnahmen desselben Waldstücks gemacht werden, wodurch Veränderungen über die Zeit (und Gesamtfläche) detektierbar werden. Änderungen im FCA-Wert können jedoch unterschiedliche Ursachen haben: Im Falle der durch Trockenheit und Hitze ausgelösten Buchenvitalitätsschwäche z.B. durch weniger Transpiration, Blattverlust, Vergilbung oder Absterben ganzer Kronenpartien oder Bäume. Gleichzeitig kann aber auch die Entnahme von Einzelbäumen, Spätfrost, Windwurf oder Blattfraß durch Insekten die Ursache von FCA-Änderungen sein. Dies erschwert die zuverlässige Detektion von Waldschäden und deren Ursachen, insbesondere in mehrschichtigen (Buchen-) Laubmischwäldern. Die Forschungsergebnisse aus **Buche-Akut** zum Krankheitsverlauf der Buchenvitalitätsschwäche (TV2) und zur Entwicklung der Strukturkomplexität (TV 3) zeigen zudem, dass Schäden durch Trockenheit und Hitze eher graduell entstehen und typischerweise nicht durch rasche, flächige Änderungen im Waldbild gekennzeichnet sind, wie es zum Beispiel bei Borkenkäferkalamitäten in Fichtenmonokulturen der Fall ist.

Hinzu kommen andere mögliche Fehlerquellen, bspw. durch räumliche Aggregation oder GNSS-Ungenauigkeiten oder eine fehlerhafte Baumartenklassifikation. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, deckt ein 20 m FCA-Pixel ohnehin schon mehrere Baumindividuen ab. Durch die Aggregation der FCA-Daten von 20 m auf 60 m Seitenlänge sind kleinräumige Unterschiede in der Vitalität einzelner Bäume nicht mehr detektierbar. Stattdessen wird hier eher die Vitalität des gesamten Bestandes (innerhalb der 60 m x 60 m) erfasst. Außerdem spielt der Zeitpunkt der Bonitur (bzw. die zeitliche Aggregation der FCA-Werte) eine Rolle, da bspw. das Signal eines absterbenden Oberstands relativ schnell durch die dadurch begünstigte Naturverjüngung überlagert werden kann. Um während der Anfangsphase der Trockenperiode 2018-2020 terrestrische Daten zu erheben, ist das Projekt leider etwas zu spät gestartet. Die meisten untersuchten Bestände waren zum Zeitpunkt der ersten Bonitur bereits deutlich geschädigt und hatten zum Teil schon deutliche Strukturveränderungen durchlaufen.

Vor diesem Hintergrund erfolgte im Rahmen von Buche-Akut eine umfassende Validierung („*groundtruthing*“) der verwendeten EO-Produkte (Baumartenkarte und FCA, Blickensdörfer et al., 2024; Lange et al., 2024). Grundlage dieser Validierung war eine systematische Stichprobeninventur in Kombination mit einer Bonitur der Rotbuchen. Zur Festlegung der Stichprobenpunkte wurde ein Raster mit 5 km Seitenlänge über das gesamte Untersuchungsgebiet gelegt. Wenn an einem Stichprobenpunkt laut Forsteinrichtung Buchen im Oberstand vorhanden sein sollten, wurde der Punkt aufgenommen. Von den sich daraus ergebenden 186 möglichen Stichprobenpunkten (SPs) wurden 172 im Winter 2023 durch TV1 erfasst (jeweils alle Bäume mit BHD > 7cm auf 500m<sup>2</sup> Stichprobenkreisen). Aus den SPs wurden 16 geeignete Flächen (IPs) für zusätzliche Messungen ausgewählt. Auf den IPs erfolgten zudem noch eine weitere Winter- und zwei Sommerbonituren in 2023 und 2024 durch TV1, sowie mobile Laserscans im Sommer 2023 durch TV3. Letzteres fand im Rahmen einer Projektarbeit der Masterstudentin Lilith Ickrath statt, die diese Daten auch für Ihre Masterarbeit verwenden wird (Abgabe geplant im Frühjahr 2026).

Die Winterbonitur erfolgte auf Basis der Feinaststruktur in der Lichtkrone nach sieben Schadstufen, die Sommerbonitur auf Basis des Blattverlusts (siehe Anlage 2: Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen (Abschlusskompendium), die von TV 2 erstellt wurde). Die Stichprobeninventur wurde im Winter durchgeführt, um möglichst hohe GNSS-Genauigkeit bei der Lokalisierung der Stichprobenpunkte zu ermöglichen. Die genaue Georeferenzierung war für den Abgleich mit den EO-Daten zwingend notwendig. Im belaubten Zustand kann es teilweise zu großen GNSS-Abweichungen kommen. Obwohl die WZE-Bonitur-Methode auf eine größtmögliche Objektivierung bei der visuellen Beurteilung der Baumkronen ausgelegt ist, ist ein sog. *Observer-Bias* durch (Fehl-)Einschätzungen der Aufnahmeteams nicht ausgeschlossen. Die Boniturteams von TV1 und TV2 nahmen daher gemeinsam an mehreren Schulungen zur Boniturmethodik der WZE teil und haben sich bei verschiedenen gemeinsamen Bonituren immer wieder gegenseitig abgeglichen (siehe Tabelle 13: Dienstreisen in Anlage 8: Projektberichte).

Das *groundtruthing* war auch deshalb notwendig, weil die 24 Kernflächen (VIPs) von Buche-Akut keine ausreichend große Stichprobe darstellten, um Rückschlüsse auf die gesamte Buchenwaldfläche Mitteldeutschlands zu ermöglichen. Dies war jedoch eine Voraussetzung zur Erreichung von AP1 und AP4. Außerdem wurden die VIPs auf Basis von phytopathologisch-experimentellen Überlegungen (nur Altbestände unterschiedlicher Schädigungsgrade siehe TV2.M7 Flächenauswahl) und daher nicht randomisiert ausgewählt. Auch die Boniturdaten der Waldzustandserhebung (sog. Level-I-Fläche) sind, aufgrund ihres Plot-Designs und fehlender bzw. ungenauer Georeferenzierung der bonitierten Bäume, nur bedingt für das *groundtruthing* von EO-basierten Waldzustands-Indikatoren wie dem FCA nutzbar (Xu et al., 2025).

Zusätzlich zu den projekteigenen Flächen flossen aber Boniturdaten aus 13 Level-II-Flächen des europaweiten forstlichen Umweltmonitorings (ICP-Forest) mit in die Validierung ein. Die Boniturdaten wurden dem Projekt ebenfalls durch die zuständigen Abteilungen bzw. Referaten der NW-FVA und des FFK-Gotha zur Verfügung gestellt. Somit gingen Informationen zum Kronenzustand (Blattverlust bzw. Schadklasse der Feinaststruktur der Krone) von insgesamt 16354 Bäumen auf 212 Flächen in die Auswertungen mit ein (VIPs, IPs, Level-II und SPs, siehe Abbildung 8).

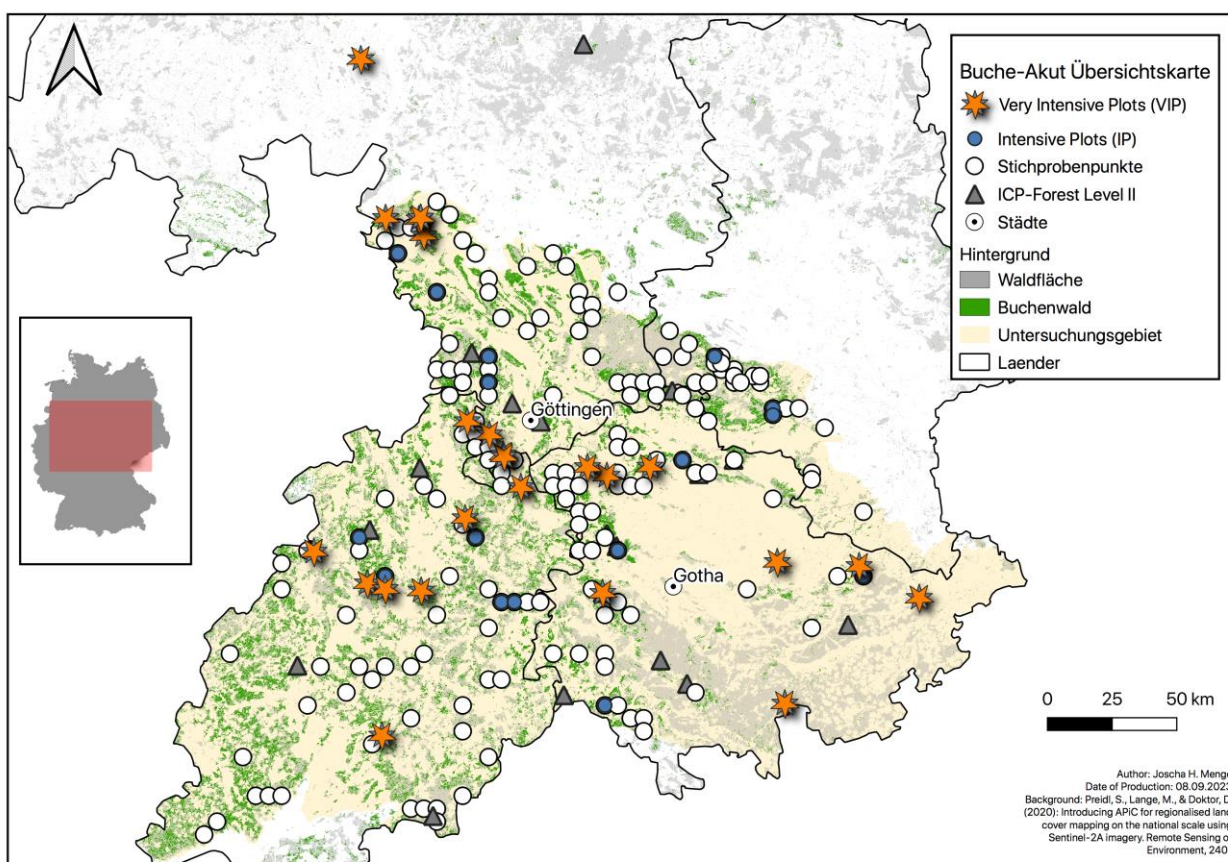


Abbildung 8. Übersicht der Versuchs- und Monitoringflächen, die im Rahmen von **Buche-Akut** durch TV1 ausgewertet wurden.

Von den 212 Plots enthielten 22 keine Buchen (was auf lokale Ungenauigkeiten der Forsteinrichtung hindeutet). Dies wurde durch die aggregierte Baumartenkarte in 13 Fällen korrekt erfasst (True Negatives). Auf den restlichen 190 Plots stockten Buchen, was in 163 Fällen korrekt erfasst wurde (True Positives). Dies entspricht einer Gesamtgenauigkeit (*user-Accuracy*) der aggregierten Baumartenkarte von 78,6%. Tabelle 2 fasst die wichtigsten Parameter der Baumartenkartenvalidierung zusammen.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Validierung der aggregierten Baumartenkarte (Blickensdörfer et al., 2024).

Kennzahl	Formel / Bedeutung	Wert
True Positives (TP)	correctly predicted present	152
True Negatives (TN)	correctly predicted absent	13
False Positives (FP)	model says present, actually absent	9
False Negatives (FN)	model says absent, actually present	36
Sensitivity (Recall)	$TP / (TP + FN)$	0.809
Specificity	$TN / (TN + FP)$	0.591
Precision (PPV)	$TP / (TP + FP)$	0.944
Negative Predictive Value (NPV)	$TN / (TN + FN)$	0.265
F1-Score	$2 \times TP / (2 \times TP + FP + FN)$	0.871
User Accuracy	$(TP + TN) / \text{Gesamt}$	0.786
Balanced Accuracy	$(\text{Sensitivity} + \text{Specificity})/2$	0.700
Prevalence	Anteil present in Referenzdaten	0.895

Anhand der Boniturergebnisse wurden alle 150 korrekt erfassten Flächen (True Positives) in vier Schadklassen eingeteilt:

- Gesund (N=38)
- Leicht geschädigt (N=54)
- Stark geschädigt (N=41)
- Bestandsbedrohend (N=19)

Die Schadklassifizierung erfolgte - unter Verwendung der unterschiedlichen Bonitur-Methoden im Winter und Sommer - auf Grundlage von drei verschiedenen Vitalitätseinschätzungen der Flächen:

- Der mittlere Blattverlust (in %) aller Buchen auf der Fläche über die Jahre 2022-2024.
- Die Vitalitätsklasse (1-7) der Feinaststruktur von Buchen in der Lichtkrone (2022-24)
- Der während der Bonitur aufgenommene, gutachterliche Gesamteindruck der Schadsituation im Bestand; jeweils in einer der vier Klassen (hier „terrestrische Schadklasse“ genannt).

Die Schwellenwerte zum Übergang in eine höhere Schadklasse sind durch dicke gestrichelte Linien gekennzeichnet und wurden für den mittleren Blattverlust auf 15%, 30% und 50% festgelegt. Diese Grenzwerte sind abweichend von der konventionellen Schadklasseneinteilung der Waldzustandsberichte, welche die Schwellen bei 10%, 25% 60% setzen (dargestellt als dünne rote Linie in Abbildung 9).

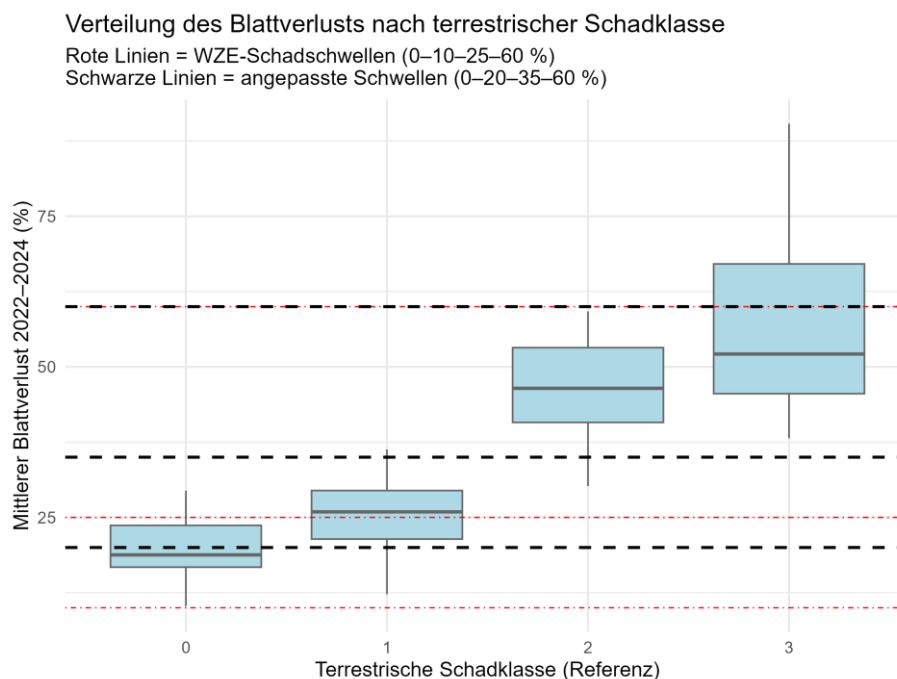


Abbildung 9: Boxplots des mittleren Blattverlusts (Sommerbonitur) nach terrestrischer Schadklasse (gutachterliche Einschätzung des Schadzustands des Bestandes). Die Schwellenwerte sind durch dicke gestrichelte Linien gekennzeichnet. Die in den Waldzustandsberichten genutzten Schwellenwerte sind in Rot eingezeichnet.

Bei der Vitalitätsklasse auf Basis der Feinaststruktur in der Krone wurde die Schwelle zu „leicht geschädigt“ bei einem Medianwert von 3, zu „stark geschädigt“ bei 3 und zu „bestandesbedrohend“ bei 5 festgelegt (siehe Abbildung 10).

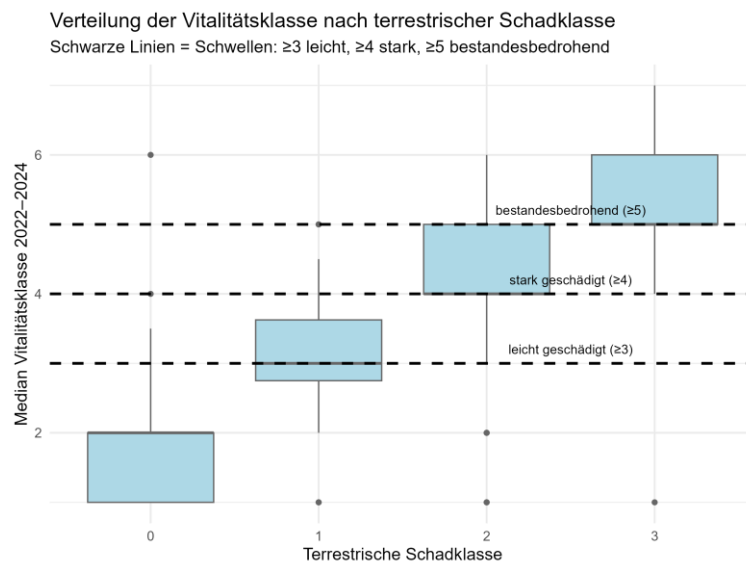


Abbildung 10: Boxplots des Medians der Vitalitätsklasse der Feinaststruktur (Winterbonitur) nach terrestrischer Schadklasse (gutachterliche Einschätzung des Schadzustands des Bestandes). Die Schwellenwerte sind durch dicke gestrichelte Linien gekennzeichnet.

Für eine ausführliche Übersichtstabelle der Bonitur-Ergebnisse aller 212 Plots und die darauf aufbauende regelbasierte Schadklassifizierung, siehe Anlage 6: Versuchs- und Monitoring-Flächen von Buche-Akut.

Abbildung 11 veranschaulicht den Verlauf der FCA-Werte der Jahre 2016 bis 2023 nach Schadklassen. Dabei wird deutlich, dass höhere Schadklassen im Schnitt niedrigere FCA-Werte aufweisen und dass die Schadklassen damit tendenziell richtig erfasst werden. Gleichzeitig zeigt sich auch, dass der FCA über die Jahre und Saisons sehr volatil ist und die Standardabweichungen der Schadklassen teilweise stark überlappen. Außerdem wird deutlich, dass der FCA aller Flächen Minima im Herbst 2018 und 2022 (nach jeweils besonders trockenen Sommern) und im Frühjahr 2017 und 2021 aufweist (wahrscheinlich infolge von großflächigem Spätforst). Das FCA-Maximum in Frühjahr 2018 könnte mit dem frühzeitigen Blattaustrieb der Buchen in diesem Jahr zusammenhängen, oder mit dem ausbleibenden Spätforst.

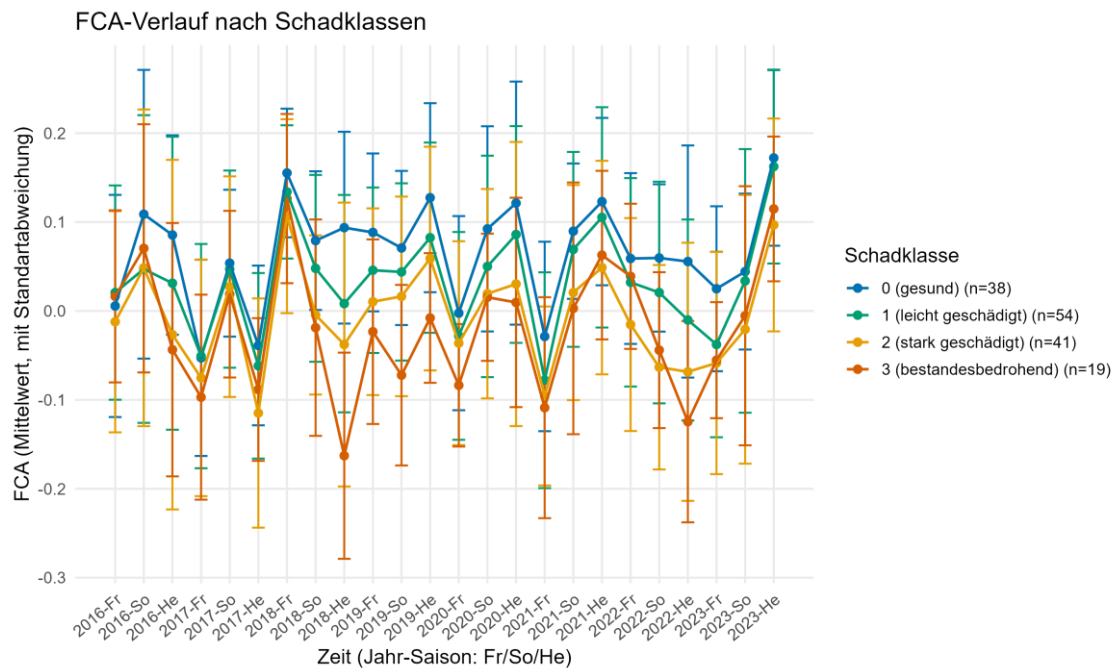


Abbildung 11: Verlauf der FCA-Werte nach Schadklassen mit Standardabweichung.

Der Effekt der Schadklasse auf den FCA-Wert von 2018-2022 wurde anhand eines linearen gemischten Modells (LMM) analysiert. Dabei wurden wiederholte Messungen pro Plot sowie zufällige Effekte durch Jahr und Saison berücksichtigt:  $FCA \sim \text{Schadklasse} + (1|\text{Plot}) + (1|\text{Jahr}) + (1|\text{Saison})$ .

Die Ergebnisse sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Violinen-Plots zeigen eine kontinuierliche Abnahme des mittleren FCA-Werts von Klasse 0 bis 3. Die Buchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Schadklassen 0/1 und 2/3 hin. Die 95% Konfidenzintervalle überlappen zwar teilweise, der lineare Trend ist jedoch hoch signifikant: Mit zunehmender Schadklasse sinkt der FCA-Wert deutlich.

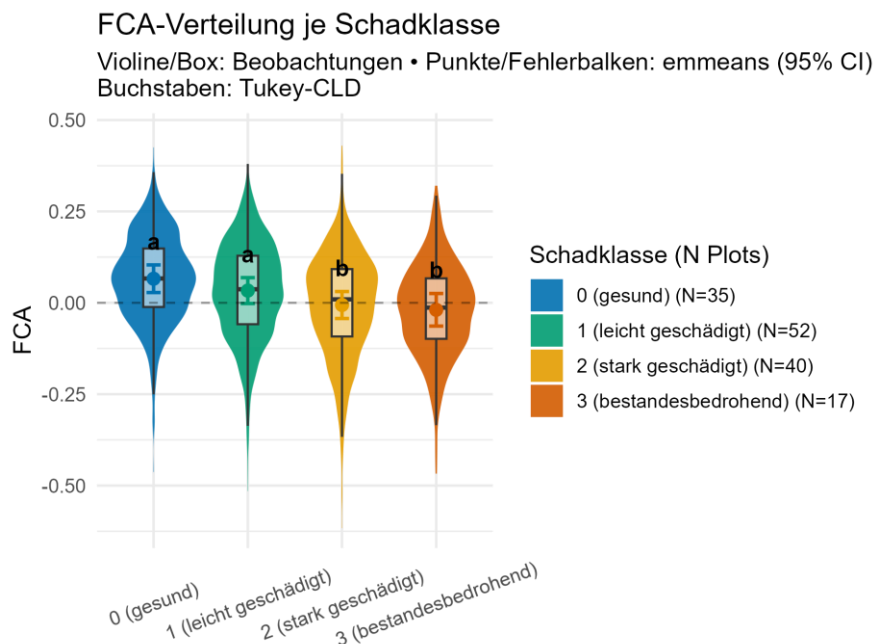


Abbildung 12: Verteilung der FCA-Werte der Jahre 2018-2024 nach Schadklassen (auf Basis von Boniturdaten der Jahre 2022 bis 2024). Die Buchstaben weisen auf statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen den Schadklassen hin.

Abbildung 13 zeigt die Varianzaufklärung des LMM. Die Schadklasseneinschätzung auf Basis von Boniturdaten der Jahre 2022 bis 2024 (fixer Effekt) hat einen deutlich signifikanten Effekt auf den FCA, die Effektstärke ist aber gering (sie erklärt nur 5.1 % der Gesamtvarianz im FCA). Ein Großteil der erklärten Varianz konnte durch Unterschiede zwischen den Plots und den Jahren, aber auch der Saison erklärt werden. Demnach konnten jedoch 65% der Schwankungen im FCA nicht durch die terrestrische Schadklassifizierung auf den Plots erklärt werden.

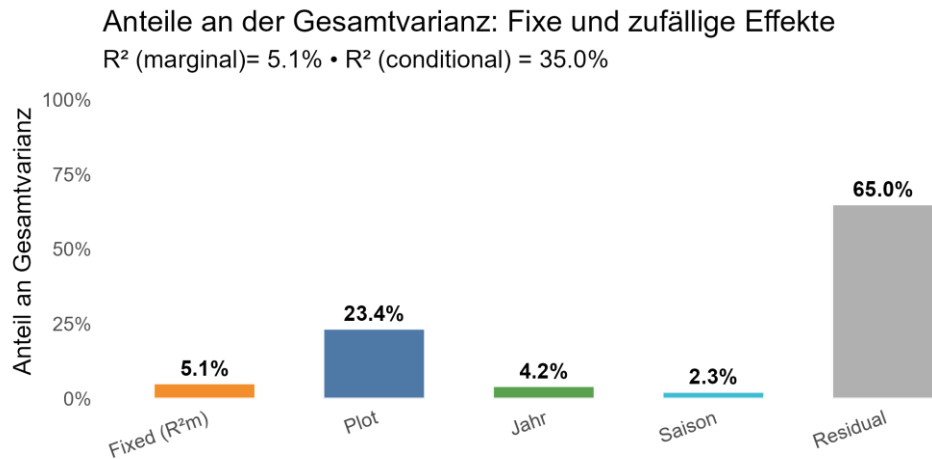


Abbildung 13: Anteile erklärter Varianz des FCA im LMM mit Schadklasse als fixem und Plot, Jahr und Saison als zufälligem Effekt.

Da das *groundtruthing* keine signifikanten Unterschiede zwischen den FCA-Werten der Schadklassen „gesund“ und „leicht geschädigt“ bzw. „stark geschädigt“ und „bestandesbedrohend“ feststellen konnte, wurde zur Übertragung der Ergebnisse auf den Gesamtdatensatz eine binäre Schadklassifizierung (gesund vs. geschädigt) auf Basis eines Random Forest (RF-)Modells vorgenommen. Alle FCA-Werte und verschiedene zeitliche Aggregate (mean, median, trend & delta) der Jahre 2018 bis 2022 (Zeitraum der Dürreperiode) flossen in eine automatisierte Variablenselektion des Modells ein. Die Kreuzvalidierung ergab eine mittlere AUC („area under the curve“) von 0.70, eine balancierte Genauigkeit von 0.67, eine Sensitivität von 0.58 und eine Spezifität von 0.75. Die Klassifikation wurde anschließend auf den vollständigen **Buche-Akut** Datensatz (>1,5 Mio. Plots) angewendet.

Anhand der vorhergesagten Schadwahrscheinlichkeiten ließ sich eine trimodale Verteilung erkennen (Abbildung 14: links), was eine Unterteilung in drei Schadstufen nahelegt. Daher wurde das binäre Modell, entsprechend der Schadwahrscheinlichkeit, in eine dreistufige Schadklassifizierung überführt (Abbildung 14: rechts):

- „Gesund“ (niedrige Schadwahrscheinlichkeit,  $\leq 0.24$ )
- „Unklar“ (mittlerer Bereich, 0.26 – 0.66)
- „Deutlich geschädigt“ ( $\geq 0.66$ )

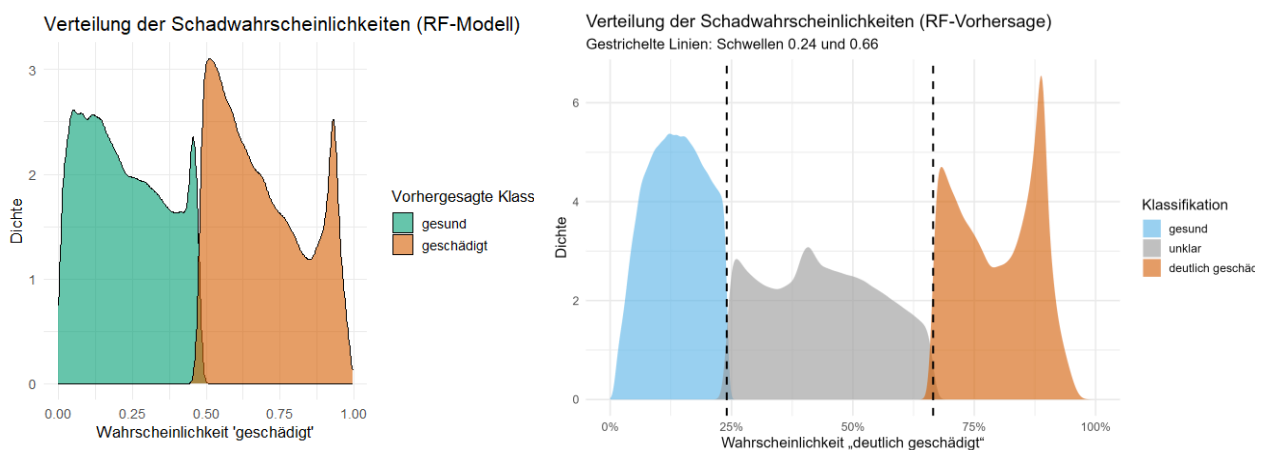
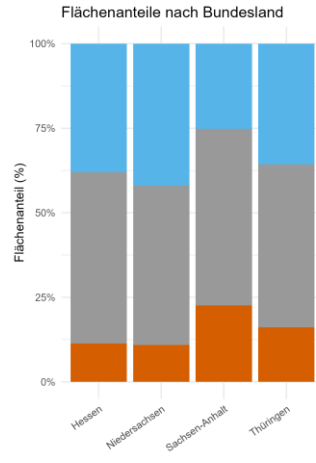
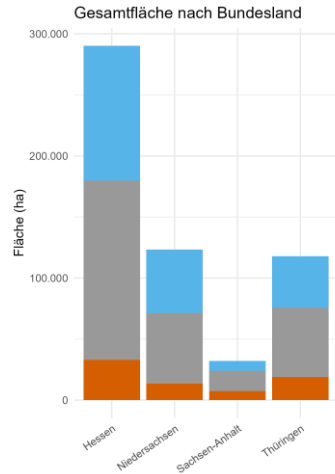


Abbildung 14: Links: Histogramm der Wahrscheinlichkeiten eines Plots anhand des RF Modells in die Klasse „geschädigt“ und „gesund“. Rechts: Aufteilung in 3 Schadklassen anhand der Schadwahrscheinlichkeit im RF-Modell.

Auf Basis dieser, speziell für die mitteldeutschen Rotbuchenwälder parametrisierten Schadklassifikation konnten sowohl die betroffenen Flächenanteile als auch der Kohlenstoffanteil der darauf stockenden oberirdischen Biomasse (AGB) geschätzt werden. Die AGB wurde auf Basis des CHM berechnet (AGB\_carbon, siehe TV1.M1: Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt). Insgesamt waren ca. 6% der Fläche und 5% des Kohlenstoffs der oberirdischen Biomasse deutlich geschädigt. Die Ergebnisse (räumliche Verteilungsmuster nach Bundesland und Wuchsgebiet) sind in Abbildung 15 und Abbildung 16 und Tabelle 3 zusammengefasst.

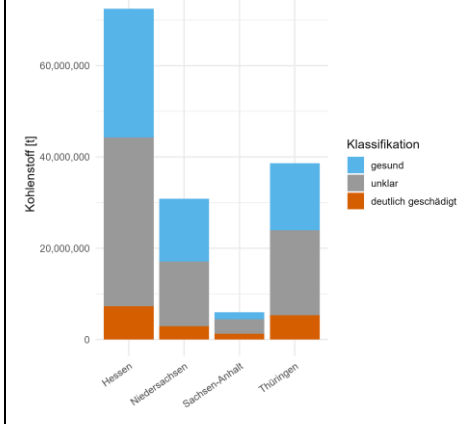
## Flächenanteile der Schadklassen

Bundes-  
länder



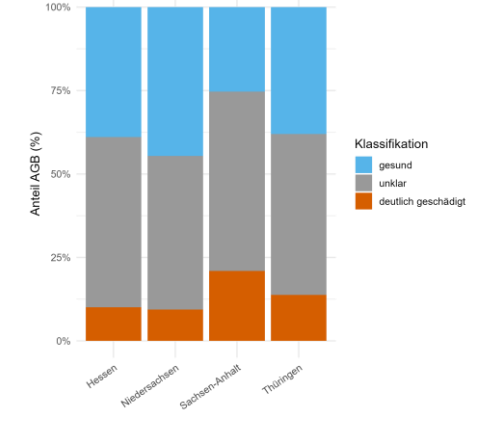
## Oberirdischer Kohlenstoff [t] nach Bundesland

Kohlenstoff [t]

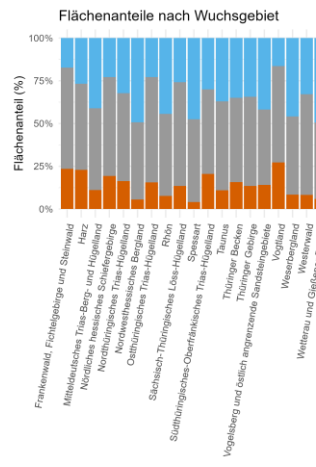
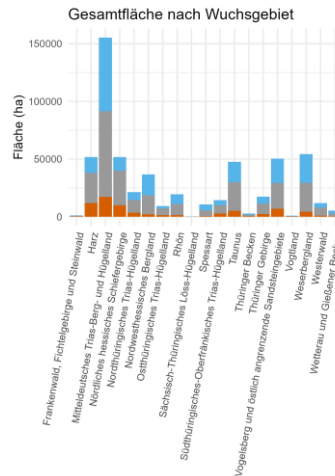


## AGB-Anteile nach Bundesland

Anteil AGB (%)

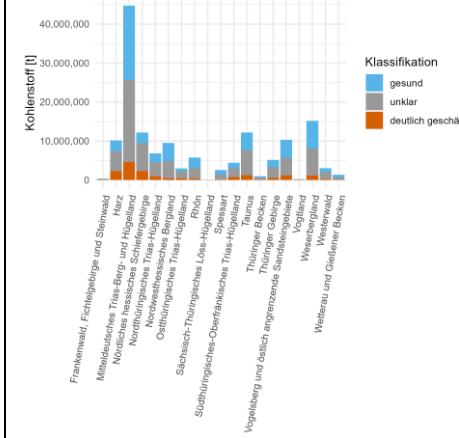


Wuchs-  
gebiete



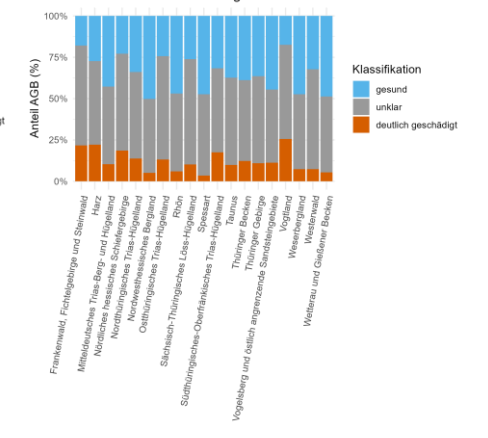
## Oberirdischer Kohlenstoff [t] nach Wuchsgebiet

Kohlenstoff [t]



## AGB-Anteile nach Wuchsgebiet

Anteil AGB (%)



*Abbildung 15: Geschätzter Flächenanteil (links) und betroffener oberirdischer Kohlenstoff [t] (rechts) mitteldeutscher Buchenwälder nach Bundesland und Wuchsgebiet im Betrachtungsraum von Buche-Akut.*

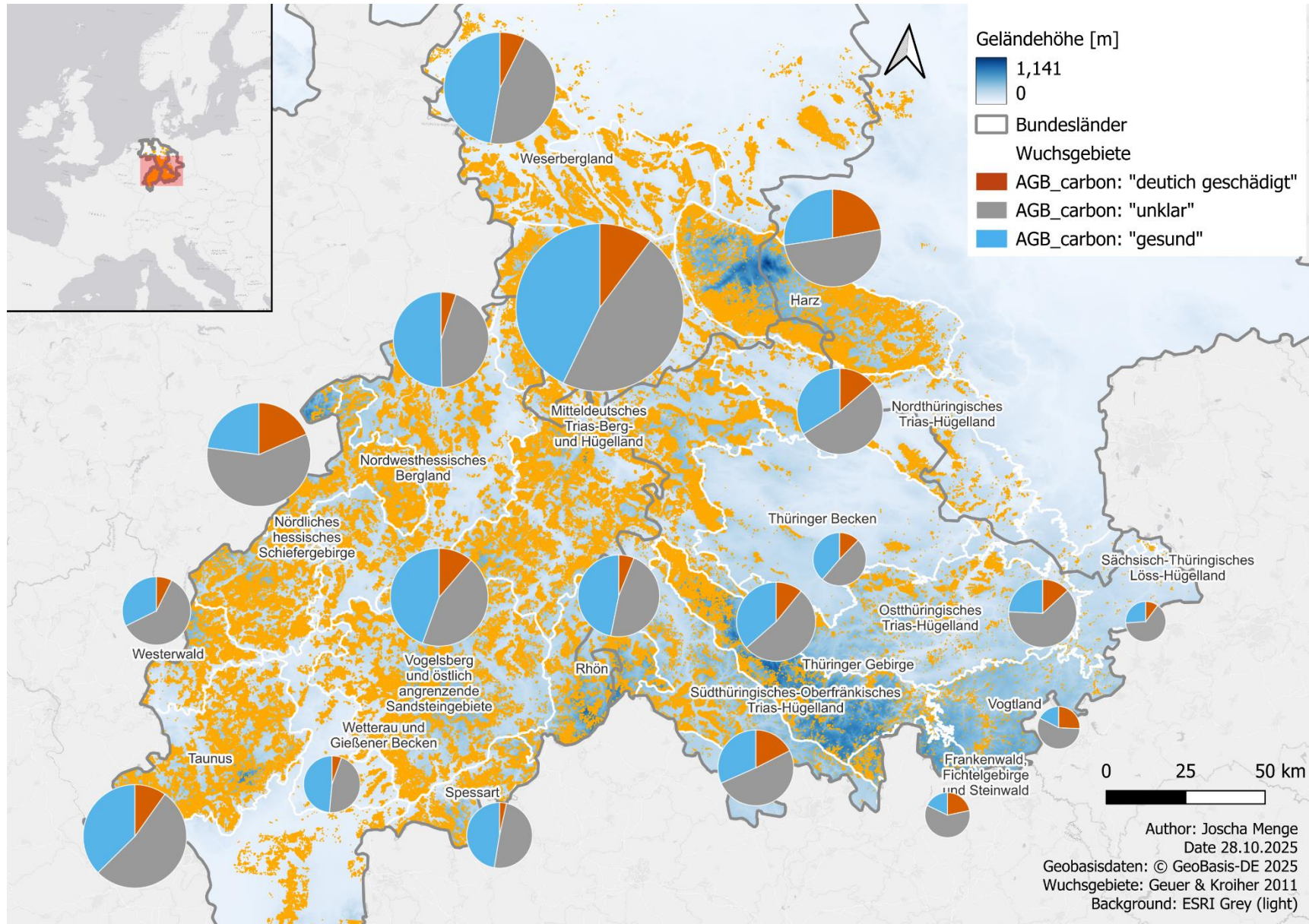


Abbildung 16: Geschätzter betroffener oberirdischer Kohlenstoff (AGB\_carbon) in den Wuchsgebieten innerhalb des Untersuchungsgebiets von **Buche-Akut**

Tabelle 3: Räumliche Verteilungsmuster der Schäden und Auswirkung auf den Kohlenstoffspeicher in Rotbuchenwäldern Mitteldeutschlands während der Trockenjahre 2018-2022 nach Bundesländern und Wuchsgebieten. Ergebnisse der Schadklassifikation auf Basis von terrestrischen Schadbonituren auf 150 Flächen und dem EO-Waldzustandsindex FCA.

<b>Bundesländer</b>															
Bundesland	Anzahl Plots	Gesamtfläche	Kohlenstoffanteil der AGB	Fläche "gesund"		Fläche "unklar"		Fläche "deutlich geschädigt"		AGB (carbon) "gesund"		AGB (carbon) "unklar"		AGB (carbon) "deutlich geschädigt"	
	(n)			[ha]	[t]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[t]	[%]	[t]	[%]
Hessen	806219	290239	72473101	110370	38	146985	51	32883	11	28186554	39	37018307	51	7268241	10
Niedersachsen	342430	123275	30856768	51837	42	57964	47	13473	11	13767896	45	14194958	46	2893914	9
Sachsen-Anhalt	89334	32160	5972383	8102	25	16782	52	7277	23	1514177	25	3205602	54	1252604	21
Thüringen	327186	117787	38644903	41986	36	56803	48	18997	16	14692235	38	18625264	48	5327404	14
<b>Gesamt</b>	<b>1565169</b>	<b>563461</b>	<b>147947155</b>	<b>212296</b>	<b>38</b>	<b>278535</b>	<b>49</b>	<b>72631</b>	<b>13</b>	<b>58160862</b>	<b>39</b>	<b>73044131</b>	<b>50</b>	<b>16742162</b>	<b>11</b>
<b>Wuchsgebiete (nach Geuer und Kroiher 2011)</b>															
Wuchsgebiet	Anzahl Plots	Gesamtfläche	Kohlenstoffanteil der AGB	Fläche "gesund"		Fläche "unklar"		Fläche "deutlich geschädigt"		AGB (carbon) "gesund"		AGB (carbon) "unklar"		AGB (carbon) "deutlich geschädigt"	
	(n)			[ha]	[t]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[t]	[%]	[t]	[%]
Frankenwald	3312	1192	332005	206	17	706	59	280	24	59340	18	200613	60	72052	22
Fichtelgebirge und Steinwald	144184	51906	10205389	13855	27	26132	50	11919	23	2793180	27	5152170	50	2260039	22
Harz	431274	155259	44707329	63679	41	74236	48	17344	11	19128514	43	20974206	47	4604609	10
Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland	59620	21463	6803303	6934	32	11029	51	3500	16	2304066	34	3566103	52	933135	14
Nordthüringisches Trias-Hügelland	101726	36621	9534315	18063	49	16502	45	2056	6	4789715	50	4257179	45	487421	5
Nordwesthessisches Bergland															

Wuchsgebiet	Anzahl Plots	Gesamtfläche	Kohlenstoff- anteil der AGB	Fläche "gesund"		Fläche "unklar"		Fläche "deutlich geschädigt"		AGB (carbon) "gesund"		AGB (carbon) "unklar"		AGB (carbon) "deutlich geschädigt"	
	(n)			[ha]	[t]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[ha]	[%]	[t]	[%]	[t]	[%]
Nördliches hessisches Schiefergebirge	143744	51748	12202536	11797	23	29951	58	9999	19	2792655	23	7152380	59	2257501	19
Ostthüringisches Trias-Hügelland	25687	9247	2955001	2109	23	5703	62	1435	16	717484	24	1848746	63	388772	13
Rhön	54276	19539	5781140	8673	44	9364	48	1502	8	2708891	47	2721535	47	350715	6
Spessart	29984	10794	2559928	5126	47	5235	49	433	4	1214044	47	1258262	49	87622	3
Sächsisch-Thüringisches Löss-Hügelland	1075	387	116080	100	26	235	61	52	13	30347	26	73949	64	11785	10
Südthüringisches-Oberfränkisches Trias-Hügelland	39898	14363	4433352	4310	30	7100	49	2953	21	1401841	32	2254193	51	777317	18
Taunus	132237	47605	12172851	17645	37	24777	52	5183	11	4550352	37	6423911	53	1198587	10
Thüringer Becken	7942	2859	958843	999	35	1408	49	451	16	371949	39	468793	49	118100	12
Thüringer Gebirge	48225	17361	5165480	5966	34	9058	52	2337	13	1883549	36	2719690	53	562241	11
Vogelsberg und östlich angrenzende Sandsteingebiete	139803	50329	10289240	21083	42	22194	44	7052	14	4574626	44	4550455	44	1164159	11
Vogtland	2819	1015	197349	167	16	572	56	276	27	34566	18	112132	57	50651	26
Weserbergland	151160	54418	15210087	24967	46	24900	46	4550	8	7193156	47	6893027	45	1123905	7
Westerwald	33064	11903	2999219	3918	33	6999	59	986	8	968861	32	1809442	60	220916	7
Wetterau und Gießener Becken	15139	5450	1323709	2697	49	2432	45	321	6	643727	49	607345	46	72636	5
<b>Gesamt</b>	<b>1565169</b>	<b>563461</b>	<b>147947155</b>	<b>212296</b>	<b>38</b>	<b>278535</b>	<b>49</b>	<b>72631</b>	<b>13</b>	<b>58160862</b>	<b>39</b>	<b>73044131</b>	<b>50</b>	<b>16742162</b>	<b>11</b>

## TV1.M2: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens auf Basis von Klima und Bodenparametern erstellt.

Obwohl kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den terrestrisch erhobenen Schadklassen der Buche-Akut-Flächen (auf Basis von aggregierten Einzelbaum-Boniturdaten:TV.1(3).M1) nachweisbar war, konnte ein deutlicher linearer Trend im FCA bestätigt werden: Mit höherem Schädigungsgrad verringerte sich der FCA im Durchschnitt aller betrachteten Buchenwälder. Dies bestätigt den generellen Nutzen des FCA zur Einschätzung der Vitalität großer Waldgebiete, wenngleich die individuell Baumvitalität lokal stark abweichen kann.

Wir haben den FCA daher verwendet, um die wichtigsten Einflüsse auf den Gesundheitszustand der Buchenwälder Mitteldeutschlands unter Dürrebedingungen zu identifizieren (mögliche prädisponierende Faktoren für Buchenvitalitätsschwäche). Dafür wurden sowohl Informationen zu Boden, Topographie, Klima und Waldstruktur als auch Zeitreihen verschiedener Wetterdaten räumlich und zeitlich mit den FCA-Zeitserien verschnitten (siehe TV1.M1).

Um den Effekt der Dürreperiode auf den Waldzustand zu untersuchen (Trockenschäden), wurden dabei sowohl der FCA-Wert (als der Zustand eines Plots im Vergleich zu allen anderen) als auch die FCA-Änderung im Laufe der Dürrejahre 2018 bis 2022 betrachtet. Während der FCA-Wert also den allgemeinen Vitalitätszustand aller Buchenwälder (in Bezug auf eine bestimmte Standortseigenschaft) anzeigte, sollte die Änderung des FCA den Zusammenhang mit der Dürre entstandenen Schäden in Buchenwäldern (Buchenvitalitätsschwäche) erklären (unabhängig vom Ausgangszustand).

Die aussagekräftigsten Prädiktoren wurden skaliert und durch verschiedene standardisierte Verfahren zur Reduktion multikollinerer Redundanz herausgefiltert. Der Effekt der Prädiktoren auf den FCA-Wert und dessen Änderung wurde dabei anhand von linearen gemischten Modellen evaluiert, wobei „Plot“ und „Jahr“ als zufällige Effekte mit in die Modellierung einfließen.

Die wichtigsten Prädiktoren für den Waldzustand (FCA-Wert) waren der Wasserhaushaltsindex (Feuchtestufe), die Hangneigung und der Frühjahrsniederschlag; also Parameter, die jeweils unterschiedliche Aspekte der Wasserverfügbarkeit in den untersuchten Buchenwäldern abbilden (siehe Abbildung 17). Der wichtigste waldstrukturelle Prädiktor für den FCA-Wert war die Variabilität der Kronenhöhe: je ausgeprägter die Kronenhöhenunterschiede waren, desto niedriger war der FCA-Wert. Auf der 60 m Aggregationsebene deutet dies auf große Lücken in Altbeständen bzw. auf eine ausgeprägte Zweischichtigkeit der Bestände hin, und nicht etwa auf eine ausgeprägte vertikale Strukturierung.

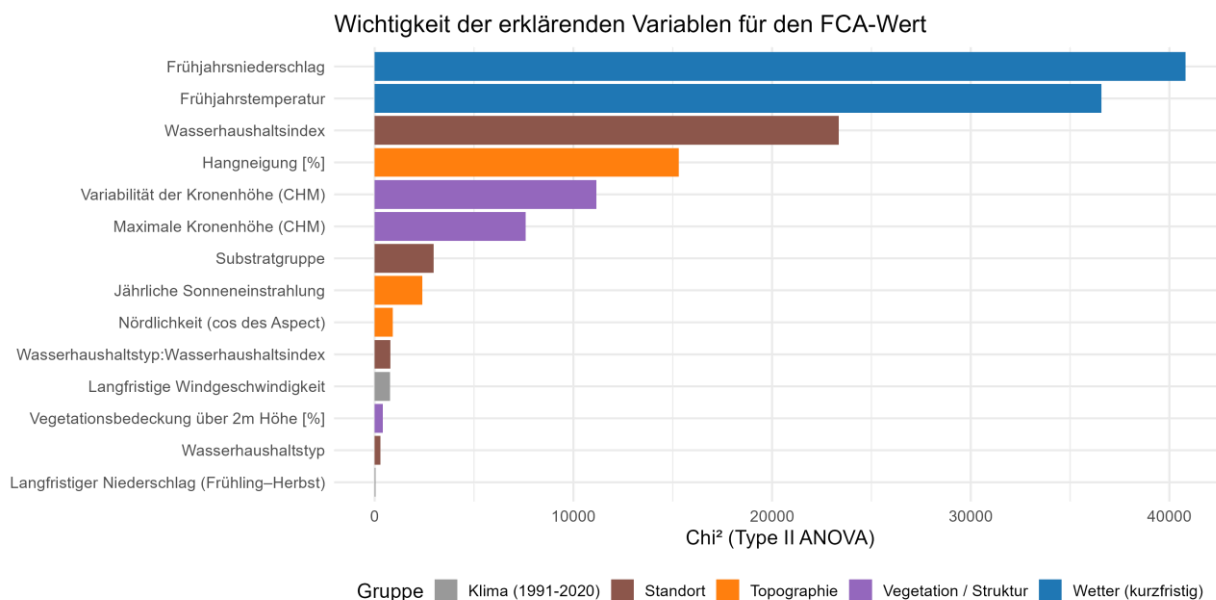


Abbildung 17: Wichtigkeit der erklärenden Variablen für den FCA-Wert im linearen gemischten Modell.

Die Effektstärke und Richtung der wichtigsten prädisponierenden Faktoren für den FCA-Wert ist in Abbildung 18 dargestellt. Auf terrestrischen Standorten verbessert sich der FCA-Wert mit steigender Wasserverfügbarkeit im Boden (Wasserhaushaltsstufe). Buchenwälder auf hydromorphen Böden (Grundwasser oder Staunässe beeinflusst) haben höhere FCA-Werte als terrestrische Standorte, wobei sich

der Effekt der Wasserhaushaltstufe auf hydromorphen Standorten umkehrt: Je feuchter (staunasser, grundfeuchter) desto schlechter der FCA-Wert.

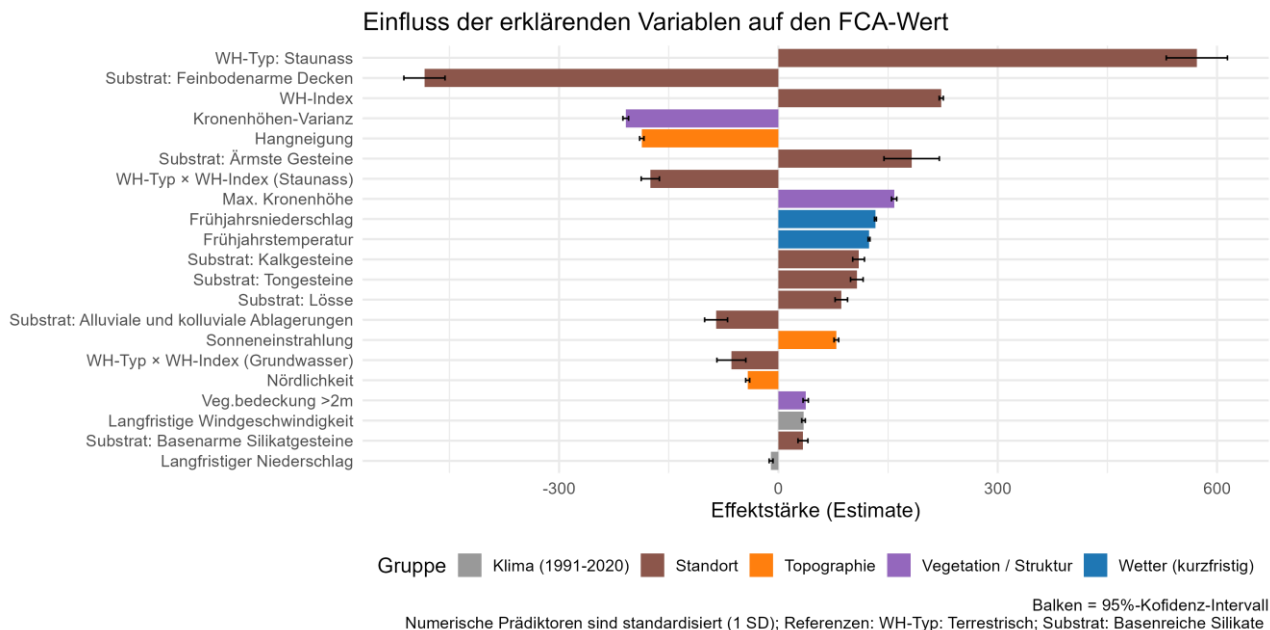
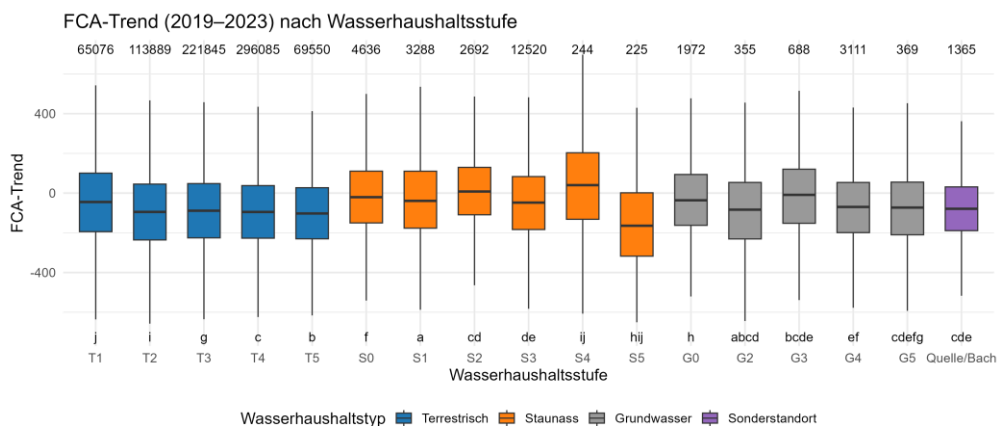
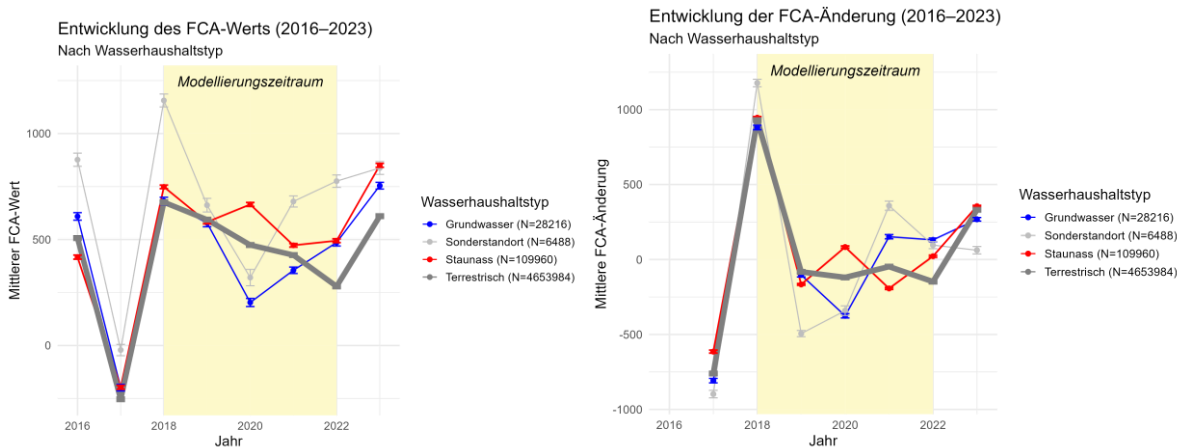


Abbildung 18: Einfluss der erklärenden Variablen auf den FCA-Wert im linearen gemischten Modell.

Auf terrestrischen Standorten verbessert sich der FCA-Wert mit steigender Wasserverfügbarkeit im Boden (Wasserhaushaltsstufe). Buchenwälder auf hydromorphen Böden (Grundwasser oder Staunässe beeinflusst) haben höhere FCA-Werte als terrestrische Standorte, wobei sich der Effekt der Wasserhaushaltstufe auf hydromorphen Standorten umkehrt: Je feuchter (staunasser, grundfeuchter) desto schlechter der FCA-Wert. Abbildung 19 Veranschaulicht die FCA-Entwicklung nach Wasserhaushaltstyp.



Boxplots ohne Ausreißer  
Zahlen = Gruppengröße  
Gruppen mit n < 100 sind nicht abgebildet  
Buchstaben = statistisch ähnliche Gruppen (Tukey HSD)

Abbildung 19: Verlauf der FCA-Werte und FCA-Änderung über die Jahre 2016 bis 2023 nach Wasserhaushaltstyp (oben) und die Verteilung des FCA-Trends der Jahre 2019 bis 2022 und die Häufigkeit der jeweiligen Wasserhaushaltstufen (unten).

Außerdem wiesen bestimmte Substratgruppen wie *Tongesteine*, *Kalkgesteine* und *Lösse* im Schnitt höhere FCA-Werte auf als die Referenz-Substratgruppe *Basenreiche Silikatgesteine*, welche den größten Anteil der mit Rotbuche bestockten Fläche im Untersuchungsgebiet ausmacht (Abbildung 20). *Basenarme Silikatgesteine* hatten geringfügig höhere FCA-Werte als *Basenreiche Silikatgesteine*, *Feinbodenarme Decken* hingegen deutlich niedrigere.

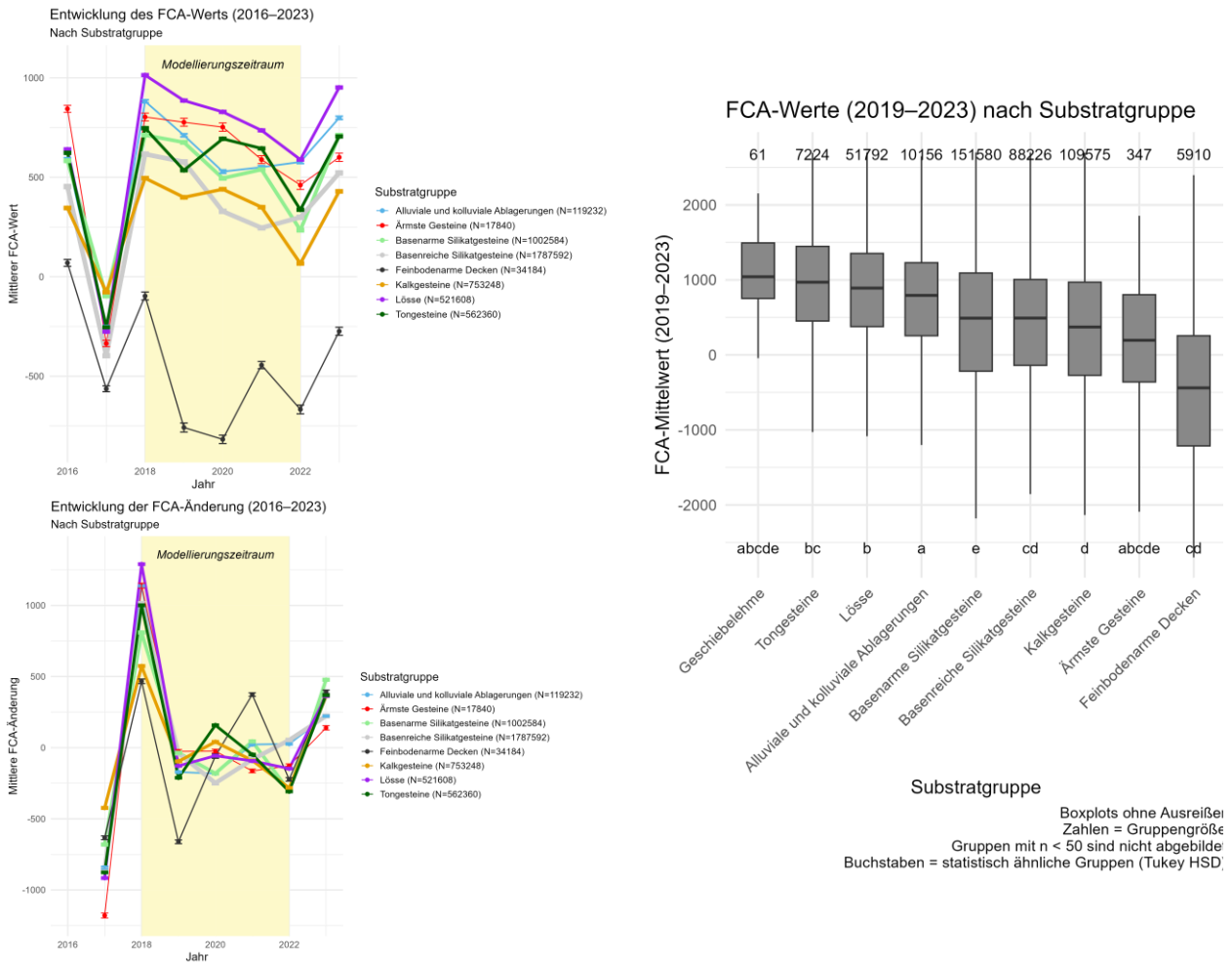


Abbildung 20: Verlauf der FCA-Werte und FCA-Änderung über die Jahre 2016-2023 nach Substratgruppen (oben) sowie die Verteilung der FCA-Werte der Jahre 2019 bis 2022 und Häufigkeit der jeweiligen Substratgruppe (unten).

Aus Abbildung 21 (oben) wird deutlich, dass die Nördlichkeit (berechnet als Cosinus des Aspekts im Betrachtungs(zeit-)raum 2018-22) einen negativen Effekt auf den FCA-Wert hatte, was aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung auf den Flächen zunächst nicht nachvollziehbar erscheint. Schaut man sich aber den Verlauf des FCA über die Jahre nach Hangklassen (Abbildung 21 unten) an, wird deutlich, dass die FCA-Werte auf Nordhängen bis 2019 insgesamt noch besser waren als auf Südhängen, aber dass sich die Schäden im weiteren Verlauf der Dürrephase auch auf Nordhänge ausbreiteten. Gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass dieser Effekt auf einem Bias im FCA-Index beruht, der bspw. durch die Beschattung der Kronenoberfläche oder aber leicht veränderter Phänologie auf Nordhängen zustande kommen könnte.

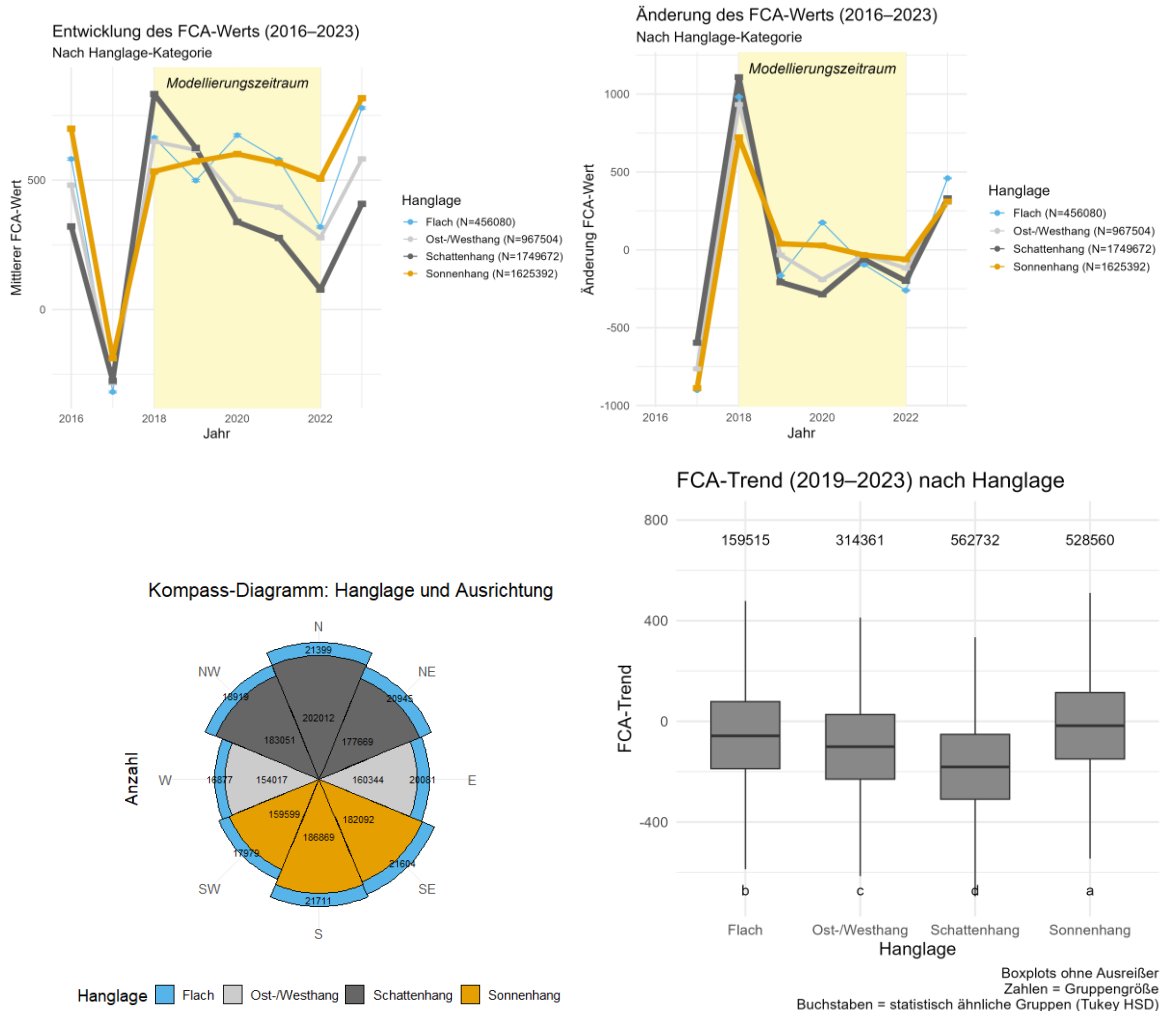


Abbildung 21: Verlauf der FCA-Werte und FCA-Änderung über die Jahre 2016 bis 2023 nach Substratgruppen (oben) sowie die Verteilung des FCA-Trends der Jahre 2019 bis 2022 und Häufigkeit der jeweiligen Hanglageklassen (unten).

Schaut man sich anstatt der FCA-Werte jedoch die **Änderung** des FCA-Wertes während der Dürrejahre 2018 bis 2022 an, wird deutlich, dass der wichtigste Treiber für Vitalitätsverluste vor allem der (ausbleibende) Sommer- und Frühjahrsniederschlag war, insbesondere auf Standorten mit historisch (Referenzzeitraum 1991-2020) hohen Niederschlagswerten (Abbildung 22 und Abbildung 23). Dies könnte auf eine (fehlende) Anpassung dieser Buchenwälder an extreme Trockenheit hindeuten. Gleichzeitig zeigt es aber auch, dass sich historisch sehr trockene Standorte während der Dürrejahre weniger stark verändert haben. Dies könnte einerseits durch eine ohnehin niedrigere Vitalität (bzw. strukturelle Komplexität) dieser Buchenwälder erklärt werden (und damit eine ohnehin niedrigere FCA-„Baseline“), andererseits könnte es aber auch für eine gewisse Anpassungsfähigkeit von Buchenwäldern an trockenere Klimabedingungen sprechen. Außerdem waren die FCA-Änderungen auf *Kalkgestein*, *Löss* und *Sedimenten (alluviale und kolluviale Ablagerungen)* während der Dürre weniger gravierend als auf *Ton-* und *Silikatgesteinen*.

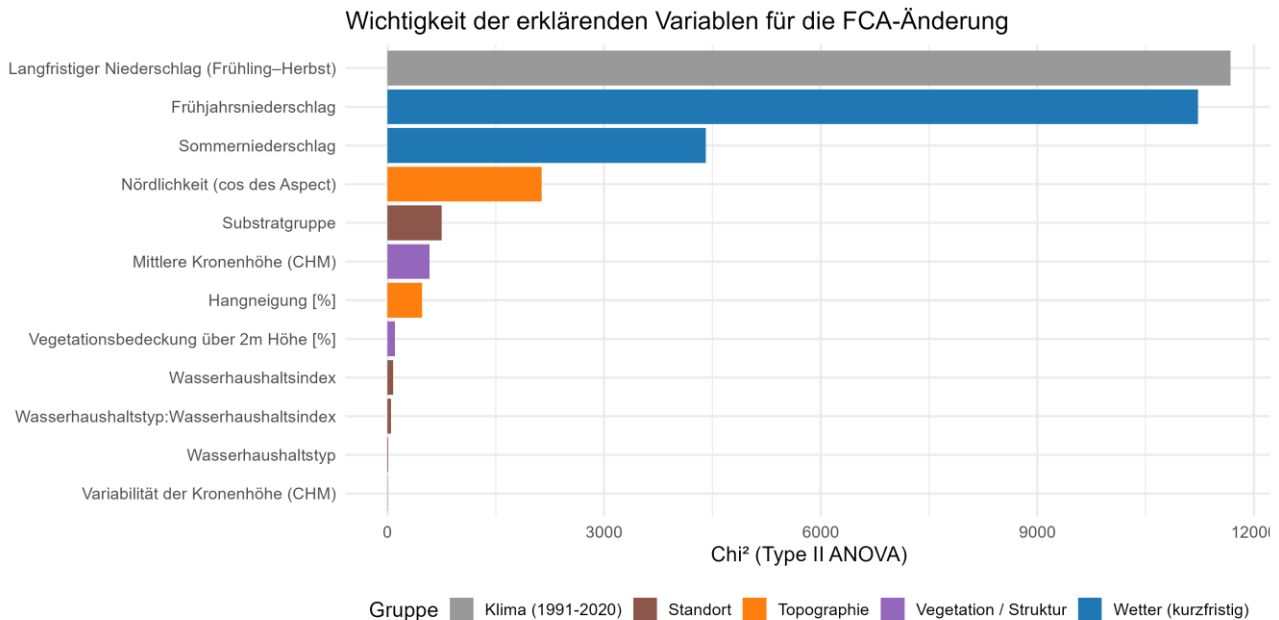


Abbildung 22: Wichtigkeit der erklärenden Variablen für die FCA-Änderung im linearen gemischten Modell.

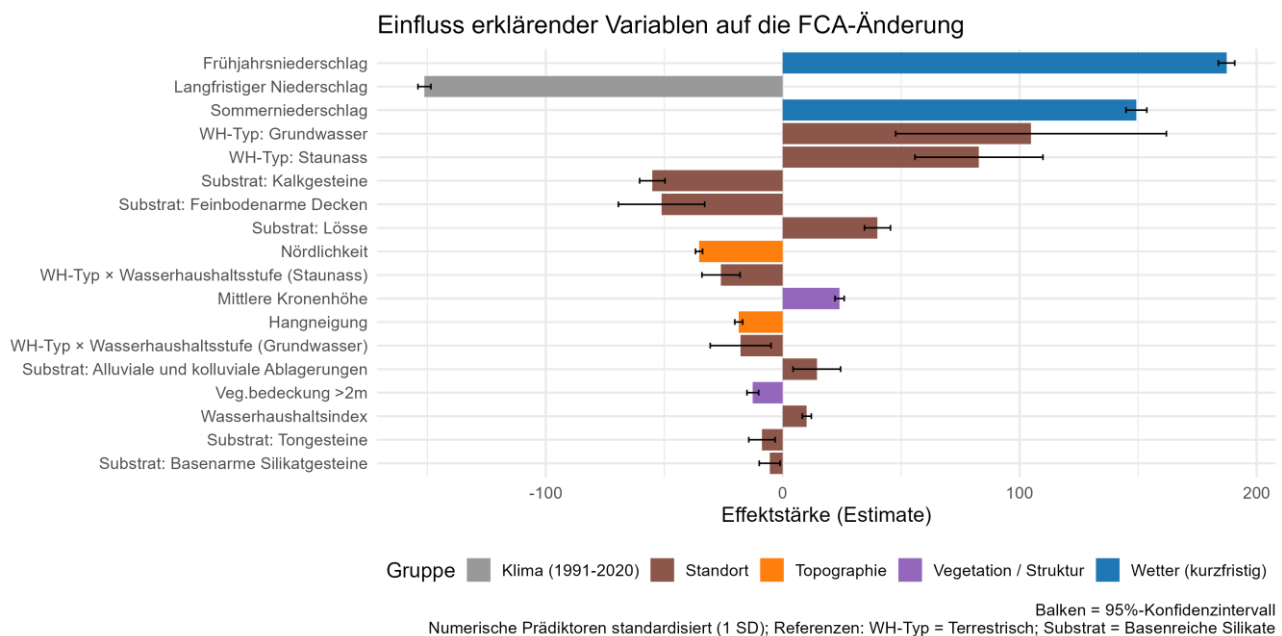


Abbildung 23: Einfluss der erklärenden Variablen auf die FCA-Änderung im linearen gemischten Modell.

Wie unter „TV1(3).M1: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt.“ erläutert, ist der hier dargestellte methodische Ansatz, einen EO-basierten Waldzustandsindikator FCA mit Informationen zu Boden, Wetter und Waldstruktur lokal zu verschneiden (in diesem Fall auf 60 m x 60 m-Plots). Dies ist mit großen Unsicherheiten verbunden, was auch in der Modellgüte sichtbar wird. Die dargestellten Modelle konnten lediglich 13,1% der Varianz im FCA-Wert und 5,9% der Varianz in der FCA-Änderung anhand der festen Effekte (prädisponierender Faktoren) erklären (Abbildung 24). Weitere 55,8% der Varianz im FCA-Wert und 30,7% in der FCA-Änderung konnten durch zufällige Unterschiede zwischen den Plots (Betrachtungseinheiten) und zwischen den Jahren erklärt werden. Da bei der Modellierung annähernd die gesamte Buchenwaldfläche im Untersuchungsgebiet berücksichtigt wurde, handelt es sich bei dieser Varianzanalyse nicht um Schätzwerte, sondern um die tatsächliche Aussagekraft des Modells für die Erklärung des FCA-Werts bzw. dessen Änderung während der Dürrejahre im Untersuchungsgebiet. Es muss hinzugefügt werden, dass das hier dargestellte Modell nicht allein mit Blick statistische Erklärungskraft, sondern auch mit Blick auf die Interpretierbarkeit für die forstliche Praxis optimiert wurde (mit besonderer Orientierung auf die forstliche Standortkartierung). Ein optimiertes Modell wurde in Form eines Posters auf der IUFRO 2024 präsentiert (Menge 2024) und soll auch in den noch ausstehenden Publikationen im Rahmen der Promotionsarbeit von J. Menge veröffentlicht werden.

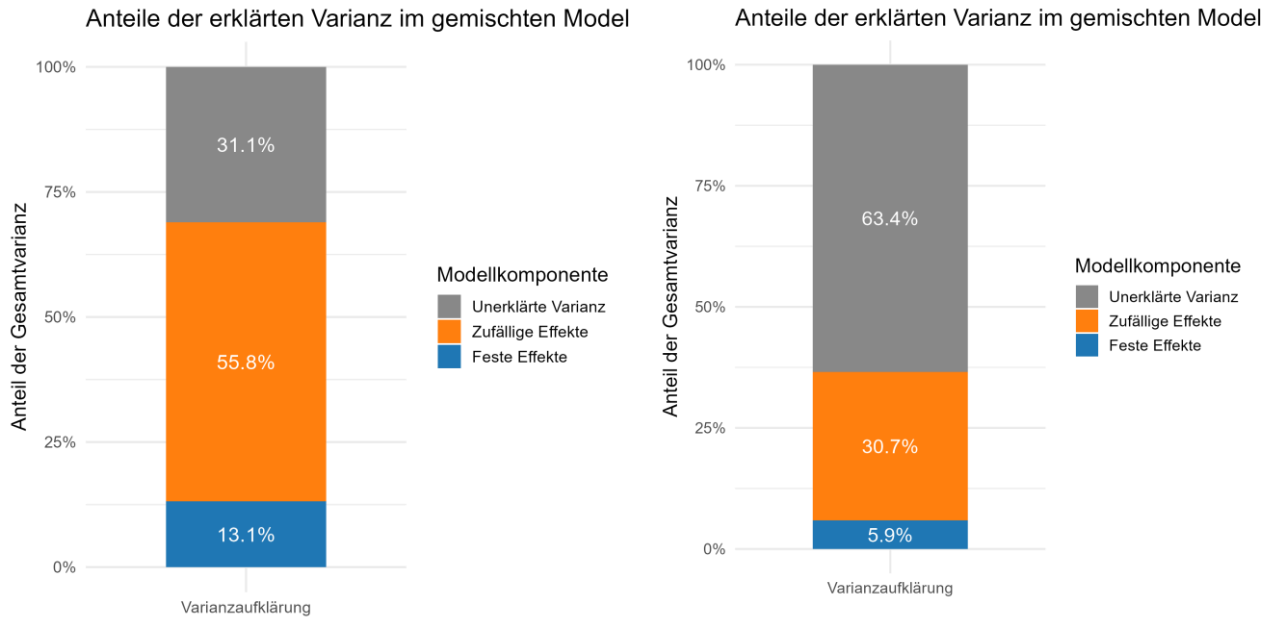


Abbildung 24: Varianzaufklärung für den FCA-Wert (links) und die FCA-Änderung über die Jahre 2018-22 im gemischten linearen Modell.

Anhand der räumlich-zeitlichen Analyse der möglichen prädisponierenden Faktoren konnten Risikostandorte für Buchenwälder bzw. Risikowahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Schäden infolge von Trockenheit und Hitze auf unterschiedlichen Standorten identifiziert werden. Diese „Standortsrisiken“ können bei der waldbaulichen Planung berücksichtigt werden und bilden ein zentrales Entscheidungskriterium bei der Wahl von Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern (siehe Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium), sowie Arbeitspaket 2: Handlungsempfehlungen). Auf schon jetzt sehr trockenen, flachgründigen Risikostandorten („Grenzstandorten“) der Rotbuche (siehe Tabelle 4) werden waldbauliche Maßnahmen zur Förderung von Buchenwäldern aber wahrscheinlich an ihre Grenzen stoßen. Hier wird ein Wechsel der Hauptbaumart wohl unumgänglich sein - wenn möglich unter Beteiligung natürlicher Sukzession und bislang seltener Baumarten.

*Tabelle 4: Übersicht der wichtigsten prädisponierenden Faktoren für das Auftreten von Schäden in Buchenwäldern durch Trockenheit und Hitze (Menge et al. unver.). Zur Erläuterung: Die prädisponierenden Faktoren sind nach ihrer Wichtigkeit für Änderungen im „Forest Condition Anomaly“-Index (kurz: FCA) geordnet. Der FCA ist ein Maß für den Waldzustand (Vitalität), der auf Sentinel2-Satellitendaten basiert (Lange et al. 2024). Die Einschätzung der Wichtigkeit erfolgte auf Basis von sog. „Linearen Gemischten Modellen“. Die Änderung des FCA bezieht sich auf die Dürrejahre 2018-2022. Die Substratgruppen „Sande und Kiese“, „Berglandmoore“ sowie „Auenlehme Schluffe, Marschen“ sind aufgrund ihres sehr seltenen Vorkommens im Untersuchungsgebiet nicht in die Modellierungen aufgenommen worden.*

© GeoBasis-DE / BKG 2025 / Hessisches Landesamt für Naturschutz Umwelt und Geologie 2025 / GDI-Th 2025/ LGLN 2025 / LVerGeo 2025. Die ALS Daten wurden mittels RSDB Prozessiert (Wöllauer et al 2020): Regionalisierte Wetterdaten: © Deutscher Wetterdienst (DWD): [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html). Forstliche Standortskartierung: ©NW-FVA/ FFK Gotha.

<b>Prädisponierender Faktor</b>	<b>Variablen</b>	<b>Effekt auf FCA-Wert (Waldzustand)</b>	<b>Effekt auf FCA-Änderung</b>
Wasserhaushaltsstufe	6 Bodenfeuchte-Stufen	Die Wasserhaushaltsstufe wirkt sich auf terrestrischen Böden generell deutlich positiv, auf hydromorphen (durch Stauässe oder Grundwasser beeinflussten) Standorten jedoch negativ auf den FCA- Wert und seine Änderung aus.	
Wasserhaushaltstyp	terrestrisch, staunass, grundwasserbeeinflusst		
Frühjahrs- und Sommerniederschlag	Interpolierte saisonale Niederschlagswerte	Insbesondere die Frühjahrsniederschläge wirken sich positiv auf den FCA aus.	Der geringe Niederschlag im Frühjahr und Sommer hatte den stärksten negativen Effekt auf die FCA-Änderung
Topographie	Nördlichkeit und Hangneigung	Steilhänge waren grundsätzlich stärker von Trockenschäden betroffen. Während zu Beginn der Dürrephase 2018-2019 noch primär Südhänge betroffen waren, breitete sich das Schadgeschehen im weiteren Verlauf 2020-2022 auch auf Nordhänge aus.	
Waldstrukturparameter aus ALS Daten	Mittlere Oberhöhe und deren Varianz, Kronenschluss auf 2 m Höhe	FCA-Werte stiegen grundsätzlich mit steigender Oberhöhe und Kronenschluss an	Insbesondere starke Unterschiede in der Oberhöhe (Hinweis auf Zweischichtigkeit) hatten negative Auswirkung auf die FCA-Änderung
Langfristige Niederschläge	Interpolierte langfristige Niederschlagswerte	Historisch (1991-2020) hohe Niederschlagswerte wirken sich im Allgemeinen positiv auf Waldzustand aus	Die FCA-Änderung war auf historisch niederschlagsreichen Standorten besonders negativ
Substratgruppen	Basenreiche Silikatgesteine	Größte Gruppe im Datensatz und diente als Referenz für die Einschätzung der nachfolgenden Substratgruppen	
	Basenarme Silikatgesteine	leicht positiv	leicht negativ
	Lösse	deutlich positiv	deutlich positiv
	Kalkgesteine	deutlich positiv	deutlich negativ
	Tongesteine	deutlich positiv	leicht negativ
	Alluviale und kolluviale Ablagerungen	leicht positiv	leicht positiv
	Ärmste Gesteine	deutlich positiv	kein Effekt
	Feinbodenarme Decken	deutlich negativ	kein Effekt

### TV3.M2: Bewirtschaftungsintensität

Ein Zusammenhang zwischen Bestandesalter und Ausmaß des Strukturverlustes wurde untersucht, konnte aber nicht identifiziert werden. Ein signifikanter Zusammenhang ( $R=0,504$ ;  $p<0,05$ ) wurde aber zwischen dem Bewirtschaftungsintensitätsindex „SMI“ (*silvicultural management intensity indicator*) und dem Ausmaß der neuerlichen Verluste an Strukturkomplexität gefunden. Abbildung 25 zeigt diesen Zusammenhang grafisch. In den bis 2022 intensiver bewirtschafteten Beständen fielen die neuerlichen Verluste an struktureller Komplexität geringer aus als in den, bis dahin, kaum bewirtschafteten Beständen. Die weniger stark bewirtschafteten Bestände, die tendenziell zu Projektbeginn weniger geschädigt waren als die stärker bewirtschafteten, zeigten jüngst die größten Rückgänge an Komplexität. Dies ist ein alarmierendes Signal. Es kann vermutet werden, dass die 2022 auf den Flächen gemessenen Strukturunterschiede eine wesentliche Rolle bei der weiteren Adaption in der Zeit zwischen 2023 und 2024 gespielt haben. So waren die weniger stark bewirtschafteten, eher geschlossenen und im oberen Bereich strukturreichen Bestände in Bezug auf die Anpassungsfähigkeit möglicherweise benachteiligt, da der Unterstand noch nicht so ausgeprägt war wie in den schon geschädigten Beständen. Wir vermuten, dass dies zusammen mit der Tatsache, dass die bereits geschädigten Bestände nicht mehr so viele Strukturen verlieren können wie bis dato ungeschädigte Bestände, zusammenspielt und die Beobachtung erklärt.

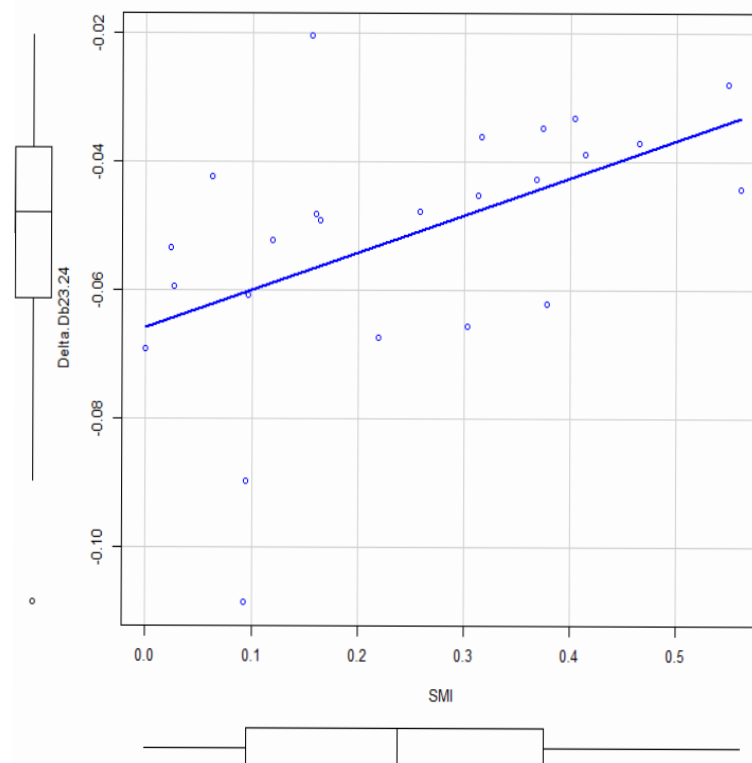


Abbildung 25: Strukturkomplexitätsverlust (Delta Db) zwischen 2023 und 2024 über der Bewirtschaftungsintensität. SMI: silvicultural management intensity indicator.

Die Ergebnisse der Analyse des Zusammenhanges zwischen der Struktur der geernteten Probestämme, (getestet wurden insgesamt 31 Strukturvariablen wie bspw. Astlängen, Astwinkel, Kronenvolumen etc.) und der mikrobiologisch feststellbaren Schaderreger ist abgeschlossen. Es konnten keinerlei Zusammenhänge festgestellt werden.

### TV2.M1: Koordination Baumfällungen & Probenahme

### TV2.M2: Unterstützung der Aufnahmen durch PP 1 und 3

### TV2.M3: Raum-Zeit-Analyse abgeschlossen

Die Baumfällung und Probenahme ist auf allen 24 Kernflächen (siehe TV2.M7) durchgeführt worden. Da es sich bei den angelegten Kernflächen um Langzeitbeobachtungsflächen handelt, wurde innerhalb der Flächen kein Baum entfernt, um die Struktur der Kernfläche während des Untersuchungszeitraums nicht zu verändern. In unmittelbarer Nähe jeder Kernfläche wurde jeweils eine Buche aus dem Altbestand gefällt, die repräsentativ für den Schädigungsgrad der jeweiligen Fläche war. Die Fällung der Bäume konnte ausschließlich im Winter durchgeführt werden, da die Probestämme unmittelbar vor dem Fällvorgang von TV3 gescannt wurden und die Scans im blattlosen Zustand durchgeführt werden sollten. Die ersten 13 Probestämme wurden im Winter

2022/2023 gefällt (vier in Hessen, sechs in Niedersachsen, drei in Thüringen) die übrigen elf (vier in Hessen, zwei in Niedersachsen, fünf in Thüringen) im Winter 2023/2024. Bei jedem Probebaum wurde systematisch das asymptomatische Gewebe beprobt (Abbildung 26). Proben wurden am Wurzelansatz, in Brusthöhe (1,3 m), am Kronenansatz, von drei stärkeren Ästen, sowie von 8 Triebspitzen gewonnen. Abgesehen von den Zweigen bei denen eine Unterscheidung zwischen Xylem und Kambium nicht möglich war, wurde sowohl das Xylem und auch der Kambialbereich beprobt. Wenn Versuchsbäume äußerlich sichtbar symptomatisches Gewebe aufwiesen, wurden dieses Gewebe ebenfalls beprobt. Es war nicht möglich, symptomatische Zweige mit der angewandten Methodik zu beproben, da diese beim Fällen zerbrachen und anschließend nicht mehr eindeutig dem jeweiligen Versuchsbäum zugeordnet werden konnten. Insgesamt wurden aus den ersten 13 Probebäumen 3999 Gewebeprobe n aus den genannten Baumkompartimenten gewonnen und inkubiert. Es stammten 3432 Probe n aus asymptomatischem Gewebe und 567 aus symptomatischem Gewebe. Von den übrigen elf Probebäumen wurden insgesamt 3348 Gewebeprobe n inkubiert, davon 2904 aus asymptomatischem und 444 aus symptomatischem Gewebe. Mögliche Verbreitungsmuster der Pilze wurden in einer Raum-Zeit-Analyse untersucht und in Tropf et al. (2025) diskutiert (siehe dafür auch Arbeitspaket 8: Identifikation der Schaderreger und Arbeitspaket 9: Verjüngung).

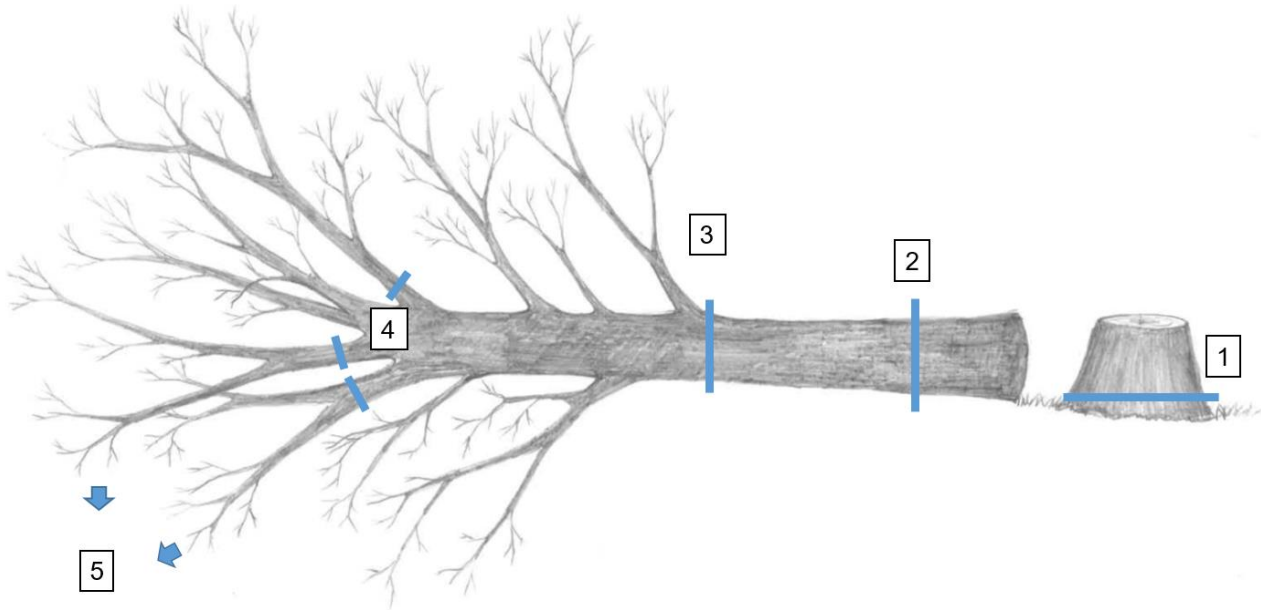


Abbildung 26: Systematische Beprobung des asymptomatischen Gewebes gefällter Probebäume. 1 = Basale Stammscheibe, 2 = Stammscheibe in Höhe des Brusthöhendurchmessers (1,30 m), 3 = Kronenansatz, 4 = Drei Starkäste, 5 = 8 Triebspitzen aus der Lichtkrone. Die Grafik wurde erstellt von Victoria Tropf.

## Arbeitspaket 2: Handlungsempfehlungen

### TV1,2,3.M3: Praxisorientierte Handlungsstrategien und Empfehlungen für die zukünftige Bewirtschaftung, Sanierung bzw. Neubegründung von Rotbuchenbeständen unter veränderten klimatischen Bedingungen für Waldbesitzer und Forstbetriebe als Zusammenführung der im Gesamtvorhaben generierten Erkenntnisse (Waldbau, Pathologie, Kohlenstoffbilanzierung, rechtliche Aspekte) erstellt

Ziel dieses Arbeitspaketes war, praxisorientierte Handlungsstrategien und Empfehlungen für die zukünftige Bewirtschaftung, Sanierung bzw. Neubegründung von Rotbuchenbeständen unter veränderten klimatischen Bedingungen zu erstellen. In die Strategien bzw. Empfehlungen sollten alle Erkenntnisse des Gesamtvorhabens einfließen. Zudem war unser Anliegen, aktuelle Erkenntnisse aus anderen Forschungsprojekten bzw. der nationalen und internationalen Fachliteratur zum Thema „Wälder im Klimawandel“ ebenso zu berücksichtigen wie das Erfahrungswissen der beteiligten Forstbetriebe (s. auch wechselseitiger Wissenstransfer AP 3). Zielgruppe der Empfehlungen sollten vorrangig Waldbesitzende und Forstbetriebe bzw. Waldbewirtschaftende sowie politische Entscheidungsträger sein.

Der Weg der Umsetzung dieses Arbeitspaketes ist - angefangen von der Ausgangssituation des Gesamtvorhabens bis hin zur Formulierung von waldbaulichen Handlungsoptionen – in Abbildung 27 dargestellt. Die resultierenden Empfehlungen sind in der Broschüre „Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel“ ausführlich dargestellt (siehe Arbeitspaket 3: Praxistransfer). Im Folgenden werden daher nur die zentralen Elemente bzw. Inhalte der Broschüre kurz vorgestellt, die die Nutzerinnen und Nutzer bei der Entscheidungsfindung unterstützen sollen.

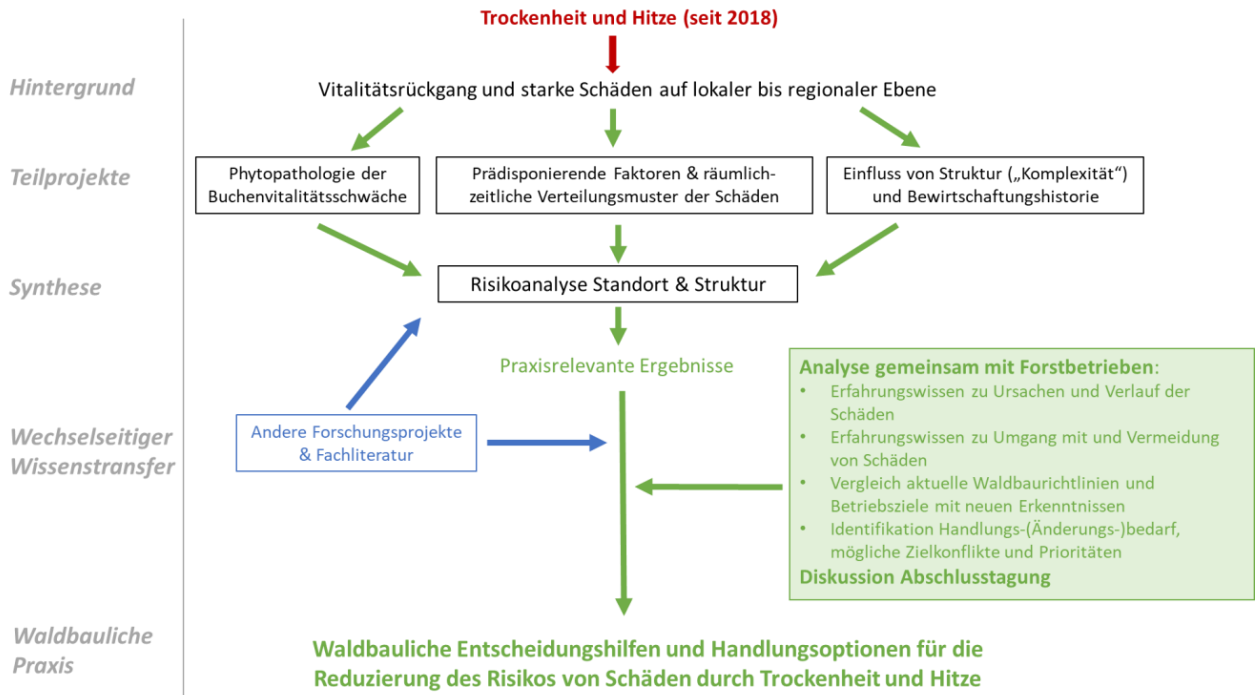


Abbildung 27: Konzept zur Entwicklung von waldbaulichen Entscheidungshilfen und Handlungsoptionen auf Grundlage der Ergebnisse von **Buche-Akut** und einem unmittelbaren Wissensaustausch mit den Landesforstbetrieben Hessen-Forst, Niedersächsische Landesforsten, ThüringenForst und Sachsen-Anhalt.

Das langfristige Ziel für jedes waldbauliche Handeln in Buchenbeständen sollten vitale, dem Klimawandel angepasste oder anpassungsfähige Buchen(misch)wälder sein. Dies kann nach derzeitigem Wissensstand vermutlich am ehesten mit einer Risikostreuung durch Struktur- und Baumartenvielfalt erreicht werden, wie sie in ähnlicher Weise auch im Leitbild des „Dauerwaldes“ angestrebt werden. Bei Eingriffen in bislang struktur- und/oder artenarmen Beständen gilt es, die Förderung der Vitalität der Einzelbäume im Blick zu haben, gleichzeitig aber zu abrupte erstmalige Unterbrechungen des Kronenschlusses zu vermeiden. Von zentraler Bedeutung hierbei ist das Bestandesalter bzw. die Waldentwicklungsphase zum Zeitpunkt des Eingriffs und die Bestandesgeschichte. Die beschriebene Förderung der Vitalität der Einzelbäume erfordert frühzeitige und wiederholte, aber nicht zu starke Eingriffe mit dem Ziel, den Bestand zugunsten von Einzelbaumvitalität und Baumartenvielfalt kontrolliert aufzulichten – im Grunde das Prinzip „früh, mäßig und oft“. Sind solche Eingriffe in frühen Bestandesphasen unterblieben, sollte die Förderung von Struktur- und Baumartenvielfalt in älteren, dicht geschlossenen Beständen mit besonderer Vorsicht erfolgen. Zudem gilt es zu bedenken, dass das Bestandesalter großen Einfluss auf die Auswirkungen von Trockenheit und Hitze und zugleich auf die Auswirkung der waldbaulichen Maßnahmen hat.

Aufbauend auf dieser Zielsetzung und der damit verbundenen übergeordneten Strategie folgen in der Broschüre ein „Entscheidungsbaum“ (Abbildung 28) und eine Erläuterung zu den Entscheidungskriterien „Standortrisikoklasse“ (Tabelle 5) und „Waldentwicklungsphase“ (jung, mittelalt, alt). Der Entscheidungsbaum führt über die Kombinationen von Standortrisiko und Entwicklungsphase zu den detailliert beschriebenen waldbaulichen Handlungsoptionen, die nach aktuellem Stand des Wissens helfen, das Risiko von Schäden durch Trockenheit und Hitze zu reduzieren.

# Entscheidungsbaum

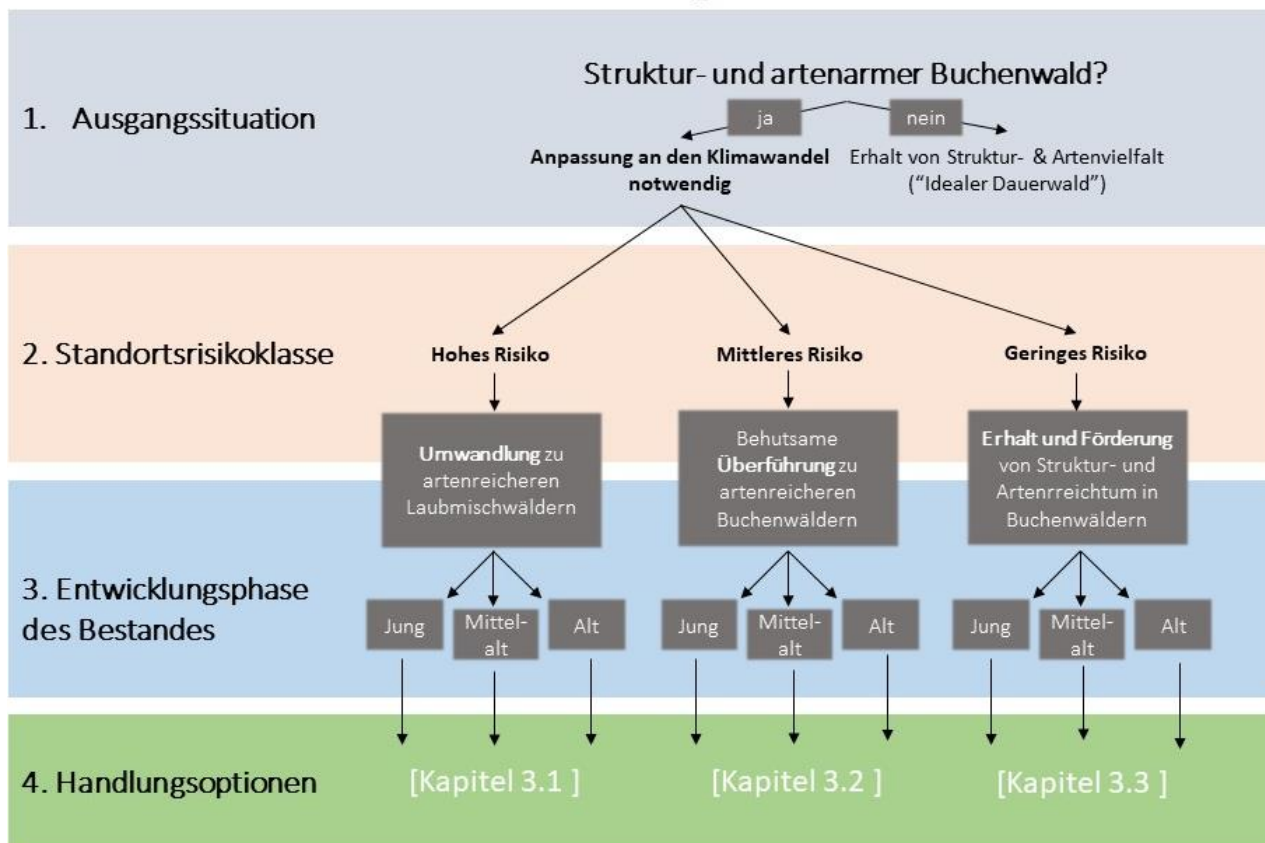


Abbildung 28: Entscheidungsbaum, der zu den konkreten Handlungsoptionen für die waldbaulichen Behandlung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel führt. Die unter '4. Handlungsempfehlungen' genannten Kapitel beziehen sich auf die Handlungsoptionen, die in der Broschüre „Buche-Akut: Buchenkalamitäten im Klimawandel - Ursachen, Folgen, Maßnahmen“ ausführlich dargestellt sind. Diese Broschüre befindet sich zum Zeitpunkt der Berichtsveröffentlichung noch in der Erstellung.

Tabelle 5: Charakterisierung der Standortsrisikoklassen für das Auftreten von Schäden durch Trockenheit und Hitze in Buchenwäldern. Die Klassen stellen eine starke Vereinfachung der Ergebnisse der satellitengestützten Risikoanalyse des Projektes dar, die helfen soll, in der Praxis das Risiko eines konkreten Standortes abzuschätzen. Für die Einordnung in eine Klasse sollten mindestens 2-3 Standorteigenschaften zutreffen.

Standorte mit hohem Risiko	Standorte mit mittlerem Risiko	Standorte mit geringem Risiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>niedrige Niederschläge;</li> <li>geringe Bodenwasserverfügbarkeit</li> <li>flachgründige Hang- und Kuppenlagen</li> <li>trocken-heiße Sonnenhänge</li> <li>Bestände auf feinbodenarmen Decken, flachgründigem Kalk-, Ton- oder Silikatgestein</li> <li>hohe Staunässe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mittlere Niederschläge;</li> <li>mittlere Bodenwasserverfügbarkeit</li> <li>seichte Hanglagen</li> <li>mäßig tiefe Böden</li> <li>Ton-, Kalk-, basenarme und basenreiche Silikatgesteine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Niederschläge</li> <li>hohe Bodenwasserverfügbarkeit</li> <li>tiefgründige Senken</li> <li>luftfeuchte Schatthänge</li> <li>moderate Staunässe oder Grundwasserbeeinflussung</li> <li>tiefgründige Böden, insbesondere Löss- und Sedimentböden</li> </ul>

Ein zentraler Aspekt der Handlungsstrategie ist die Priorisierung der Maßnahmen in Raum und Zeit. So sollte die Umsetzung der Empfehlungen beispielsweise in Buchenreinbeständen auf risikoreichen Standorten Vorrang vor solchen auf risikoarmen Standorten haben. Zudem sollten noch vitale alte Buchenreinbestände langsamer überführt werden als Bestände, die bereits starke Schäden aufweisen. Eine Priorisierung der Maßnahmen auf besonders risikoreichen Standorten, und Verschiebung oder zeitliche Streckung der Maßnahmen auf risikoarmen Standorten mit derzeit noch vitalen Buchenbeständen erhöht die Effizienz der Maßnahmen auf großer Fläche und kommt den Naturschutzziele in vielen, oftmals dicht geschlossen und noch vitalen Buchenaltbeständen entgegen. Bei Maßnahmen in Naturschutzgebieten, insbesondere in Fauna-Flora-Habitat-Gebieten (FFH-Gebieten) zum Schutz von Buchen-Lebensraumtypen, sind überdies die besonderen Schutzziele des jeweiligen Gebietes zu beachten. Sie können im Einzelfall eine Modifikation der Empfehlungen erforderlich machen, z. B. zugunsten der Erhaltung sehr alter Buchenreinbestände auch auf Risikostandorten.

Da die Buche die extremen Witterungsbedingungen auf Freiflächen nicht verträgt, kann sie auf größeren Freiflächen erst nach Etablierung eines Vorwaldes risikoarm gepflanzt werden. Dies gilt auch für Standorte, die gemäß der Risikoanalyse von **Buche-Akut** oder den Baumartenempfehlungen der Länder grundsätzlich gut oder sehr gut für Buche geeignet sind. Neubegründungen von Buchenwäldern auf seit 2018 entstandenen Fichten-Kalamitätsflächen waren zu Beginn des Projektes daher noch nicht vorhanden und konnten somit nicht direkt untersucht werden. Dennoch sollten die Handlungsempfehlungen von **Buche-Akut** zusammen mit den Baumartenempfehlungen der Landesforstanstalten schon bei der ersten Bepflanzung von Kalamitätsflächen verwendet werden. In Thüringen fanden die Ergebnisse von **Buche-Akut** bereits Eingang in die laufende Überarbeitung der Baumartenempfehlungen (s. Teil II, 2 Verwertung) und bieten zusammen mit aktuellen Merkblättern zur Wiederwiederbewaldung Hilfestellung für eine an den Klimawandel angepassten Neubegründung von Buchen(misch)wäldern.

Zudem fanden die Ergebnisse aus Arbeitspaket 5: Rechtliche Prüfung Eingang in die Broschüre.

### **Arbeitspaket 3: Praxistransfer**

An der Thematik des Vorhabens besteht ein großes forstliches und naturschutzfachliches sowie gesellschaftliches Interesse. Alle Ergebnisse des Vorhabens sollten daher über einen zeitgemäßen, zielgruppenorientierten Wissenstransfer zeitnah, stetig und praxisnah zur Verfügung gestellt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein umfassendes Konzept entwickelt und umgesetzt, das den modernen Ansprüchen an Informationsaufbereitung und -bereitstellung sowie dem Wunsch nach einem wechselseitigen Austausch von Wissen und Erfahrungen zwischen Forschung und Praxis entspricht. Das Konzept umfasst verschiedene Komponenten bzw. Wege der Wissenschaftskommunikation, der Wissensvermittlung und des Wissensaustausches, die in Tabelle 6 zusammengestellt sind.

Die Wissenstransfer-Wege sind inhaltlich eng miteinander verknüpft, unterscheiden sich hinsichtlich der genutzten Medien und dem Detailgrad an Informationen jedoch deutlich voneinander. Die Vielfalt an Wegen sollte helfen, der zunehmenden Heterogenität der früher oft als in sich einheitlich verstandenen Zielgruppen „forstliche Praxis“, „Naturschutzpraxis“ und „interessierte Öffentlichkeit (Waldinteressierte)“ gerecht zu werden. Bei der Planung und Umsetzung des Wissenstransfers hatten wir v.a. folgende Zielgruppen im Blick:

1. Waldbesitzende aller Eigentumsformen
2. Waldbewirtschaftende aller Eigentumsformen (Revier- und ForstamtsleiterInnen, Funktionsbeamte der Landesforstbetriebe)
3. Akteure des amtlichen und ehrenamtlichen Naturschutzes
4. Forstliche und naturschutzfachliche Unternehmen, einschließlich Holzindustrie
5. Waldpolitische Entscheidungsträger
6. Wissenschaft und Forschung
7. Interessierte Öffentlichkeit

Neben vertrauten und bewährten Medien und Formaten, wie Vorträge, Poster, Exkursionen und Veröffentlichungen wurde in diesem Vorhaben erstmals ein „Wissenstransfer-Set“ entwickelt und genutzt, welches aus drei modernen, aufeinander aufbauenden und sich ergänzenden Medien zusammengesetzt ist: (1) Instagram, (2) Radio-Podcast und (3) Video-Podcast (Details s. u.). Im Bereich der forstlichen Ressortforschung stellt dieses Set ein Novum dar, dessen Umsetzung mit einer Vielzahl an Herausforderungen verbunden war. Mit Unterstützung der beteiligten Institutionen und externer Expertise medienschaffender Unternehmen konnten diese Herausforderungen erfolgreich bewältigt werden. Die bisherigen Erfahrungen und technischen Lösungsmöglichkeiten stehen nun zur Verfügung und können von anderen Forschungsprojekten und -gruppen in den jeweiligen Institutionen genutzt werden (s. Teil II, 2 Verwertung).

Tabelle 6: Übersicht der Komponenten bzw. Wege des Wissenstransfers in Buche-Akut, ihre primären Zielgruppen und Inhalte.

Komponenten/Wege	Primäre Zielgruppen	Inhalte
<b>Umfrage</b> Fragebogen für Revierleiterinnen und -leiter der Intensivmessflächen	<b>Buche-Akut</b> Team und seine unmittelbaren Praxispartner (Teil der Projektplanung und Flächenauswahl)	(1) Bewirtschaftungshistorie der Untersuchungsflächen und waldbaulicher Umgang mit den jüngsten Schäden (2) Präferenzen für Wissenstransferwege
<b>Praxisorientierte Veranstaltungen</b>  Regionale Praxisseminare (mit Vorträgen, Postern und Exkursionen)  Überregionale forstliche Veranstaltungen (mit Vorträgen, Postern und Exkursionen)	Waldbesitzende, Waldbewirtschaftende und amtlicher Naturschutz des Untersuchungsgebietes  Waldbesitzende, Waldbewirtschaftende und Naturschutz	Projektvorstellung und -ergebnisse, Erfahrungsaustausch und offene Fragen aus der Praxis  Projektvorstellung und -ergebnisse, Erfahrungsaustausch und offene Fragen aus der Praxis
<b>Internetseite des Projektes</b>	Alle Waldakteure und Waldinteressierte	Projektvorstellung und -ergebnisse
<b>Wissenstransfer-Set „BucheAkut – Forschen für die Buche von morgen“</b>		
Instagram	Junge Waldbewirtschaftende und Waldinteressierte	Kurzmeldungen zu Aktivitäten und Ergebnissen des Projektes
Video-Podcast	Alle Waldakteure und Waldinteressierte	Hintergründe des Projektes, Ziele, Methoden und Vorstellung des Projektteams („Forschung mit Gesicht“)
Radio-Podcast	Alle Waldakteure und Waldinteressierte, insbes. junge Waldbesitzende und Waldbewirtschaftende	Ziele, Methoden und Ergebnisse des Projektes sowie Forschungs- bzw. Arbeitsalltag
<b>Diskussionsforum im Intranet von ThüringenForst</b>	Mitarbeitende des Landesforstbetriebs	Stand des Wissens und aktuelle Diskussionen rund um das Thema „Buchenwälder im Klimawandel“
<b>Abschlusstagung</b> (mit Podiumsdiskussion und Exkursion)	Waldbesitzende, Waldbewirtschaftende, Unternehmen, Naturschutz und Waldpolitik	Ergebnisse des Projektes und Diskussion der Ergebnisse mit VertreterInnen der forstlichen Praxis, Holzverarbeitenden Industrie und Wissenschaft
<b>Broschüre „Handlungsoptionen“</b> (s. AP 2 & M4)	Waldbesitzende, Waldbewirtschaftende, Naturschutz und Waldpolitik	Ergebnisse des Projektes und daraus abgeleitete, waldbauliche Handlungsoptionen
<b>Wissenschaftliche Tagungen</b> (mit Vorträgen und Postern)	Wissenschaft und Forschung	Forschungsergebnisse
<b>Wissenschaftliche Publikationen</b>	Wissenschaft und Forschung, Leitungen der Landesbetriebe, Waldpolitik	Forschungsergebnisse

Im Folgenden werden die in Tabelle 6 genannten Komponenten bzw. Wege des Wissenstransfers, die über wissenschaftliche Publikationen und Tagungen hinausgehen, ausführlich beschrieben.

### Umfrage unter Revierleiterinnen und -leitern der Untersuchungsflächen (VIPs)

Zu Beginn des Projektes wurde an die Revierleiterinnen und -leiter der ausgewählten Untersuchungsflächen ein Fragebogen versandt. Ziel der Befragung war es, möglichst detaillierte Informationen zu erhalten (1) über die Bewirtschaftungshistorie und -planung auf den VIPs, (2) größere Schadereignisse und den waldbaulichen Umgang mit ihnen, und (3) die bevorzugten Wege für einen wechselseitigen Wissenstransfer. Die Leitfragen lauteten:

#### A) Bewirtschaftungshistorie- und planung

- Welche Maßnahmen waren laut Forsteinrichtungswerk in den letzten 10 Jahren auf der Fläche geplant?
- Welche Maßnahmen haben Sie in den letzten 10 Jahren auf der Fläche umgesetzt?

- Welche Maßnahmen sind laut Forsteinrichtungswerk in kommenden 10 Jahren auf der Fläche geplant?
- Gibt es weitere Informationen zur Fläche, die von Interesse sein könnten?
- Auf welchen Waldfunktionen liegt der Fokus der Bewirtschaftung der Untersuchungsfläche bzw. des Bestandes?

#### B) Umgang mit Schadereignissen

- Ist es auf der Fläche in den letzten 20 Jahren zu Schäden in Folge von Sturm, Dürre oder Befall mit Schädlingen gekommen?
- Falls ja: wie wurde mit den Schäden umgegangen (z.B. Sanitärhiebe, einzelbaumweise Fällung, Fällungen in größerem Umfang, Belassen stehenden/liegenden Totholzes, Räumung etc.)
- Falls nein, gab es allgemein in den letzten 20 Jahren Schadereignisse in Buchenbeständen Ihrem Revier?
- Wie schätzen Sie den Erfolg Ihrer Maßnahmen ein?
- Inwiefern würden Sie in Anbetracht der derzeitigen Entwicklungen und Herausforderungen das Waldbaukonzept in Ihrem Forstamt bzw. die Bewirtschaftung der Buchenflächen in Ihrem Revier anpassen?

#### C) Bevorzugte Wege des Wissenstransfers

- Welche Medien und Kommunikationswege würden Sie bevorzugen, um über die Aktivitäten und Ergebnisse des Forschungsprojektes und allgemein zum Thema Buchenkalamitäten und zukünftige Bewirtschaftung der Buche informiert zu werden und, um ggf. Ihre eigenen Fragen und Anliegen einzubringen?

An der Umfrage haben 22 von 25 befragten Revierleiterinnen und -leitern teilgenommen. Die Ergebnisse zu Schäden und der Umgang mit ihnen waren zentraler Bestandteil der Flächenauswahl und der Interpretation der Ergebnisse und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Auf 16 von 20 Flächen wurden Buchenschäden gemeldet, auch auf Flächen mit z.T. langjährigem Nutzungsverzicht
- Auf 8 dieser 16 Flächen erfolgte zwischen 2015 und 2018 ein Eingriff
- Auf 9 Flächen liegt der Schwerpunkt auf der Nutzungsfunktion
- Von den 11 Flächen mit vorrangiger Schutz- / Erholungs- oder Forschungsfunktion traten auf 8 Schäden auf
- Jeweils die Hälfte der Befragten hat sich für die Entnahme bzw. das Belassen (ggf. aber Verkehrssicherung) der geschädigten Bäume entschieden

Die Antworten bzw. Impulse zu möglichen Anpassungen der Buchenbewirtschaftung an die aktuellen Entwicklungen spiegelten z. T. sehr unterschiedliche Strategieansätze wider. Häufig wurde eine Reduzierung der Eingriffsstärke bzw. Vermeidung von Freistellung genannt. Sowohl eine Abkehr von Z-Baum-Auswahl und -Freistellung wurden vorgeschlagen als auch eine frühere Freistellung und Konzentration des Zuwachses auf die Z-Bäume verbunden mit einer Absenkung der Umtriebszeit. Die große Bandbreite der Antworten zeigte sich auch in vielen weiteren Gesprächen mit Waldbewirtschaftenden im Untersuchungsgebiet, und bestätigte den Eindruck, dass in der forstlichen Praxis häufig große Unsicherheit bzgl. der laufenden und zukünftigen Bewirtschaftung von Buchenwäldern besteht.

Die Antworten zu bevorzugten Wissenstransfer-Wege ergaben eine deutliche Präferenz für Informationsveranstaltungen und Exkursionen gefolgt von Informationen im Rahmen von Dienstbesprechungen, Publikationen in Fachzeitschriften und Newsletter. Die deutliche Präferenz von Informationsveranstaltungen und Exkursion in dieser kleinen Umfrage, deckt sich mit einer ähnlichen Umfrage im Rahmen des DFG-Projektes „Biodiversitätsexploratorien“, bei der 165 Antworten aus der forstlichen Praxis ausgewertet wurden (<https://www.biodiversity-exploratories.de/de/praxis-wissen/wissenstransfer-der-biodiversitaets-exploratorien/>). Die wichtigsten Gründe für diese Präferenz sind gemäß persönlicher Gespräche mit Waldbewirtschaftenden des Untersuchungsgebietes: (1) die Vorstellung des Wissens in kompakter, visuell aufbereiteter Form, (2) die Möglichkeit des unmittelbaren Austausches mit den Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen, insbesondere bzgl. Verständnisfragen oder eigenen praktischen Fragen, (3) die Verknüpfung von Theorie und Praxisbeispielen bzw. Anschauung im Wald. Ein in Gesprächen ebenfalls häufig genannter Aspekt ist, dass die Informationsveranstaltungen mehrfach und dezentral stattfinden sollten, so dass die Anreise für die Teilnehmenden möglichst kurz ist.

Diese Ergebnisse zum Wissenstransfer bestärkten uns in dem Vorhaben, einen Schwerpunkt auf die Durchführung regionaler Praxisseminare mit Exkursionsteil sowie die aktive Teilnahme an überregionalen forstlichen Veranstaltungen zu setzen. Vorstellungen des Projektes und seiner Ergebnisse im Rahmen von Dienstberatungen waren angesichts des damit verbundenen sehr großen zeitlichen und personellen Aufwandes im Rahmen des Projektes nicht umsetzbar. Ähnliches galt für einen regelmäßigen Newsletter. Als Alternative hierzu wurden das Diskussionsforum im Intranet und der Nachrichten-Bereich auf der Internetseite des Projektes bei ThüringenForst eingerichtet (s.u.).

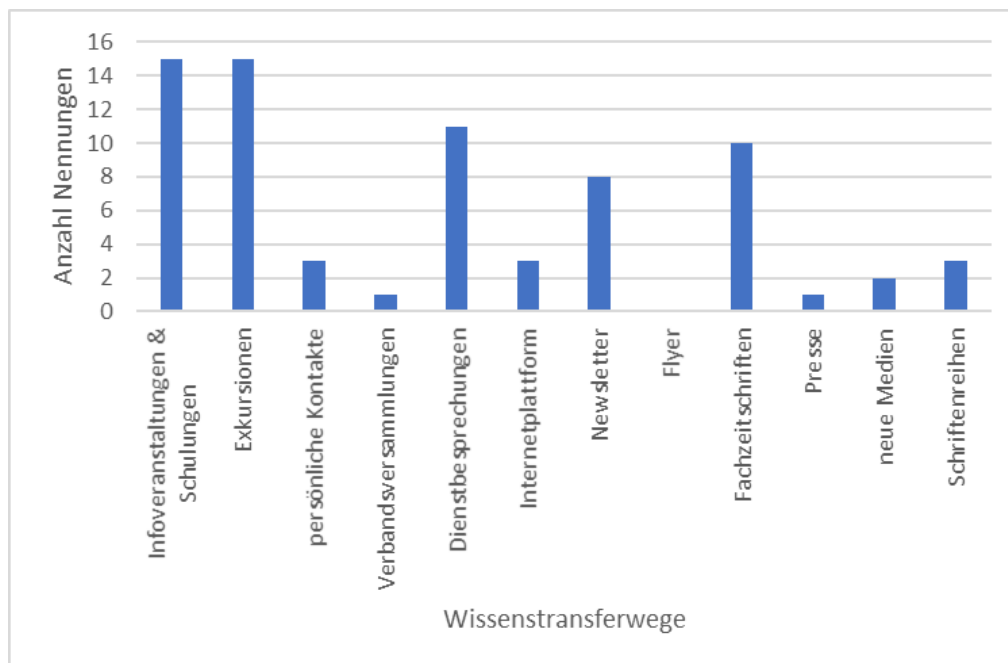


Abbildung 29: Antworten auf die Frage „Welche Medien und Kommunikationswege würden Sie bevorzugen, um über die Aktivitäten und Ergebnisse des Forschungsprojektes und allgemein zum Thema Buchenkalamitäten und zukünftige Bewirtschaftung der Buche informiert zu werden, um ggf. ihre eigenen Fragen und Anliegen einzubringen?“

### Regionale Praxisseminare mit Vorträgen, Postern und Exkursionen

Die Praxisseminare nahmen eine zentrale Rolle im Wissenstransfer des Projektes ein. Die Teilnehmerschaft umfasste insbesondere Revier- und ForstamtsleiterInnen sowie Funktionsbeamte der Landesforstbetriebe. Alle Seminare wurden vom TV1 organisiert und von den drei Teilvorhaben gemeinsam umgesetzt. Jedes Seminar bestand aus einem Vortragsteil mit PowerPoint-Präsentationen und einem Exkursionsteil mit mehreren Stationen, Postern und einer Feedback-Runde. In der Feedback-Runde wurde eine Bewertung des Seminars durch die Teilnehmenden abgefragt. Diese fiel bei allen Seminaren überwiegend sehr positiv aus. Verbesserungsbedarf wurde v.a. hinsichtlich der Praxisrelevanz einiger Ergebnisse und konkreter Handlungsempfehlungen geäußert. Der fachliche Austausch im Rahmen dieser Seminare fand ebenso Eingang in die Handlungsempfehlungen wie die Fachgespräche mit VertreterInnen der beteiligten Landesforstbetriebe (s. AP 2). Eine Liste aller Seminare ist im Anhang Anlage 8: Projekt ereignisse in Tabelle 11: Wissenstransfer im Rahmen praxisorientierter Veranstaltungen zu finden.

### Überregionale forstliche Veranstaltungen mit Vorträgen, Postern und Exkursionen

Die aktive Teilnahme an überregionalen forstlichen Veranstaltungen erlaubte ähnlich den Praxisseminaren einen direkten Wissenstransfer aus der Forschung in die forstliche Praxis. Eine Liste aller Veranstaltungen ist ebenfalls im Anhang Anlage 8: Projekt ereignisse zu finden. Zwei der prominentesten Veranstaltungen waren die Durchführung einer Ganztags- und einer Halbtagesexkursion im Rahmen der 71. Tagung des Deutschen Forstvereins in Fulda (<https://www.forstverein.de/veranstaltungen/forstvereinstagungen/fulda-2024/programm.html>).

Die Ganztagesexkursion (21.09.2024) mit dem Titel „Wie weiter mit der Rotbuche? – Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt Buche-Akut“ wurde gemeinsam mit dem Forstamt Hofbieber durchgeführt. Auf dieser Exkursion wurden die ersten Forschungsergebnisse entlang eines Themenparcours anhand von Postern und verschiedenen Wald- und Schadbildern im Forstamt Hofbieber / Revier Hilders vorgestellt und diskutiert. Die Themenblöcke waren: Das Forstamt und die Region, Chancen und Risiken der Buche im Klimawandel, die Buchenvitalitätsschwäche und ihre Ursachen, Laserscanning zur Messung struktureller Veränderungen im Wald, waldbauliche Strategien und Verkehrssicherungspflichten im Klimawandel. Die Halbtagesexkursion

(20.09.2024) führte in die Wälder des Naturschutzgebietes Schafstein. Die naturnahen Altbestände dort wurden insbesondere aus mykologischer und forstpathologischer Sicht vorgestellt.

### Internetseite des Projektes

Die Internetseite (Webseite) des Projektes wurde als eine Unterseite des Internetauftritts (Website) von ThüringenForst eingerichtet: <https://www.thueringenforst.de/forschungsfelder-projekte/buche-akut>. Zudem wurde eine Webseite zum TV 2 als Unterseite des Internetauftritts der NW-FVA eingestellt und mit der Projekt-Internetseite verlinkt (<https://www.nw-fva.de/forschen/projekte/buche-akut>). Der Einrichtung der Projekt-Internetseite ging ein intensiver Abwägungsprozess zwischen zwei Optionen voraus: (1) eigenständige Internetseite mit eigener Domain oder (2) Unterseite des Internetauftritts von ThüringenForst. Hierbei ging es vor allem um die Vor- und Nachteile bzgl. (a) Aufwand für die IT-technische Umsetzung, (b) Nutzerfreundlichkeit und Optimierung der Außenwahrnehmung, (c) Aufwand für technische Wartung und inhaltlicher Pflege sowie Aktualisierung, und (d) Erhaltung der Seite über die Projektlaufzeit hinaus. Die entscheidenden Gründe dafür, die Projektseite als Unterseite der Website von ThüringenForst einzurichten, waren: (1) Möglichkeit bereits implementierter Templates, Datenschutztools für Externe-Medien und automatischer Verlinkungen innerhalb der ThüringenForst Website zu nutzen, und (2) Erhaltung der Seite nach Projektende durch ThüringenForst.

Während zu Beginn des Projektes die Vorstellung des Projektes an sich, d.h. seine Hintergründe, Ziele, Methoden und Akteure, im Vordergrund standen, wurde parallel zu den ersten Ergebnissen und zur Produktion des Video- und Radio-Podcasts mit der Erstellung eines „Wissenstransfer-Blogs“ begonnen. Die Einstellung der Videos und der Feeds zum Radio-Podcast innerhalb des Internetauftritts von ThüringenForst waren dabei mit großen administrativen, IT-technischen und Datenschutz-technischen sowie personellen Herausforderungen verbunden. Diese konnten dank der Expertise in den Institutionen der Projektpartner sowie der Unternehmen NatureCam und ForstErklärt bewältigt werden.

Über die Eingangsseite des Wissenstransfer-Blogs sind nun in kompakter Form die Kurznachrichten aus dem Projekt, die beiden Podcasts und die Liste der Veröffentlichungen, Vorträge und Praxisseminare abrufbar (Abbildung 30). Die Podcasts können nutzerfreundlich und unter besonderer Berücksichtigung des Datenschutzes direkt abgerufen werden. Die Nachrichten (Abbildung 31) werden zudem automatisiert auf der News-Seite von ThüringenForst angezeigt. Die Zugriffsstatistiken der Internetseite weisen auf eine deutliche Zunahme der Nutzung der Internetseite hin kurz nachdem sie Ende Januar 2025 umfassend aktualisiert und der „Wissenstransfer-Blog“ ergänzt wurden (pers. Mitteilung Stabstelle Kommunikation, Medien/ThüringenForst). Die häufigsten Zugriffe erfolgten über Suchmaschinen.



Abbildung 30: Screenshot der „Eingangsseite“ zum „Wissenstransfer-Blog“ (Stand: September 2025).

## BucheAkut Nachrichten



### BucheAkut - Abschlusstagung des Forschungsprojekts

20. Juni 2025: Am 4. und 5. Juni 2025 fand an der NW-FVA in Göttingen die Abschlusstagung des Projekts „BucheAkut“ statt.

› [Weiterlesen](#)



### BucheAkut - Folge 6 des Podcasts veröffentlicht

13. Juni 2025: Unsere ersten Forschungsergebnisse

› [Weiterlesen](#)



### Einladung Projektabschlusstagung 04. – 05. Juni 2025 NW-FVA Göttingen

1. April 2025: BucheAkut-Projektabschlusstagung; ANMELDUNG, Kurzprogramm, Tagungsort...

› [Weiterlesen](#)



### Pathogener Pilz der Esche jetzt auch an Buche entdeckt

30. Januar 2025: BucheAkut-Projekt: Das Team der NW-FVA im Teilprojekt „Waldschutz“ hat den Eschen-Schädling *Diplodia fraxini* zum ersten Mal auch an der Rotbuche...

› [Weiterlesen](#)



### Auswirkungen des jüngsten Witterungsgeschehens auf eine mögliche Erholungsfähigkeit der Buche

30. Januar 2025: BucheAkut-Projekt: Die Witterung im Jahr 2024 war für das Wachstum vitaler Buche sehr günstig. Ob die feucht-warme Witterung aber auch die Erholung...

› [Weiterlesen](#)



### Krankmachender Pilz kommt schon in der Baumverjüngung vor, lange bevor er zu sichtbaren Schäden führt

16. Januar 2025: BucheAkut-Projekt: Die Suche nach den Ursachen und zahlreichen Einflussfaktoren der starken Schäden in unseren Buchenwäldern ist sehr schwierig. Dies...

› [Weiterlesen](#)

Abbildung 31: Screenshot des Bereichs Nachrichten innerhalb des Wissenstransfer-Seiten (Stand: September 2025).

## Wissenstransfer-Set „BucheAkut – Forschen für die Buche von morgen“

Um insbesondere auch junge, medien-affine Waldbewirtschaftende und -besitzende zu erreichen sowie die interessierte Öffentlichkeit, wurde ein Wissenstransfer-Set aufgebaut, welches aus drei, aufeinander aufbauenden modernen Medien besteht:

- Instagram-Account „@BucheAkut“
- Video-Podcast
- Radio-Podcast

Das Konzept zum Wissenstransfer-Set wurde von den Mitarbeitenden des Projektes gemeinsam entwickelt und umgesetzt. Das Logo zum Set (Abbildung 30), welches auch als Thumbnail für den Radio-Podcast dient, wurde vom Projektteam mit Beratung durch das Unternehmen „NatureCam“ gestaltet. Schon bald nach der ersten Verwendung als Thumbnail zeigte sich, dass dieses Logo einen großen, positiv konnotierten Wiedererkennungswert für das gesamte Projekt hat. Daher repräsentiert es als „Projekt-Logo“ nun auch das Projekt als Ganzes.

### Instagram-Account „@BucheAkut“

Die Instagram-Nachrichten (Abbildung 32) dienen v.a. der Bekanntmachung („Sprachrohr“) des Projektes, seinen Aktivitäten und den Veröffentlichungen der Podcast-Folgen. Über die Instagram-Nachrichten sollten die NutzerInnen auf diese Inhalte neugierig gemacht werden und zu den anderen, vom Projekt genutzten Medien (Internetseite, Video- und Radio-Podcast) weitergeleitet werden. Die grafische und inhaltlich Gestaltung sowie das Posten erfolgten durch TV1. Die einzelnen Posts bestanden in der Regel aus vier Elementen: Eröffnungsbild als Teaser, Sachinformation in verständlicher Sprache, Nennung der Projektförderung und der Projektpartner.

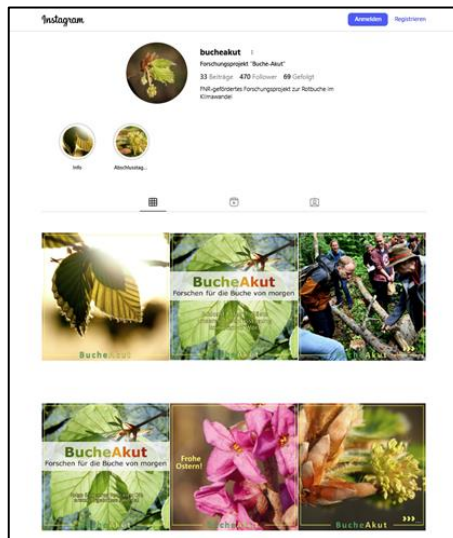


Abbildung 32: Screenshot des Instagram-Accounts „@BucheAkut“ (18.09.2025)

Während die Internetseite und die Podcasts als erfolgreiche und verstetigbare Wege des Wissenstransfer bewertet werden können, werden die bisherigen Erfahrungen mit Instagram kritisch gesehen. Es zeigte sich, dass die regelmäßige und häufige Einstellung von Posts sehr zeitaufwendig war und über die ganze Projektlaufzeit hinweg nicht mit der geplanten Frequenz erfolgen konnte. Anhand der „Follower“ lässt sich ablesen, dass der Account bislang nur von einem relativ kleinen Kreis von forstlichen Nutzerinnen und Nutzern besucht wurde. Die Bilanz von Aufwand und Nutzen des Accounts ist daher im Vergleich zu den anderen Medien deutlich ungünstiger. Hinzu kommen die jüngsten internationalen Entwicklungen und kritischen Berichte, die an der Neutralität und den demokratischen Grundwerten des Meta-Konzerns, zu dem Instagram gehört, zweifeln lassen. Daher hat das Projekt-Team entschieden, nach einem Post zur letzten Folge des Radio-Podcast sich von den Nutzerinnen und Nutzern zu verabschieden und die Nutzung des Instagram-Accounts einzustellen.

#### Video-Podcast

Ziel des dreiteiligen Video-Podcasts war es, die Problematik von Klimawandel und Buchenvitalitätsschwäche als Motivation für das Projekt sowie die Ziele und Methoden des Projektes auf eine möglichst attraktive und visuelle Art und Weise vorzustellen. Die Videos erlauben es zudem, die Pilze und ihre Schadbilder, die eine zentrale Rolle bei der Buchenvitalitätsschwäche spielen, direkt am Baum zu zeigen und so bekannt zu machen. Nicht zuletzt boten die Videos die Möglichkeit, den Zuschauern die Forschenden selbst und ihre Arbeit näherzubringen und so Vertrauen schaffen („Forschung mit Gesicht“).

Planung und Regie des Video-Podcast wurden durch TV 1 mit Unterstützung des Unternehmens NatureCam (Markkleeberg) vorbereitet. Die Produktion erfolgte durch NatureCam (Kamera, Schnitt, Beratung) zusammen mit dem Projektteam (Inhalte, Darstellung). Der Podcast umfasst drei Folgen:

1. Trockenheit, Hitze und geschädigte Buchenwälder – Startpunkt und Motivation für unser Projekt. Mit Ingolf Profft.
2. Bizarr und gefährlich – Pathogene Pilze im Wald und ihre Rolle bei der Buchenvitalitätsschwäche. Mit Dr. Gitta Langer.
3. Standort, Witterung, Bewirtschaftung oder alle drei? – Die Suche nach den Ursachen. Mit Joscha Menge.

Für die Veröffentlichung der Videos standen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl. Diese wurden vom TV1, Datenschutz- und IT-Experten sowie der Stabstelle Kommunikation und Medien/ThüringenForst intensiv geprüft und diskutiert. Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile wurden die Videos auf der Projekt-Internetseite eingebettet. Für die Einbettung wurde ein Service von YouTube verwendet. Dieser Service erlaubt es, die Videos direkt auf der Projektseite und ohne Werbung anzuschauen. Die Videos können auch mit dem entsprechenden Link über YouTube aufgerufen, jedoch nicht über die Suchfunktion von YouTube gefunden werden, da es aktuell keinen öffentlichen ThüringenForst-Kanal gibt.

#### Radio-Podcast

Der Radio-Podcast hatte zum Ziel, das Projekt, die Methoden und alltägliche wissenschaftliche Arbeit sowie die Projektergebnisse allgemein verständlich und kurzweilig in Form von Gesprächen vorzustellen. Wie beim Video-Podcast geschah dies durch das Projektteam selbst. „Gastgeber“ (Host) und Gesprächspartner waren in den Folgen 1-6 (s.u.) Prof. D. Seidel (Projektleiter TV 3) bzw. Mitarbeitende des Projekts. In der letzten

Folge kamen Gäste der Abschlusstagung zu Wort und Prof. Seidel fasste als „Moderator“ die wichtigsten Ergebnisse und Handlungsempfehlungen des Projektes zusammen.

Die Konzeption des Radio-Podcasts wurde von allen Mitarbeitenden des Projektes und mit Unterstützung des Unternehmens „Forst erklärt GbR“ (Neustrelitz) gemeinsam entwickelt. Die Aufnahmen und die Postproduktion erfolgten durch „Forst erklärt“. Das Hosting wurde an den Podcast-Hosting-Dienst „LetsCast“ (<https://letscast.fm/>) übergeben. Dieser Dienst erfüllt die deutschen Datenschutzrichtlinien (DSGVO; <https://letscast.fm/privacy>) und ermöglicht eine weltweite Bereitstellung des Radio-Podcasts über alle gängigen Podcast-Plattformen. Der Podcast kann zudem über die Internetseite des Projektes (s.o.) sowie bei LetsCast abgerufen werden (<https://letscast.fm/sites/bucheakut-forschen-fuer-die-buche-von-morgen-a9d9659b>). Die erste Staffel umfasste fünf Folgen, die zweite Staffel zwei Folgen:

- 1: BucheAkut: Forschen für die Buche von morgen - mit Prof. Dr. Dominik Seidel (veröff. 11.03.2025)
- 2: Unterwegs im Datenwald - mit Dr. Kirsten Fritz (veröff. 11.03.2025)
- 3: Mitteldeutschland von oben - Mustersuche für Waldschäden mit Joscha Menge (veröff. 18.03.2025)
- 4: Tatort im Buchenwald - Den Pilzen auf der Spur mit Dr. Gitta Langer (veröff. 25.03.2025)
- 5: Draußen und im Labor - Wir begleiten den Pflanzenpathologen Jan Tropf (veröff. 01.04.2025)
- 6: Trockenstress und schädliche Pilze - eine gefährliche Kombination vorgestellt von Joscha Menge und Jan Tropf (veröff. 21.05.2025)
- 7: Das große Finale: Die wichtigsten Ergebnisse und spannende Perspektiven auf die Abschlusstagung – mit Prof. Dr. Dominik Seidel und Gästen. (veröff. 28.08.2025)

Zur ersten Vorstellung des Projektes und als Auftakt für die eigene Podcastreihe war Herr Profft (Projektleiter TV 1) Gast in dem etablierten und erfolgreichen Podcast „ForstErklärt“ (<https://forsterklaert.de/podcast>, veröff. 24.01.2024). Die Veröffentlichung der ersten beiden Folgen von BucheAkut wurden umfassend beworben: über die Internetseite des Projektes bei ThüringenForst und die Webseite der NW-FVA, den Instagram-Account, eine Rundmail an alle Praxispartner des Projektes und eine Presseinformation, die an deutschsprachige Fachzeitschriften im Bereich Forstwirtschaft, Naturschutz und Landwirtschaft versandt wurde (Beispiel s. Abbildung 33). Die weiteren Folgen wurden ebenfalls über die Internetseiten und Rundmails an die Praxispartner beworben sowie bei allen Vorträgen und Veranstaltungen des Projektes.



Abbildung 33: Screenshot der Pressemeldung zur Veröffentlichung des Radio-Podcasts in der digitalen Ausgabe der AFZ (Allgemeine Forst- und Jagdzeitung; [https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2024-12/aktuell-bund-lander/006\\_neuer-podcast-bucheakut](https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2024-12/aktuell-bund-lander/006_neuer-podcast-bucheakut))

Die bisherige Nutzung des Podcasts kann als großer Erfolg gewertet werden. So erhielt das Projektteam nicht nur persönlich positive Rückmeldungen, sondern auch die Nutzungsstatistik des Podcast, die vom Hosting-Dienst LetsCast zur Verfügung gestellt wird, belegt ein großes Interesse an dem Podcast (Abbildung 34). Im Zeitraum 11.03.2024 bis 19.09.2025 wurden insgesamt 2946 Downloads verzeichnet. Die Anzahl an monatlichen HörerInnen lag in diesem Zeitraum zwischen 19 und 154, und der Abruf erfolgt sowohl im Inland als auch im Ausland.

Für das Projektteam ebenso wie für die beteiligten Institutionen der Ressortforschung waren der Video- und der Radio-Podcast ein Novum verbunden mit zahlreichen unerwarteten administrativen und technischen Hemmnissen, die es zu überwinden galt. Mit der erfolgreichen Umsetzung der Podcasts liegen nun umfangreiche Erfahrungen vor und es besteht ein großes Potential, den eingeschlagenen Weg eines zielgruppenorientierten, modernen Wissenstransfers fortzusetzen.



Abbildung 34: Nutzerstatistik des Radio-Podcast (bereitgestellt von LetsCast).

### Diskussionsforum „Zukunft der Buche“ im Intranet von ThüringenForst

Das digitale Diskussionsforum „Zukunft der Buche“ wurde im Intranet von ThüringenForst (Software: Atlassian Confluence) eingerichtet. Das Forum stellt eine Art „Pilotprojekt“ dar, welches aus **Buche-Akut** heraus den betriebsinternen Austausch von Wissen, Erfahrungen und Meinungen zu diesem wichtigen Thema verstetigen und fördern soll. Auf dem Forum können alle Mitarbeitenden von ThüringenForst drängende Fragen, Themen und Kommentaren eingeben und Dokumente (z. B. Literatur, Fotos) hochladen. Auch Befürchtungen oder Unsicherheiten im Kontext von Buchenwaldbewirtschaftung und Klimawandel sollen hier ausgetauscht werden können.

Zum Auftakt des Forums wurden Fragen eingestellt, die auf den Praxisseminaren von **Buche-Akut** zur Sprache kamen, aber nicht abschließend geklärt werden konnten. Ergänzt wurden die Fragen um eine erste „Antwort“, die den Stand des Wissens in kurzer und allgemein verständlicher Form wiedergibt. Als Beispiel seien folgende Fragen genannt: (1) Mehr Licht oder mehr Schatten - was brauchen unsere Buchenwälder in Zeiten des Klimawandels? (2) Verhungern oder verdursten Buchen bei Trockenheit? (3) Sagt der Belaubungszustand der Bäume wirklich etwas über die Vitalität oder den Trockenstress von Bäumen aus?

Das Forum wurde über Blog-Einträge im Intranet von ThüringenForst und die Mitarbeiterzeitschrift „DasBlatt“ von ThüringenForst beworben. Hierbei wurden die MitarbeiterInnen von ThüringenForst explizit eingeladen, aktiv an dem Forum teilzunehmen. Die bisherigen Inhalte des Forums wurden zwar wahrgenommen und in persönlichen Gesprächen auch diskutiert oder durch weitere Fragen bzw. Themenblöcke ergänzt (Zukunft der Fichte, Wälder zwischen Klimaschutz und Klimawandel), eine aktive Teilnahme der Mitarbeiterschaft an dem Forum erfolgte aber bislang nicht. Die wiederholte Bewerbung des Forums sowie eine Evaluierung möglicher Gründe für die bislang rein rezipierende Nutzung des Forums wird durch Mitarbeitende des TV 1 auch nach Abschluss des Projektes fortgesetzt werden.

### **Abschlussstagung mit Podiumsdiskussion und Exkursion**

#### **TV1.M5: Abschlussstagung für das Gesamtvorhaben als ein Ansatz für einen umfassenden Wissenstransfer aus dem Vorhaben in die Praxis**

Am 4. und 5. Juni 2025 fand an der NW-FVA in Göttingen die Abschlussstagung des Projekts statt. Im Vortragsteil präsentierte das Projektteam seine Forschungsergebnisse und die aus ihnen abgeleiteten Handlungsempfehlungen (s. auch Arbeitspaket 2). In der anschließenden Podiumsdiskussion wurden notwendige Anpassungen der Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern mit Gästen aus Forstverwaltung, Holzindustrie und Wissenschaft diskutiert. Am zweiten Tag führte eine Exkursion zum „Hünstollen“ in der Nähe von Göttingen. Anhand verschiedener Waldbilder im „Naturwald Hünstollen“ und den umliegenden Wirtschaftswäldern entstand ein reger Austausch über die Resistenz und Resilienz der Buche und anderer Baumarten gegenüber dem Klimawandel sowie die Möglichkeiten und Grenzen einer Anpassung durch Waldbau.

Die Tagung war mit rd. 90 Teilnehmenden vollständig ausgebucht. Für die letzte Folge des Podcast wurden die Teilnehmer der Podiumsdiskussion sowie weitere Gäste nach ihren Eindrücken von der Tagung und ihrem persönlichen Fazit oder Botschaft aus der Tagung befragt. Das Resümee war sowohl von Seiten der Teilnehmenden als auch des Projektteams sehr positiv.

#### **Broschüre: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel**

#### **TV1,2,3.M4: Gesamtkompendium „Perspektiven für die Buche – Wirkungszusammenhänge & langfristige Strategien für die Buche im Klimawandel“ für die Öffentlichkeit, Waldbesitzer und politische Entscheidungsträger**

Zum Ende des Projektes wurde ein umfassendes Kompendium - im folgenden Broschüre genannt - mit dem Titel „Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel“ erstellt. Im ersten und zweiten Kapitel der Broschüre werden der Hintergrund des Projektes und die wichtigsten Forschungsergebnisse kurz und allgemein verständlich vorgestellt. Im dritten Kapitel werden die Handlungsoptionen praxisnah und schrittweise für konkrete Bestandessituationen und Standorte hergeleitet und erläutert. Zentrale Fragen der forstlichen Praxis zu Arbeitssicherheit und Verkehrssicherungspflicht in durch Trockenheit und Hitze geschädigten Beständen werden im vierten Kapitel beantwortet. Das fünfte Kapitel enthält eine praxisorientierte, mit zahlreichen Zeichnungen und Fotos veranschaulichte Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Rotbuchen. Sie ermöglicht das zielsichere Ansprechen und Vergleichen von Schäden an unterschiedlichen Baumkompartimenten im Buchenaltholz auf großer Fläche. Am Ende der Broschüre ist ein umfassendes Literaturverzeichnis zu finden.

#### **Arbeitspaket 4: Kohlenstoffbilanzierung**

Siehe Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen, TV1.M1: Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt, und TV1(3).M1: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt.

#### **TV1.M6: Methodik zur Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalamitätsereignissen erstellt**

Siehe Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen, TV1.M1: Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt, und TV1(3).M1: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt.

#### **TV1.M7: Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalkulation von Senken-/Quelleneffekten infolge von Kalamitäten abgeschlossen**

Wie in Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen TV1.M1: Aggregierte Klima- und Bodenparameter für die Buchenwälder im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt dargestellt, wurden Schätzungen zum Anteil des deutlich geschädigten Kohlenstoffanteils Mitteldeutscher Rotbuchenwälder erstellt (Tabelle 3). Demnach sind ca. 13% der Buchenwaldfläche und ca. 11% des oberirdischen Kohlenstoffs betroffen. Es kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass diese Anteile aus dem Kohlenstoffspeicher

Buchenwald über den Betrachtungszeitraum ausgeschieden sind, oder zumindest nicht mehr zur regulären Holzernte nutzbar sind. Ob die deutlichen Schäden durch (ungeplante) Holzerntemaßnahmen oder durch Absterben infolge von Buchenvitalitätsschwäche entstanden sind, kann dabei nicht differenziert werden. Hierzu liefern aber die Daten der Holzmarktstatistik Anhaltspunkte.

## **Arbeitspaket 5: Rechtliche Prüfung**

### **TV1. M8: Zusammenstellung von rechtlichen Grundlagen, Kommentierungen, themenrelevanten Urteilen und Fallentscheidungen abgeschlossen**

### **TV1.M9: Juristische Bewertung von Kalamitäten hinsichtlich Betreten und Arbeiten im Wald abgeschlossen**

### **TV1.M10: Kriterienkatalog und Entscheidungsleitfaden für rechtliche Aspekte**

#### Auftragsvergabe

Eine der durch das FFK Gotha im Rahmen des Projektes zu realisierenden Projektaufgaben war die Bewertung der Buchenkalamität der zurückliegenden Jahre aus der rechtlichen Sicht mit Blick auf walddtypische und (Klimawandel-/Extremereignisgeprägte) atypische Gefahren, Betreten des Waldes und Verkehrssicherungspflicht. Diese Bewertung sollte dabei einerseits die Perspektive anderer Waldbesitzer beleuchten und andererseits über Thüringen hinaus (zumindest) auch auf Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Hessen ausgedehnt sein. Für diese Bewertung waren Projektmittel zur Vergabe von Unteraufträgen eingeplant und von Seiten der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. bewilligt worden.

Ursprünglich war geplant, in mehreren Unteraufträgen das Thema schrittweise zu beleuchten und anschließend mit Hilfe der juristischen Expertise grundlegende Handlungsempfehlungen für Waldeigentümer und Forstbetriebe zu formulieren. Nach einer internen Besprechung mit der Rechtsabteilung und Telefonaten mit ausgewählten Fachkollegen anderer Bundesländer musste konstatiert werden, dass eine schrittweise und in sich abschließende Darstellung der aktuellen Rechtslage zum Themenfeld mit der klaren Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Praxis, die auch perspektivisch Handlungssicherheit für Waldeigentümer und Forstbetriebe bieten, nicht erwartet werden darf, da Rahmen und Regelungen in diesem Themenfeld stärker durch Einzelfallentscheidungen in der Rechtsprechung definiert werden und der aktuelle Sachstand jederzeit durch neue Urteile und Entscheidungen neu zu bewerten ist.

Aus diesem Grund wurde festgelegt, dass anstelle der schrittweisen Themenerörterung mit einer abschließenden juristischen Bewertung eine juristische Sachstandsanalyse als ein Werkvertrag in Auftrag gegeben werden soll. Hierzu wurde nach einer internen Beratung bei ThüringenForst (Telefonkonferenz, 02.11.2022) eine ausführliche Leistungsbeschreibung als definierte Aufgabenbeschreibung für das, im Rahmen eines Werkvertrages zu erbringende, Vertragswerk erstellt. Entsprechend der internen Regelungen für die Vergabe von Aufträgen (FA\_007 – Fach-anweisung „Beschaffung“) wurde ein Beschaffungsvorlauf zur Formulierung des sachlichen Bedarfs und der Finanzierung erstellt und von der Dienststellenleiterin elektronisch gezeichnet. Für das konkrete Vergabeverfahren wurde in der zentralen Vergabeplattform „VerA – Vergabe-assistent“ von ThüringenForst ein Vergabevorgang mit der Vergabenummer LL-9800-2023\_R5\_004 und der Sachverhaltsbeschreibung „Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald“ angelegt. Aus dieser Vergabeplattform heraus wurde automatisiert/maschinell ein einheitliches Anschreiben „Aufforderung zur Abgabe eines Angebots“ zur Versendung an die angeschriebenen Institutionen erstellt, welches die Vergabeunterlagen mit den Vergabebedingungen (Leistungsbeschreibung, Bewerbungs- und ergänzende Vertragsbedingungen, Datenschutzhinweise und Angebotsvordruck) sowie den Eckdaten für die Ausschreibung beinhaltet hat. In die Angebotseinholung wurden insgesamt 19 Institutionen einbezogen (ausgewählte Kanzleien, die bereits thematisch in diesem Bereich tätig waren, sowie juristische Fakultäten und Rechtsabteilungen von ausgewählten Landesforstbetrieben), die per Email am 24.05.2023 angeschrieben und um die Abgabe eines Angebotes gebeten wurden. Zusätzlich erfolgte eine Anfrage per Email an die Bundesrechtsanwaltskammer mit der Bitte um Unterstützung bei der zusätzlichen Expertensuche im Bereich Forstrecht, Waldgesetz, Verkehrssicherungspflicht im Wald und Klimawandelschäden, die leider jedoch unbeantwortet blieb.

Insgesamt sind vier Angebote eingegangen, davon drei von Rechtsanwaltskanzleien und eines von der Rechtsabteilung eines Landesforstbetriebes. Die Angebotseröffnung erfolgte am 13.07.2023 im Vier-Augen-Prinzip. Alle eingegangenen Angebote erfüllten die formellen Anforderungen und konnten bei der Vergabeentscheidung berücksichtigt werden. Der Zuschlag für den Werkvertrag zur Erstellung einer juristischen Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald im Rahmen des Verbundprojektes **Buche-Akut** wurde an die Rechtsanwaltskanzlei Martin und Partner, Bismarckstraße 67, 45128 Essen erteilt.

Am 15.01.2024 wurde der entsprechende Bericht „Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald“ vorgelegt. Siehe hierzu:

Anlage 3: Dokumentation der Vergabe für die juristische Sachstandsanalyse

Anlage 4: Leistungsbeschreibung für den Unterauftrag zur Erstellung der juristischen Sachstandsanalyse

Anlage 5: Ergebnisbericht „Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald“ zum Unterauftrag im TV1 (Martin 2024)

### Zusammenfassung

Wald- und Forstwirtschaft mit einer nachhaltigen Holzproduktion zeichnet sich dadurch aus, dass sie naturnah und standortgemäß erfolgt. Ausreichend Totholz, morsches Holz, das im Wald verbleibt, und Biotopbäume, alte Bäume mit besonderem Wert für Tiere und Pflanzen, verbleiben auf der Fläche und erhöhen den Wert des Lebensraumes Wald. Klimaveränderungen und damit verbundene Witterungsextreme führen zu einer Zunahme von Schadholz und damit zu erhöhten Risiken im Wald. Insbesondere in den Buchenwäldern zeigt sich ein hohes Gefahrenpotenzial durch vitalitätsgeschwächte Buchen, einen schnellen Schadfortschritt sowie unvorhersehbare Ast- und Kronenbrüche. Im Rahmen des FNR-Verbundvorhaben **Buche-Akut** wurde eine juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald in Auftrag gegeben, um die derzeitige Rechtslage in Hinblick auf die Frage einer möglichen Gefahrenbewertung und Gefahrenabschätzung unter dem Aspekt, dass sich die Schadsituation in den kommenden Jahren aufgrund des Voranschreitens des Klimawandels und den damit verbundenen Folgen für die Wälder in Deutschland weiter verschärfen wird, zu beleuchten. Ziel war es, mit dieser Ausarbeitung die Konsequenzen, Pflichten und Verantwortlichkeiten für Forstbetriebe und Waldbewirtschaftende im Zusammenhang mit dem Waldmanagement und der Verantwortung für Beschäftigte, Angestellte, im Wald beruflich Tätige und den Konsequenzen, Pflichten und Verantwortlichkeiten für Waldbesitzende, Forstbetriebe und die Waldbewirtschaftung gegenüber der Öffentlichkeit darzustellen. Dies kann als Grundlage und Hilfestellung für Waldbesitzende, Waldbewirtschaftende und Forstbetriebe für das weitere Waldmanagement, insbesondere in Hinblick auf die sich aus dem Eigentum und aus der Bewirtschaftung ergebenden Pflichten und Verantwortlichkeiten dienen. Die nachfolgenden Ausführungen entstammen dem entsprechenden Abschlussbericht zur dieser Sachstandsanalyse und sind als Hilfestellung zu verstehen. Daraus leitet sich jedoch kein Anspruch auf Aktualität, Vollständigkeit oder Richtigkeit ab.

Das Bundeswaldgesetz sowie die Wald- und Forstgesetze der Bundesländer regeln das Betreten des Waldes zu Erholungszwecken. In § 14 Abs. 1 BWaldG wird bestimmt, dass das Betreten des Waldes und das Befahren der Waldwege mit Fahrrädern und mit Krankenfahrstühlen sowie das Reiten auf diesen Wegen, soweit es erlaubt ist, „auf eigene Gefahr“ geschieht und dass dies insbesondere für „waldtypische Gefahren“ gilt. Für waldtypische Gefahren haften die Waldbesitzende nicht. Diesen von der Rechtsprechung entwickelten Grundsatz hat der Gesetzgeber mit der am 6. August 2010 in Kraft getretenen Vorschrift des § 14 Abs. 1 Satz 4 BWaldG ausdrücklich gebilligt. Zu den waldtypischen Gefahren gehören auch solche, die durch eine ordnungsgemäße Bewirtschaftung des Waldes entstehen oder erhöht werden.

*Waldbesuchende setzen sich mit dem Betreten des Waldes bewusst den waldtypischen Gefahren aus und nutzen den Wald auf eigene Gefahr, eine Haftung der Waldbesitzenden für waldtypische Gefahren ist ausgeschlossen. Risiken, die ein freies Bewegen in der Natur mit sich bringt, gehören grundsätzlich zum entschädigungslos hinzunehmenden allgemeinen Lebensrisiko. Soweit Waldbesuchende auf eigene Gefahr handeln, fehlt es somit vielmehr bereits an einer Verkehrssicherungspflicht der Waldbesitzenden.*

Dieser Haftungsausschluss gilt für die (wald-)typischen Gefahren. Darunter sind solche Zustände zu verstehen, die sich aus der Natur oder der ordnungsgemäßen Bewirtschaftung des Waldes, unter Beachtung der jeweiligen Zweckbestimmung, ergeben. Auf diese Gefahrenlagen müssen sich Waldbesuchende im Rahmen ihrer Eigenverantwortung einstellen. Die Waldbesitzenden sind grundsätzlich nicht verpflichtet, die Waldbesuchenden vor derartigen Gefahren zu schützen.

*Waldtypische Gefahren* sind Gefahren, die von lebenden und toten Bäumen, sonstigem Aufwuchs oder natürlichem Bodenzustand ausgehen oder aus der ordnungsgemäßen Bewirtschaftung des Waldes entstehen. Darunter fallen auch Gefahren, die vom Zustand der Wege ausgehen. Zum Beispiel Überflutung der Wege nach einem Gewitter, tiefe Fahrspuren von Forst- und Landwirtschaftsverkehr und naturbedingte Auswirkungen, wie z. B. Geröllabgang, Steinschlag oder Wurzelaufbrüche. Auf den Waldzustand mit den entsprechenden waldtypischen Gefahren, wie beispielsweise Trockenäste in Baumkronen, Reisig, herabhängende Äste, mangelnde Stand- und/oder Bruchfestigkeit von Bäumen, Schlaglöcher, unbefestigte Randstreifen, Steine, Wurzeln oder Glatteis muss sich der Erholungsverkehr im Rahmen der Eigenverantwortung einstellen. Zu den natur- und waldtypischen Gefahren zählen vornehmlich solche, die von lebenden und toten Bäumen, sonstigem Aufwuchs oder natürlichem Bodenzustand ausgehen oder aus der ordnungsgemäßen Bewirtschaftung des Waldes entstehen.

Die Verkehrssicherungspflicht der Waldbesitzenden beschränkt sich auf die Sicherung gegen solche Gefahren, die *nicht waldtypisch*, sondern im Wald atypisch sind. Unter atypischen Gefahren werden all jene Gefahrenlagen verstanden, die sich nicht aus der Natur oder der Art der Bewirtschaftung des Waldes ergeben, sondern von Waldbesitzenden oder Dritten künstlich geschaffen oder geduldet werden und mit denen die Waldbesuchende nicht zu rechnen brauchen. Atypische Gefahren sind somit alle nicht durch die Natur oder

durch die Art der Bewirtschaftung mehr oder weniger zwangsläufig vorgegebenen Zustände, insbesondere von Waldbesitzenden geschaffene oder geduldete Gefahren, die Waldbesuchende nicht oder nicht rechtzeitig erkennen können und auf die sie sich nicht einzurichten vermögen, weil sie nicht mit ihnen rechnen müssen. Für diese Gefahrquellen tragen die Waldbesitzenden die Verantwortung. Darüber hinaus kommt jedoch eine Haftung für waldtypische Gefahren dann in Betracht, wenn Waldbesitzende selbst einen Verkehr eröffnen, der über das allgemeine Betretungsrecht hinausgeht, indem Einrichtungen für die Waldbesuchenden funktional zur Verfügung gestellt werden.

Auch bei Einhaltung der Grundsätze der ordnungsgemäßen Waldwirtschaft kann es durch Schädlingsbefall, Pilzerkrankungen, Wind oder Trockenheit zu Schäden kommen. Der Klimawandel verstärkt dies und stellt somit für die Waldbewirtschaftung eine große Herausforderung dar. Insbesondere die damit einhergehenden Witterungsextreme, wie bspw. Trockenheiten, Hitzewellen, Spätfrost und Sturm führen dazu, dass bislang vitale und konkurrenzstarke Baumarten sowie bislang stabile Waldbestände Absterbeerscheinungen aufweisen. Damit erhöhen sich die Anforderungen hinsichtlich der Organisation und Überwachung bei den Waldeigentümern und Forstbetrieben. Dies spiegelt sich in den Vorgaben zur Baumkontrolle, Beseitigung von Gefahren und deren Kontrollen wider. *Jedoch führen die Klimaveränderungen nicht zu einer Ausweitung von Verkehrssicherungspflichten.* Umfallende Bäume, abbrechende Äste wie auch Totholzbäume und Totholzinseln und Erkrankungen – bedingt durch Klimaveränderungen – zählen zu den waldtypischen Gefahren. Die Waldbesitzer und Forstbetriebe haben daher, bei Einhaltung der Grundsätze der ordnungsgemäßen Forstwirtschaft, keine Verkehrssicherungspflicht im Wald oder an Waldwegen für die waldtypischen Gefahren. Hier gilt weiterhin der Grundsatz: Waldbesuchende setzen sich mit dem Betreten des Waldes bewusst den waldtypischen Gefahren aus und nutzen den Wald auf eigene Gefahr, eine Haftung der Waldbesitzenden für waldtypische Gefahren ist ausgeschlossen.

Hinsichtlich der atypischen Gefahren führt der Klimawandel mit seinen Auswirkungen für die Bäume und Waldbestände jedoch dazu, dass an Standorten an denen eine Verkehrssicherungspflicht für Baumgefahren, als auch für waldtypische Gefahren, besteht, den Erkenntnissen der klimatischen Veränderungen im Rahmen der von der Rechtsprechung entwickelten Grundsätze, hier den forstwirtschaftlichen Erkenntnissen, im Rahmen der Zumutbarkeit, Rechnung getragen werden muss. Im Rahmen von bestehenden Verkehrssicherungspflichten sind zum Beispiel auffällige Warnzeichen, wie zum Beispiel eine Schrägstellung, starker Vitalitätsverlust, vermehrte Bildung von Totholz, holzerstörende Pilze, daraufhin zu überprüfen, ob die Standfestigkeit noch gewährleistet werden kann. Dies führt unvermeidlich zu einem höheren Arbeitsaufwand für Waldeigentümer und Forstbetriebe.

Für die Gewährleistung einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung ist die *Arbeitssicherheit* für die im Wald arbeitenden Menschen zwingende Voraussetzung. Dies umfasst die Gewährleistung einer forstlichen Infrastruktur, also die Sicherung der erforderlichen Zuwegungen für die forstbetrieblichen Arbeiten, ebenso wie das konkrete Management auf der Fläche. Hier gilt generell als oberster Grundsatz, dass der Schutz von Leib und Leben der im Wald tätigen Menschen und damit die Arbeitssicherheit Vorrang haben vor Waldbau und forstlichem Management. Für die Planung und Realisierung von betrieblichen Arbeiten sollen an dieser Stelle exemplarisch folgende Ansätze genannt werden:

- Entwicklung von Zonierungskonzepten und Konzentration von Totholz-Bereichen,
- Absterbeerscheinungen durch rechtzeitige Ernte zuvorkommen und
- Einsatz sicherer Arbeitsverfahren.

Im Rahmen der verschiedenen, im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Fortbildungen und Exkursionen wurde die Frage der Pflichten der Waldeigentümer und Waldbewirtschaftler hinsichtlich Verkehrssicherung und Gefahrenbeseitigung umfassend diskutiert. Auf dieser Grundlage lässt sich zusammenfassend darstellen:

Die Verkehrssicherungspflicht ist nicht gesetzlich definiert, stattdessen hat sich die Handlungsnotwendigkeit über die Rechtsprechung herausgebildet. Dies entwickelt sich permanent weiter und es besteht keine absolute Rechtssicherheit.

Waldbesuchende setzen sich mit dem Betreten des Waldes bewusst den waldtypischen Gefahren aus und nutzen den Wald auf eigene Gefahr, eine Haftung der Waldbesitzenden für waldtypische Gefahren ist ausgeschlossen.

Risiken, die ein freies Bewegen in der Natur mit sich bringt, gehören grundsätzlich zum entschädigungslos hinzunehmenden allgemeinen Lebensrisiko.




Soweit Waldbesuchende auf eigene Gefahr handeln, fehlt es somit vielmehr bereits an einer Verkehrssicherungspflicht der Waldbesitzenden.

Für atypische Gefahren besteht die Pflicht desjenigen, der eine Gefahrenlage, gleich welcher Art, schafft oder andauern lässt, die notwendigen und zumutbaren Vorkehrungen zu treffen, um eine Schädigung anderer möglichst zu verhindern.

Eine jegliche Schadensfälle ausschließende Verkehrssicherung ist nicht erreichbar.

## Entscheidungsfindung in der Praxis:

1. Handelt es sich um walddtypische Gefahren?  
*Gefahren, die von lebenden und toten Bäumen, sonstigem Aufwuchs oder natürlichem Bodenzustand ausgehen oder aus der ordnungsgemäßen Bewirtschaftung des Waldes entstehen (auch Totholzbäume und Totholzinseln, angehobene Wurzelteller, Dornen, Steinschlag in gebirgigen Regionen, Gefahren durch Insekten und Pflanzen, wie EPS, Riesenbärenklau, auch holzzerstörende Pilze sind grundsätzlich naturbedingt und damit walddtypisch, ebenso starke Trockenheit)*
2. Handelt es sich um atypische Gefahren?  
*Alle nicht durch die Natur oder durch die Art der Bewirtschaftung mehr oder weniger zwangsläufig vorgegebenen Zustände, insbesondere von Waldbesitzenden geschaffene oder geduldete Gefahren, die Waldbesuchende nicht oder nicht rechtzeitig erkennen können und auf die sie sich nicht einzurichten vermögen, weil sie nicht mit ihnen rechnen müssen.*
3. Liegen Anhaltspunkte hinsichtlich der sog. Eröffnung eines Verkehrs vor, bspw. in Form von aufgebauten Informationstafeln, Sitzbänke oder Parkplätzen?  
*Eine Haftung für walddtypische Gefahren kommt in Betracht, wenn Waldbesitzende selbst einen Verkehr eröffnen, der über das allgemeine Betretungsrecht hinausgeht, indem Einrichtungen für die Waldbesuchenden funktional zur Verfügung gestellt werden.*
4. Handelt es sich um eine für jedermann klar erkennbare walddtypische Gefahr, die in allernächster Zeit ohne jeglichen Zweifel zu einem schweren Schaden führen könnte (Verletzung/ Tod), bspw. ganze abbrechende Baumkrone über Weg, angeschobener Baum, der über Weg hängt usw.?  
*Auch wenn die Handlungsnotwendigkeit bei einer solchen Gefahr oder deren Duldung noch nicht juristisch eindeutig geklärt ist, so wird zur Umsetzung von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr/Gefahrenminderung geraten.*
5. Gibt es Erfordernisse hinsichtlich Arbeitssicherheit und Unfallverhütung?  
*Bei der Ausführung von Arbeiten sind gesetzliche Regelungen sowie Unfallverhütungsvorschriften zu beachten, d.h. hier gelten besondere Pflichten zum Schutz der im Wald arbeitenden Menschen.*
6. Schlussendlich gilt es für den Fall, dass keine juristische Haftung der Waldbesitzenden vorliegt, bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich der Notwendigkeit für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr oder Gefahrenminderung abzuwägen, wie hoch die moralische Verantwortung eingeschätzt wird.  
*Aus den Workshops und Fortbildungsveranstaltungen kristallisierte sich dies als zusätzliche Frage heraus.*

## Buchenkalamitäten im Klimawandel – Ursachen, Folgen, Maßnahmen

### Bewertung der Buchenkalamität vor dem Hintergrund der Verkehrssicherungspflicht

**Ausgangspunkt**

- Folgen und Konsequenzen der massiven Absterbeerscheinungen in Buchenwäldern in den zurückliegenden Jahren für Waldbesitzende und für die Waldbewirtschaftung?
- Mögliche Verschärfung der Schadsituation in den kommenden Jahren aufgrund des Voranschreitens des Klimawandels?

**Oberster Grundsatz**

- Waldbesuchende stehen im Verhältnis zu Waldbesitzenden grundsätzlich unter dem Schutz des BGB bei unerlaubten Handlungen, etwa bei schuldhaften (vorsätzlichen oder fahrlässigen) und rechtswidrigen Verletzungen der durch §823 Abs. 1 BGB geschützten Rechtsgüter  
*„Wer vorsätzlich oder fahrlässig das Leben, den Körper, die Gesundheit, die Freiheit, das Eigentum oder ein sonstiges Recht eines anderen widerrechtlich verletzt, ist dem anderen zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet.“*

**Entscheidungsfindung**

**sachlich**

- Verkehrssicherungspflicht: **gesetzlich nicht definiert** ⇒ hat sich über die Rechtsprechung herausgebildet und entwickelt sich **permanent weiter** ⇒ keine absolute **Rechtssicherheit**  
*„die Pflicht desjenigen, der eine Gefahrenlage, gleich welcher Art, schafft oder andauern lässt, die notwendigen und zumutbaren Vorkehrungen zu treffen, um eine Schädigung anderer möglichst zu verhindern“*
- Eine jegliche Schadensfälle ausschließende Verkehrssicherung ist **nicht erreichbar**.
- Waldbesuchende setzen sich mit dem Betreten des Waldes bewusst den **waldtypischen Gefahren** aus und nutzen den Wald **auf eigene Gefahr**.
- Waldbesitzende sind grundsätzlich nicht verpflichtet, die Waldbesuchenden vor waldtypischen Gefahren zu schützen ⇒ für waldtypische Gefahren haftet der Waldbesitzende nicht (BGH-Urteil vom 02.10.2012); zu den waldtypischen Gefahren gehören auch solche, die durch eine ordnungsgemäße Bewirtschaftung des Waldes entstehen oder erhöht werden
- Waldtypische Gefahren:** Gefahren, die von lebenden und toten Bäumen, sonstigem Aufwuchs oder natürlichem Bodenzustand ausgehen oder aus der ordnungsgemäßen Bewirtschaftung des Waldes entstehen (auch Totholzstämme und Totholzinseln, angehobene Wurzellager, Dornen, Steinerschlag in gebirgligen Regionen, Gefahren durch Insekten und Pflanzen, wie EPS, Riesenbärenklau, auch holzerstörende Pilze sind grundsätzlich naturbedingt und damit waldtypisch, ebenso starke Trockenheit)
- Klimabedingte Veränderungen mit dem Ausfall von Bäumen und Baumgruppen zählt zu waldtypischen Gefahren ⇒ Klimaveränderungen führen nicht zu einer Ausweitung der VSP
- ABER:** Eine Haftung für **waldtypische Gefahren** kommt in Betracht, wenn Waldbesitzende selbst einen Verkehr eröffnen, der über das allgemeine Betretungsrecht hinausgeht, indem Einrichtungen für die Waldbesuchenden funktional zur Verfügung gestellt werden.
- Atypische Gefahren:** Alle nicht durch die Natur oder durch die Art der Bewirtschaftung mehr oder weniger zwangsläufig vorgegebenen Zustände, insbesondere von Waldbesitzenden geschaffene oder geduldeten Gefahren, die Waldbesuchende nicht oder nicht rechtzeitig erkennen können und auf die sie sich nicht einzurichten vermögen, weil sie nicht mit ihnen rechnen müssen.
- Arbeitsanweisungen, betriebliche Vorschriften, UVV** ⇒ Baumkontrollen ⇒ Intervalle/Rhythmus ⇒ Dokumentation





**moralisch emotional**

... wenn es zu spät ist


**Abwägung zu Maßnahmen im Vorfeld**

Praktikkoordinator: Jascha Menges  
 jasmenges@forst.thueringen.de

## BucheAkut

Folgen Sie dem Projekt bei Instagram



BBUCHEAKUT

Abbildung 35: Für die Fortbildungsveranstaltungen entwickeltes Poster zum Themenkomplex Verkehrssicherungspflicht.

## Zusätzliche Aspekte

Der Begriff der „Verkehrssicherungspflicht“ (VSP) entstammt der Rechtsprechung und ist nicht gesetzlich definiert:

*Derjenige, der Gefahrenlage schafft oder andauern lässt, muss Vorkehrungen treffen, um andere nicht zu schädigen.*

Grundsätzlich besteht keine Verkehrssicherungspflicht (VSP) (weder Kontroll- noch Beseitigungspflicht!) für walddtypische Gefahren in Waldbeständen und an Waldwegen. Unter „walddtypischen Gefahren“ werden Gefahren verstanden, die sich aus der Natur des Waldes sowie dessen ordnungsgemäßer Bewirtschaftung ergeben können. Dazu zählen Astabbrüche, Windwurf/Bruch, Totholz alle möglichen Schäden an Waldwegen etc. Eine VSP ist ausdrücklich nicht abhängig von der Frequentierung der Wege, da dies rechtlich schwer definierbar ist. Auch Naturwaldparzellen oder andere Waldgebiete mit Totholzanreicherung fallen grundsätzlich nicht unter die VSP.

Ein zentrales Ergebnis des Werkvertrages war die Prüfung und Feststellung nach derzeitiger Rechtsprechung, dass Schäden durch Klimaveränderungen, wie vermehrt auftretende natürliche Schäden in den Waldbeständen, Absterben ganzer Baumgruppen, nicht zu einer Ausweitung der Verkehrssicherungspflicht führen. Auch dies zählt zu den walddtypischen Gefahren.

Waldeigentümer haften jedoch für walddtypische Gefahren, wenn ein besonderer Verkehr eröffnet oder geduldet wird, der über Betretungsrecht hinausgeht, bspw. durch die Anlage von Bänken, Parkplätzen, Grillplätze usw.

Darüber hinaus ist die Haftung gegeben bei atypischen Gefahren, die selbst erzeugt oder geduldet werden, wie bspw. Bodengruben, Abbruchkanten v. Steinbrüchen, schlecht sichtbare Drähte, Brücken, Stege, Geländer, Wegschränken, Bänke, usw.

Derzeit nicht klar definiert ist die Haftung bei klar erkennbaren Gefahren, die in allernächster Zeit zu schwerem Schaden führt (Verletzung/ Tod) führen können, bspw. ganze abbrechende Baumkrone über Weg, angeschobener Baum, der über Weg hängt usw. Dies fällt eigentlich unter walddtypische Gefahr und unterliegt somit keinen besonderen Pflichten, z. B. hinsichtlich der Kontrolle. Waldbesucher haben sich im Sinne der Eigensicherung zu informieren, ob bspw. durch Wetterereignis eine erhöhte Gefahrenlage vorliegt. Jedoch ist bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht juristisch entschieden worden, ob die Pflicht zur Gefahrenbeseitigung ab Kenntnisnahme solcher deutlich erkennbaren Gefahren an Wegen gegeben ist. Es gibt jedoch die klare Empfehlung: wenn stark gefährdende Bäume an regelmäßig frequentierten Wegen erkannt werden, sollten diese im Zweifelsfall schnellstmöglich beseitigt werden.

Im Bericht wird darüber hinaus darauf hingewiesen, dass Waldbesitzer zu Sonderkontrollen im Sinne von Sichtkontrollen an Waldwegen nach Sturmereignissen, Eisregen, Gewitter etc. verpflichtet sind. Jedoch wird hierbei betont, dass es sich hierbei nicht um Baumkontrolle wie im Straßenbereich handelt (Urteil BGH 2012: *„Baumkontrollen wie bei Straßenbäumen sind dem Waldbesitzer auch an stark frequentierten Waldwegen nicht zuzumuten. Sie sind nicht mit einer allgemeinen Überprüfung häufig genutzter Waldwege, die ein Waldbesitzer etwa nach einem Sturm zur Schadensfeststellung durchführen mag, zu vergleichen. Auch als Kehrseite der Bewirtschaftung ist es dem Waldbesitzer nicht zumutbar, ihm neben seiner mit der Betretungsbefugnis des Waldbesuchers verbundenen Duldungspflicht noch entsprechende Verkehrssicherungspflichten aufzuerlegen“*).

Am Waldrand, an Straßen, an Bebauung etc. besteht grundsätzlich eine VSP, die Art und der Umfang der Maßnahme richtet sich nach u. a. nach der Verkehrshäufigkeit und -wichtigkeit, der Verkehrserwartung (mit welcher Gefahr muss ein denkender Mensch rechnen und Sorgfalt walten lassen), der Zumutbarkeit der Maßnahmen (in welchem Verhältnis steht Aufwand zu Nutzen → „umfasst diejenigen Maßnahmen, die ein umsichtiger und verständiger Mensch, in vernünftigen Grenzen vorsichtiger Mensch für notwendig und ausreichend hält, um Schaden abzuwehren“). Keine Haftung besteht hier bei höherer Gewalt (extreme Naturereignisse), wenn zum Beispiel ein augenscheinlich völlig gesunder Baum bei Sturm geworfen wird.

## **Arbeitspaket 6: Projektkoordination**

**TV1.M11: Für eine erfolgreiche Projektumsetzung sollen halbjährliche Arbeitstreffen (im Wechsel online und als Präsenzveranstaltung) stattfinden. Diese werden jeweils von einem der Projektpartner vorbereitet. Dabei werden in erster Linie Projektfortschritt und anstehende Projektarbeiten und Aufgaben erörtert, aber auch auftretende Schwierigkeiten und Probleme diskutiert.**

Das Projekt war geprägt durch einen regelmäßigen Austausch und gemeinsamen Veranstaltungen zum Wissenstransfer und, wo möglich gemeinsamen Datenerhebungen. Eine Liste mit allen durch TV1 organisierten Arbeitstreffen finden sie in Anlage Anlage 8: Projekt ereignisse Tabelle 12: Interne Projekttreffen zu Koordination und Planung.

Neben der Organisation regelmäßiger Projekttreffen hat sich TV1 auch besonders bei der Koordination und Abstimmung der wissenschaftlichen Inhalte der drei Teilvorhaben eingebracht und den gegenseitigen Datenaustausch ermöglicht. Außerdem wurden Datennutzungsvereinbarungen zwischen dem Projekt und den Landesbetrieben, der NW-FVA und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie abgeschlossen, was ermöglichte länderübergreifende Daten, wie bspw. aus der Forsteinrichtung, aus dem permanenten Umweltmonitoring in (Buchen-)Wäldern ICP-Forest, sowie aus ALS- und forstliche Standortdaten, zusammenzuführen und zu harmonisieren. Die Daten aufbereiteten Daten wurden allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

**TV1.M12: Koordinierung und Absicherung der termingerechten Abgabe der von Seiten des Projektträgers geforderten Zwischenberichte**

Ist erfolgt. Die Zwischenberichte und der vorliegende Abschlussbericht wurden dabei als gemeinsames Dokument eingereicht. TV1 übernahm hierfür die Koordination und das Editieren der einzelnen Teilbeiträge der Projektpartner.

**TV1.M13: Koordinierung und Absicherung der termingerechten Abgabe des von Seiten des Projektträgers geforderten Abschlussberichtes**

Ist erfolgt.

## **Arbeitspaket 7: Kausalanalyse**

**TV2.M7 Flächenauswahl**

**TV2.M8 Bereitstellung der Ergebnisse an andere PP;**

**TV2.M9 „Thüringer Schadstufeneinteilung“**

**TV2.M10 Neue Schadstufenklassifizierung)**

In Hessen, Niedersachsen und Thüringen wurden insgesamt 24 Versuchsflächen in Rotbuchenbeständen eingerichtet, die sich in ihrem Schädigungsgrad hinsichtlich der Vitalitätsschwäche deutlich unterschieden. Dafür wurden vier Schadklassen definiert („ungeschädigt“, „leicht geschädigt“, „stark geschädigt“ und „bestandesbedrohend“). Ziel war es je Bundesland und Schadklasse zwei Versuchsflächen (Kernflächen) einzurichten (Abbildung 36). Die Einstufung in die verschiedenen Schadklassen erfolgte nach dem vorherrschenden Kronenzustand, dem Anteil abgestorbener Bäume im Bestand, sowie nachgewiesener Schaderreger und Schäden an den Bäumen. Es handelte sich bei allen Versuchsflächen um buchendominierte Altbestände (durchschnittliches Alter etwa 120 Jahre) mit bereits etablierter Buchenverjüngung. Versuchsflächen wurden eingerichtet (50 m x 50 m), Bäume nummeriert und sowohl die Eckpunkte als auch die nummerierten Bäume kartiert.

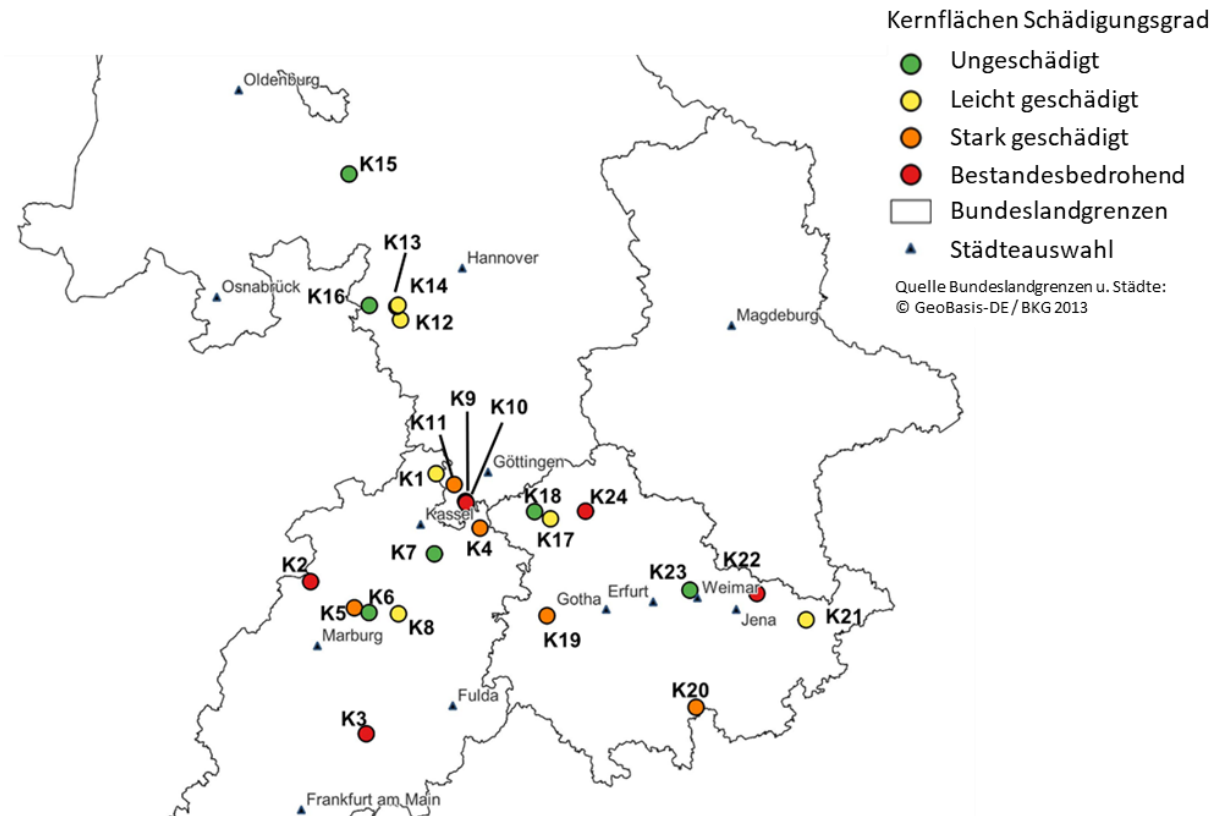


Abbildung 36: Kernflächen des Buche-Akut-Projekts. Eingerichtete Kernflächen in Hessen, Niedersachsen und Thüringen mit einer Größe von 50 m x 50 m. Grün = ungeschädigt; gelb = leicht geschädigt; orange = stark geschädigt; rot = bestandesbedrohend. Sachsen-Anhalt wurde aufgrund des Forschungsdesigns bei der Auswahl der Kernflächen nicht berücksichtigt

Seit dem Sommer 2022 wurden jährlich Schadbonituren in den Kernflächen durchgeführt. Dabei wurden sowohl Schädigungen im Bestand erfasst und eine Kausalanalyse für die auftretenden Schäden durchgeführt, als auch die Kronen nach der Methodik der Waldzustandserhebung (WZE) bonitiert (Eichhorn et al., 2016; Wellbrock et al., 2020). Ergebnisse der Bonituren (Abbildung 26: Systematische Beprobung des asymptotischen Gewebes gefällter Probestämme. 1 = Basale Stammscheibe, 2 = Stammscheibe in Höhe des Brusthöhendurchmessers (1,30 m), 3 = Kronenansatz, 4 = Drei Starkäste, 5 = 8 Triebspitzen aus der Lichtkrone. Die Grafik wurde erstellt von Victoria Tropf. Abbildung 26, Abbildung 37, Abbildung 38 und Abbildung 39) wurden den Projektpartnern bereitgestellt. Auf Grundlage der Methodik der WZE und der durchgeführten Kausalanalyse wurde eine neue Schadstufenklassifizierung erstellt und ab 2023 bei den Bonituren angewandt. Siehe Anlage 2: Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen (Abschlusskompodium)

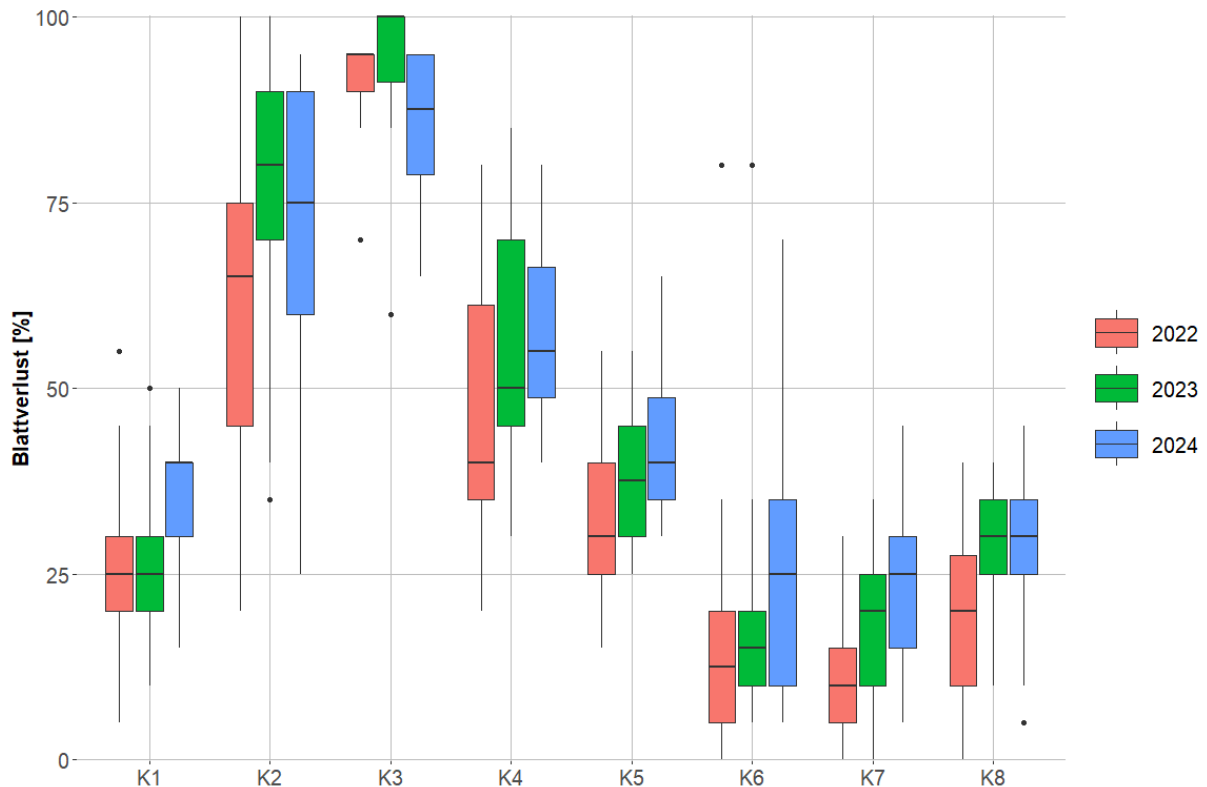


Abbildung 37: Hessische Kernflächen (K1 – K8). Blattverlust der Altbuchen nach der Methodik der Waldzustandserhebung 2022:  $n = 237$ ; 2023:  $n = 235$ ; 2024:  $n = 235$ . Klassifiziert als „ungeschädigt“: K6, K7; „leicht geschädigt“: K1, K8; „stark geschädigt“: K4, K5; Bestandsbedrohend“: K2; K3.

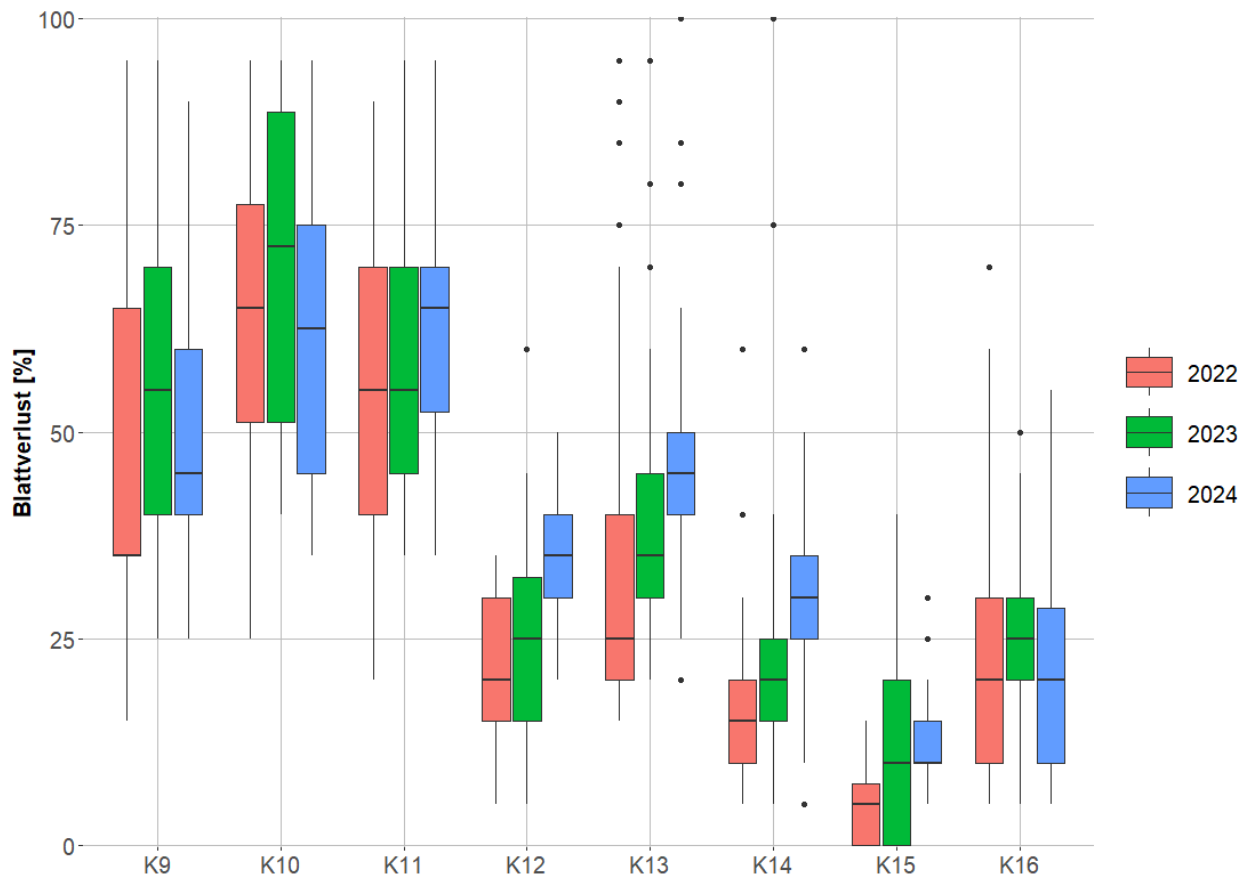


Abbildung 38: Niedersächsische Kernflächen (K9 – K16). Bonitierter Blattverlust der Altbuchen nach der Methodik der Waldzustandserhebung. 2022:  $n = 294$ ; 2023:  $n = 293$ ; 2024:  $n = 292$ . Klassifiziert als „ungeschädigt“: K15, K16; „leicht geschädigt“: K12, K14; „stark geschädigt“: K11, K13; „Bestandsbedrohend“: K9; K10.

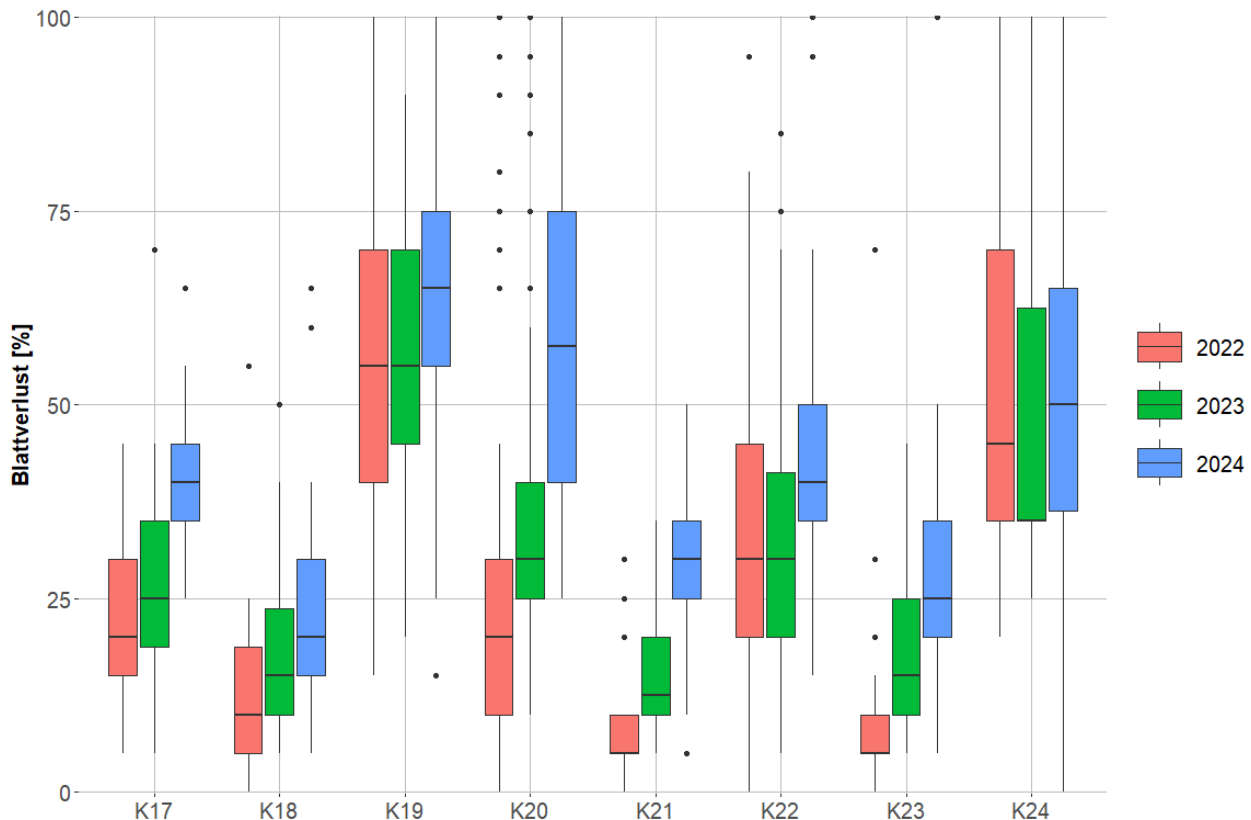


Abbildung 39: Thüringer Kernflächen (K17 – K24). Bonitierter Blattverlust der Altbuchen nach der Methodik der Waldzustandserhebung. 2022:  $n = 359$ ; 2023:  $n = 354$ ; 2024:  $n = 351$ . Klassifiziert als „ungeschädigt“: K18, K23; „leicht geschädigt“: K17, K21; „stark geschädigt“: K19, K20; „Bestandsbedrohend“: K22; K24.

Der durchschnittliche Blattverlust der bonitierten Rotbuchen ( $n = 890$ ) stieg von 29% im Jahre 2022 auf 39% im Jahr 2024 an. Insbesondere Kernflächen, die 2022 als „leicht“ oder „stark geschädigt“ geschädigt bewertet wurden (Abbildung 37, Abbildung 38 und Abbildung 39), haben sich über die zwei Jahre im Projektzeitraum im Schnitt deutlich verschlechtert (beide Gruppen um 14% durchschnittlichen Blattverlust). Am wenigsten haben sich die zu Projektbeginn „bestandesbedrohend“ geschädigten Flächen innerhalb der Projektdauer verschlechtert (um 3% auf durchschnittlich 57%), und verharren damit auf hohem Schädigungsniveau.

Im Jahr 2022 wurden von den 890 bonitierten Altbuchen 125 Bäume der höchsten Schadstufe der WZE zugeordnet (Schadstufe 3; 61–100% Blattverlust). Im Jahr 2024 verblieb der Großteil dieser 125 Bäume (73 %) in Schadstufe 3, weitere 6 % waren abgestorben. Ein Anteil von 21% konnten sich leicht erholen und wurde 2024 in Schadstufe 2 (26–60% Blattverlust) eingeordnet, nur 1 % zeigten eine deutliche Erholung hin zur Schadstufe 1 (11–25% Blattverlust). Beispiele für Kernflächen, die im Jahr 2024 noch weitestgehend vital und ungeschädigt waren, sind K15 (13% durchschnittlicher Blattverlust) oder K16 (21%).

Im Projektzeitraum wurden verschiedene Schadursachen und potentielle Schaderreger auf den Kernflächen dokumentiert. Es wurde so auch an vielen Altbuchen *Cryptococcus fagisuga* (Buchenwollschildlaus) nachgewiesen. Ein Massenbefall mit dieser heimischen, rotbuchenspezifischen Wollschildlaus kann zum Ausbruch der sogenannten Buchenrindennekrose führen (Ehrlich, 1934). Allerdings wurde die Stammlaus in so geringer Anzahl an befallenen Bäumen nachgewiesen, dass sie für die Vitalität der betroffenen Bäume höchstwahrscheinlich ohne Bedeutung war. Zudem gab es Nachweise verschiedener holz- und rindenbohrender Käferarten (Abbildung 40: Ergebnis der Schadbonitur 2022 über alle Kernflächen. Schadursache bzw. Nachweis von potentiellen Schädlingen am Stamm, nicht spezifiziert nach Schadensintensität.  $n = 218$  Abbildung 40 und Arbeitspaket 8: Identifikation der Schaderreger), sowie von Pilzfruchtkörpern potentieller Pathogene (Tropf et al., 2025a). Besonders häufig wurde *Neonectria coccinea* (Scharlachrotes Pustelpilzchen, Rindenpilz) festgestellt. Im Boniturjahr 2022 wurde die Gruppe „Komplexe Rindenschäden“ bei dem Buche-Akut-Schadboniturschlüssel eingeführt, die sowohl eine starke Verborkung der Rinde als auch einen flächigen schwarzen Belag auf der Rinde des Stammes umfasste (Abbildung 40). Mögliche Ursachen für diese komplexen Rindenschäden wurden von Grüner (2009) beschrieben. Der schwarze Belag bei den untersuchten Bäumen des Bauche-Akut-Projekts konnte im Boniturjahr 2023 als Sporenlager von *Eutypa spinosa* (Stacheliger Krustenhöckerpilz) identifiziert werden und wurde daher seit dem Boniturjahr nicht mehr unter „Komplexe Rindenschäden“ verbucht.

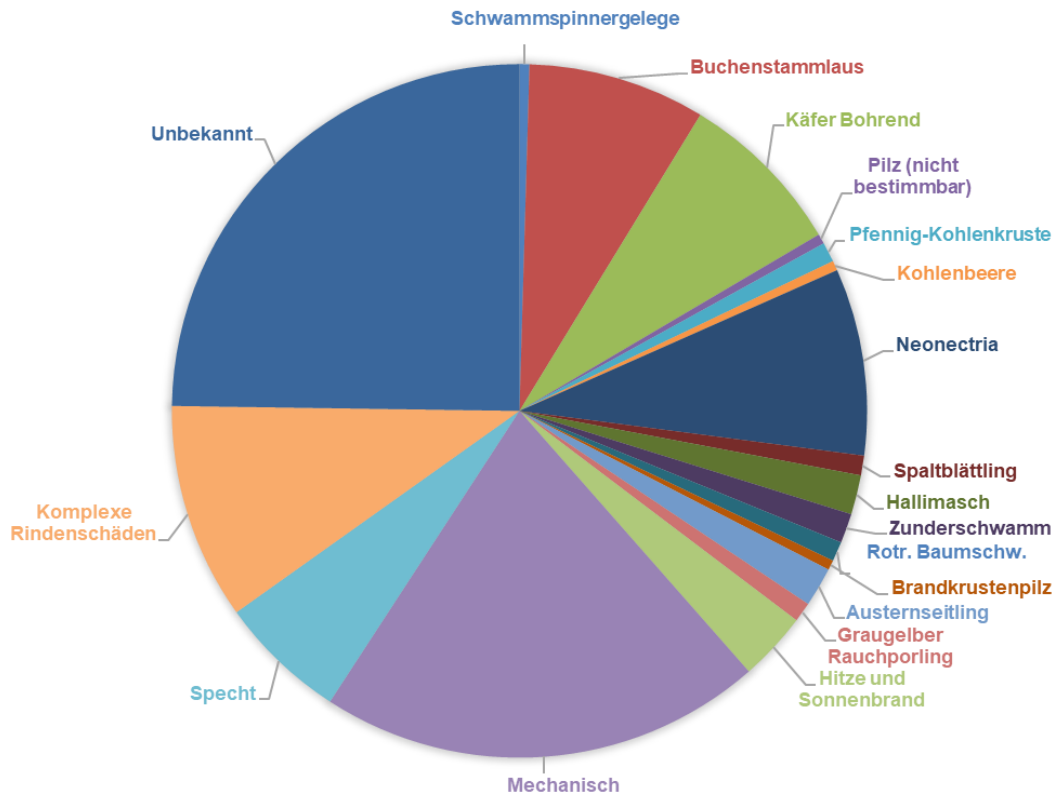


Abbildung 40: Ergebnis der Schadbonitur 2022 über alle Kernflächen. Schadursache bzw. Nachweis von potentiellen Schädlingen am Stamm, nicht spezifiziert nach Schadensintensität. n = 218

In Verbindung mit den Forschungsergebnissen aus den Einzelbaumfällungen wurde eine lineare, schematische Darstellung der Buchenvitalitätsschwäche nach der „Decline Disease Spiral“ von Manion (1981) erstellt (Abbildung 41).

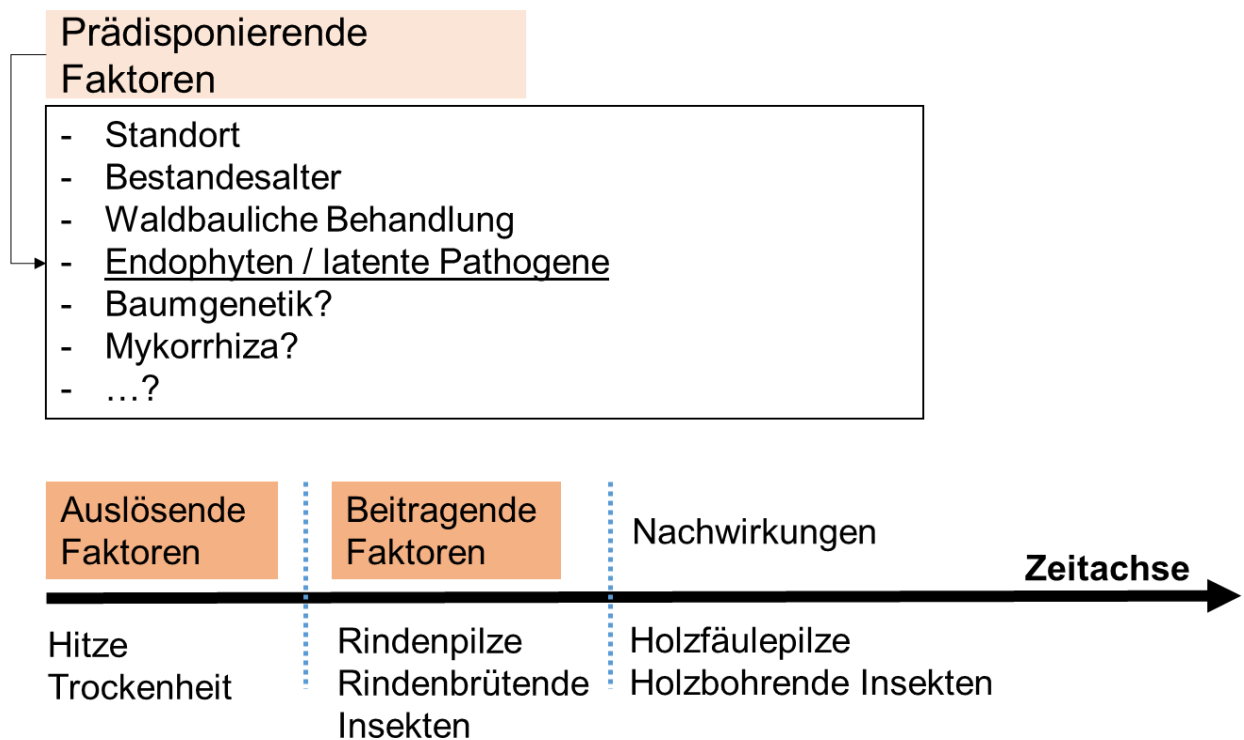


Abbildung 41: Schematische Darstellung der Buchenvitalitätsschwäche verändert nach dem Modell der „Decline Disease Spiral“ Manion (1981).

## Arbeitspaket 8: Identifikation der Schaderreger

### TV2.M11 Einzelbaumuntersuchungen an Probebäumen wurden durchgeführt

TV2.M12 Schaderreger und assoziierte Pilze aus geschädigtem Gewebe betroffener Bäume wurden isoliert/festgestellt und identifiziert;

TV2.M13 Andere mit der Buchenkalamität assoziierte Schadorganismen (z. B. Läuse, Käfer) wurden identifiziert

### TV2.M14 Risikoeinschätzungen für die einzelnen, pilzlichen Pathogene wurden erstellt

Es konnten an den gefälltten Probebäumen Fruchtkörper von verschiedenen Ascomycota festgestellt werden. Weitverbreitet und häufig waren Fruchtkörper von *Neonectria coccinea* und *Biscogniauxia nummularia* (Rotbuchen-Rindenkugelpilz, Moderfäuleerreger (Weber und Mattheck, 2009)).

Bei stark geschädigten Rotbuchen wurden außerdem Fruchtkörper von Basidiomyceten wie *Fomes fomentarius* (Zunderschwamm, Weißfäuleerreger (Schwarze, 1994)) und *Pleurotus ostreatus* (Austernseitling, Weißfäuleerreger (Bezalel et al., 1996)) dokumentiert. Es konnten außerdem Brutbilder und teilweise auch Larven von *Taphrotychus bicolor* (Kleinen Buchenborkenkäfer) und *Agrilus viridis* (Buchenprachtkäfer) festgestellt werden. Überraschend waren die Nachweise von Schmetterlingslarven des Blausiebs (*Zeuzera pyrina*) in augenscheinlich gesunden Buchenästen.

In den 13 Probebäumen, die im Winter 2022/2023 gefällt wurden, wurden insgesamt 181 pilzliche Morphotypen (MTs) nachgewiesen. Mindestens ein repräsentatives Isolat jedes MTs wurde genetisch gestützt bestimmt (DNA-Extraktion, PCR, Sequenzierung). Bei den elf Probebäumen die im Winter 2023/2024 gefällt wurden liegen inzwischen die Sequenzen zu den nachgewiesenen Morphotypen vor, die statistisch Auswertung der Daten ist aber noch nicht vollständig abgeschlossen. Von den 181 nachgewiesenen MTs (Tropf et al., 2025a) konnten mit 92 MTs etwa die Hälfte bis auf Artebene bestimmt werden. Ascomycota wurden häufiger isoliert und machten 167 (92 %) der MTs aus, während 14 (8 %) MTs den Basidiomycota zugeordnet werden konnten. Die MTs der Ascomycota verteilten sich auf 15 Ordnungen, die der Basidiomycota auf vier Ordnungen. Je nach untersuchtem Probebaum unterschied sich die nachgewiesene Pilzgemeinschaft aus asymptomatischem Gewebe deutlich (Abbildung 42), aber auch je untersuchtem Baumkompartiment (Abbildung 43). Über die Hälfte der MTs wurden an nur einem einzelnen Versuchsbaum nachgewiesen, nur vier MTs wurden in allen Versuchsbaumen festgestellt (*Apiognomonia errabunda*, *Aureobasidium pullulans*, *Biscogniauxia nummularia* und *Epicoccum nigrum*). Die Pilzgemeinschaft der untersuchten Bäume war damit so divers, dass es nicht möglich war, den Einfluss des Schädigungsgrades auf die Pilzgemeinschaft zu bestimmen.

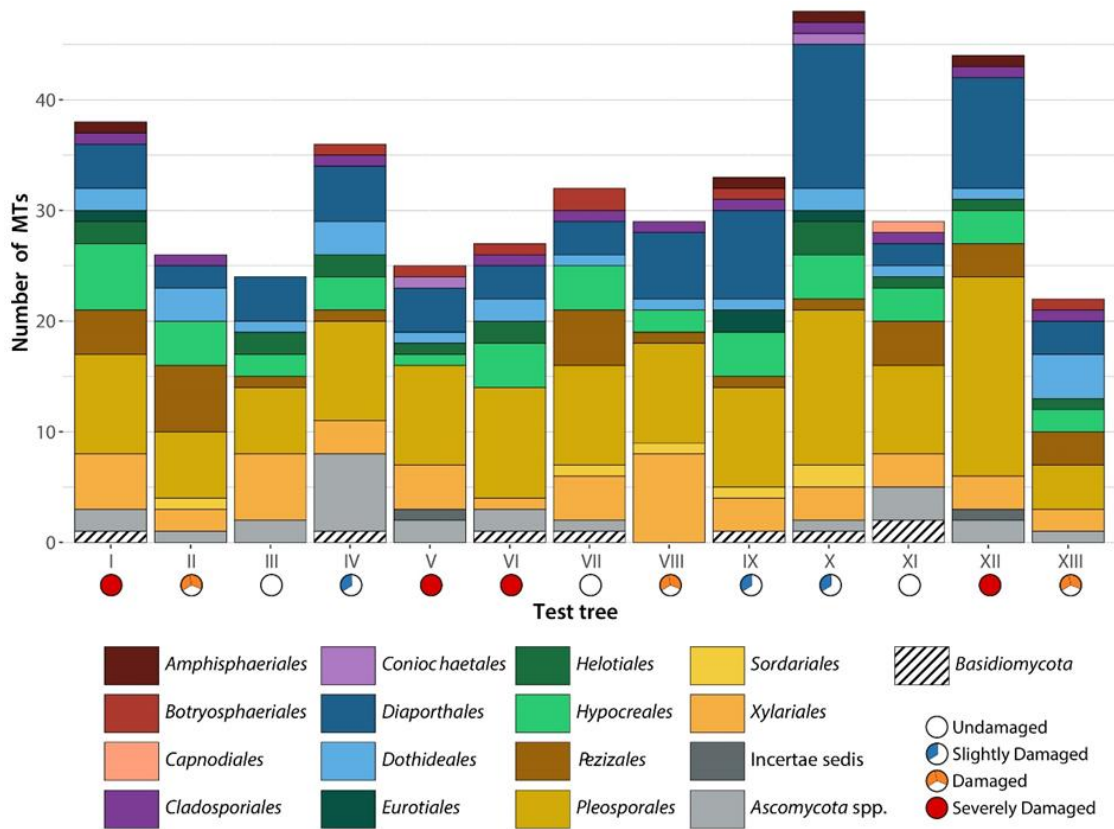


Abbildung 42: Anzahl der endophytischen Morphotypen aus den verschiedenen Ordnungen der Ascomycota (farbig dargestellt) und der Basidiomycota (schraffiert), aufgeschlüsselt nach dem Versuchsbaum, aus dem sie isoliert wurden. „Ascomycota spp.“ fasst Morphotypen der Ascomycota zusammen, die keiner Ordnung zugeordnet werden konnten. Die zugehörigen Schadstufen sind unter jedem Versuchsbaum aufgeführt. Veröffentlicht in Tropf et al. (2025a).

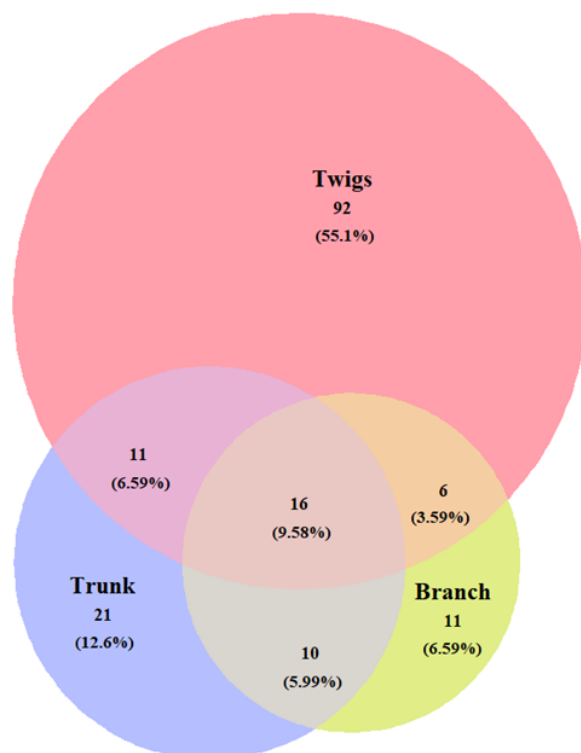


Abbildung 43: Anzahl der Morphotypen (nur Ascomycota), aufgeschlüsselt nach Baumkompartimenten in Morphotypen, die ausschließlich aus dem Stamm (blau), ausschließlich aus den Ästen (grün) oder ausschließlich aus den Zweigen (rot) isoliert wurden, sowie alle möglichen Überschneidungen. Veröffentlicht in Tropf et al. (2025a).

Der Großteil der nachgewiesenen MTs der Ascomycota konnte ausschließlich im asymptomatischen Gewebe nachgewiesen werden (129 MTs), elf MTs ausschließlich aus dem symptomatischen Gewebe und 27 MTs wurden sowohl im asymptomatischem als auch im symptomatischen Gewebe festgestellt. Bei Pilzen die aus symptomatischem Gewebe isoliert wurden, kann es sich um potentielle Pathogene der Rotbuche im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche handeln. Holzfäule verursachenden Pilze wie *Fomes fomentarius* oder *Pleurotus ostreatus* wurden im symptomatischen Gewebe fast ausschließlich in stark geschädigten Bäumen nachgewiesen. Unter den 27 MTs die sowohl im asymptomatischem als auch im symptomatischen Gewebe nachgewiesen wurden, konnten zwei Schlüsselpathogene identifiziert werden, die flächenübergreifend und häufig nachweisbar waren: *Neonectria coccinea* und *Biscogniauxia nummularia*. *Neonectria coccinea* ist ein bekannter Rindennekrosenerreger der Rotbuche (z.B. Grüner und Metzler, 2006; Niesar et al., 2007; Langer und Bußkamp, 2021). In symptomatischem Gewebe war er der häufigste nachgewiesene Pilz. Auffallend war, dass *N. coccinea* im symptomatischen Gewebe von leicht geschädigten Bäumen häufiger nachgewiesen wurde als in solchem der stärker geschädigten Bäume oder in asymptomatischem Gewebe. Das könnte ein Hinweis darauf sein, dass der Pilz in einem frühen Stadium des Krankheitsverlaufs eine Schlüsselrolle spielt. *Biscogniauxia nummularia* wurde bei den durchgeführten Untersuchungen von allen nachgewiesenen Pilzen mit Abstand am häufigsten isoliert. Der Pilz wurde im asymptomatischen Gewebe geschädigter und stark geschädigter Probestämme dreimal so häufig nachgewiesen, wie in dem asymptomatischen Gewebe nicht geschädigter und leicht geschädigter Probestämme. Gerät der Wirt durch Hitze und Trockenheit unter Stress, kann *B. nummularia* von seiner endophytischen Lebensphase zu einer pathogenen wechseln und den sogenannten Streifenkrebs und Holzfäule verursachen (Granata und Whalley, 1994; Hendry et al., 1998, 2002; Granata und Sidoti, 2004; Nugent et al., 2005; Luchi et al., 2015). Die hohe Präsenz von *B. nummularia* im gesunden Gewebe geschädigter Bäume kann als prädisponierender Faktor im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche diskutiert werden (Abbildung 41). Um das Risiko durch *B. nummularia* gegenüber der Rotbuche besser einschätzen zu können, wurden aufbauend auf den Ergebnissen von Tropf et al. (2022) Wachstumsversuche und Holzabbauversuche mit verschiedenen *B. nummularia*-Stämmen *in vitro* durchgeführt und veröffentlicht (Tropf et al., 2025b). Letzterer Untersuchung lag die Hypothese zugrunde, dass sich die getesteten Pilzstämme in ihrem temperaturabhängigen Wachstumsverhalten unterscheiden und dass Stämme aus wärmeren Herkunftsgebieten ihr maximales Wachstum erst bei höheren Temperaturen erreichen. Tatsächlich unterschieden sich Stämme deutlich in ihrem Wachstum je nach getesteter Temperatur und Kulturmedium. Die Herkunft der *B. nummularia*-Stämme und die dortigen klimatischen Bedingungen scheinen dabei ein Faktor zu sein. Stämme, die aus wärmeren Gebieten Deutschlands stammten, erreichten teilweise erst bei 28 °C ihr optimales Wachstum und wuchsen auch noch bei 34 °C. Letztere zeigten auch unter den Laborbedingungen teilweise erst bei 5 oder 6 °C ein messbares Wachstum. Stämme anderer Regionen wuchsen beispielsweise schon bei 3 °C aus. Diese Ergebnisse stützen die aufgestellte Hypothese und deuten auf ein ausgeprägtes klimatisches Anpassungsvermögen von *B. nummularia* hin, insbesondere was hohe Temperaturen betrifft. Zudem konnten genetische Unterschiede in der  $\beta$ -Tubulin-Region bei den verschiedenen *B. nummularia*-Stämmen festgestellt werden, die ebenfalls mit der geographischen Herkunft der Stämme in Zusammenhang zu stehen scheinen. Deutliche Unterschiede zwischen den Stämmen waren auch in deren Holzabbauvermögen (Abbildung 44) zu verzeichnen, wobei diese nicht mit der geographischen Herkunft zusammenzuhängen scheinen. Die Ergebnisse von Tropf et al. (2025b) in Verbindung mit den Ergebnissen von Granata und Sidoti (2004) sprechen dafür, dass für den Ausbruch und den Schadverlauf der Buchenvitalitätsschwäche nicht nur relevant ist, wie präsent *B. nummularia* im Wirt ist, sondern auch welcher *B. nummularia*-Stamm vorhanden ist.

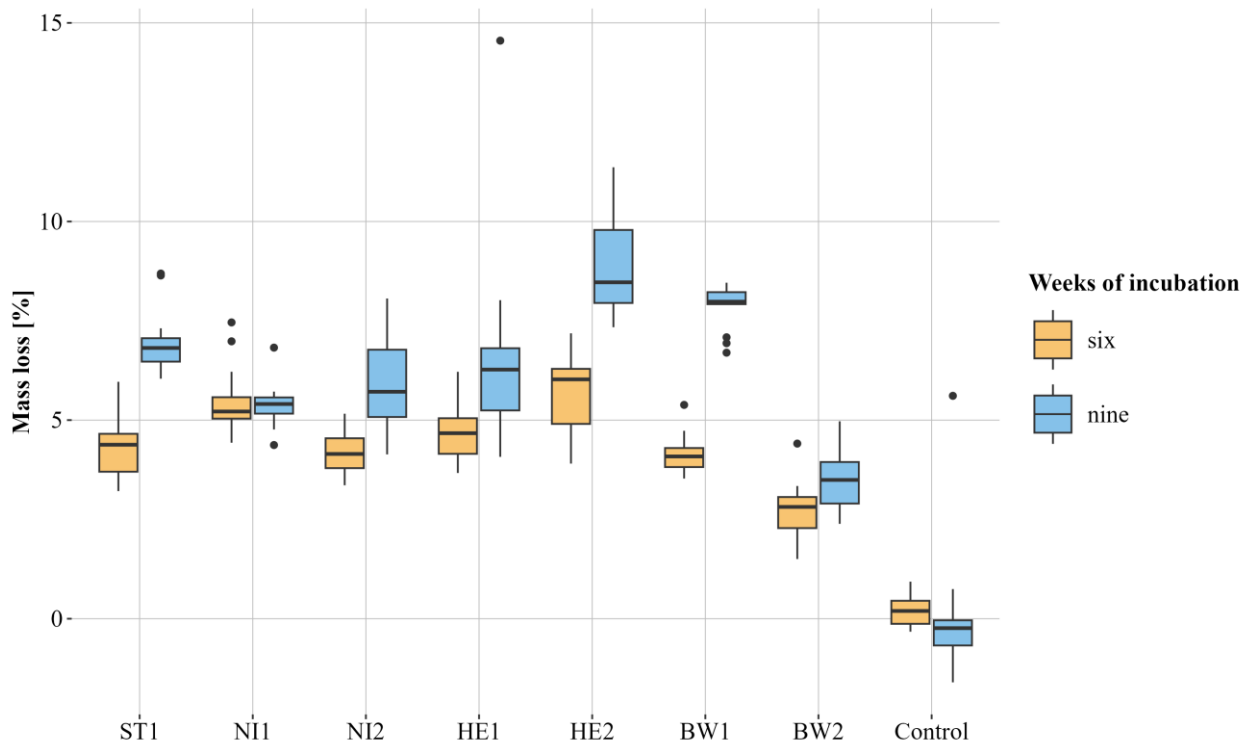


Abbildung 44: Holzabbauvermögen von *Biscogniauxia nummularia*. Visualisierung des relativen Masseverlusts verursacht durch verschiedene Stämme (BW1-2, HE1-2, NI1-2 und ST1) in Form von Boxplots. Der jeweilige Median ist dargestellt (horizontale schwarze Linie in der Box). Prüfkörper, die über sechs Wochen inkubiert wurden, sind orange dargestellt, solche mit einer Inkubationszeit von neun Wochen in Blau. Control wurde ohne Pilzbefall inkubiert.  $n = 13$  pro Gruppe, mit Ausnahme der Kontrollgruppe (neun Wochen,  $n = 10$ ) und NI2 (neun Wochen,  $n = 12$ ). Veröffentlicht in Tropf et al. (2025b).

Insgesamt konnten 35 Pilzarten an Rotbuche nachgewiesen werden, die zuvor nicht an dieser Baumart bekannt waren, 14 Pilzarten wurden zum ersten Mal in Deutschland bestätigt. Für den Großteil dieser Arten besteht derzeit kein Anlass zur Annahme, dass diese als Pathogene der Buche in größerem Umfang in Erscheinung treten werden. Unter den Erstrnachweisen an Rotbuche war allerdings auch *Diplodia fraxini*, eine für Eschen typische Pilzart, die mit Stammfußnekrosen im Zusammenhang mit dem Eschentriebsterben in Verbindung gebracht wird (Peters et al., 2023). Um das Risikopotential von *D. fraxini* für Rotbuchen im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche besser einschätzen zu können, wurde ein Infektionsversuch mit Buchennaturverjüngung *in vivo* durchgeführt (Pathogenitätstest, s. Arbeitspaket 10).

## Arbeitspaket 9: Verjüngung

### TV2.M7 Flächenauswahl

### TV2.M15 Identifikation Endophytengemeinschaften

### TV2.M16 Vergleich Endophytengemeinschaften

### TV2.M17 Raum-Zeit-Analyse

Zur Untersuchung der pilzlichen Endophytengemeinschaft in der Buchenverjüngung wurden im Sommer 2023 je zwei gesunde Rotbuchenjungpflanzen auf 16 Kernflächen entnommen (6 Kernflächen in Hessen, 7 in Niedersachsen, drei in Thüringen, wobei 13 der 16 Flächen mit den untersuchten Flächen in Tropf et al. (2025a) übereinstimmen). Es wurden Blätter, der Leittrieb, der Wurzelansatz und Feinwurzeln beprobt und deren assoziierte Pilze isoliert. In 16 Kernflächen wurden insgesamt 133 verschiedene MTs in der Buchenverjüngung nachgewiesen. Auch in der Verjüngung überwog der Anteil nachgewiesener Ascomyceten im Vergleich zu den Basidiomyceten (84 % zu 16 %), allerdings weniger deutlich als im Altbestand. Nur 44 % der festgestellten MTs wurden auch bei Tropf et al. (2025a) im Altbestand nachgewiesen. Das kann aber überwiegend dadurch erklärt werden, dass in der Verjüngung auch andere, zusätzliche Pflanzenkompartimente, wie Feinwurzeln, untersucht wurden.

Von den 75 MTs, die in der Verjüngung, aber nicht im Altbestand festgestellt wurden, konnten 32 MTs ausschließlich aus den Feinwurzeln isoliert werden. Nachgewiesen wurden hier unter anderem Arten der Gattung *Ilyonectria*, die bekannte Wurzelpathogene sowohl bei Nutzpflanzen (Bischoff and Goodwin, 2022) als auch bei Bäumen (Brumat et al., 2025) umfasst. Darüber hinaus wurde mit *Mycena galopus* ein Mutualist

identifiziert, der das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen kann (Grelet et al., 2017). Der, über alle untersuchten Kompartimente der Buchenverjüngung, am häufigsten isolierte Pilz, war wie im Altbestand, *B. nummularia*, gefolgt von *Apiognomonia errabunda* (Erreger der *Apiognomonia*-Blattbräune). Letztere Art war im Altbestand ebenfalls die am zweithäufigsten isolierte Pilzart. Im Gegensatz dazu wurde *N. coccinea* deutlich seltener (zwei Isolate) und nur in zwei der untersuchten Kernflächen nachgewiesen. *Neonectria coccinea* scheint also in der Verjüngung deutlich weniger präsent zu sein als im Altbestand. Typische Weißfäuleerreger der Buche, wie zum Beispiel *Stereum hirsutum* und *Bjerkandera adusta* (Hartmann and Grüner, 2025) waren bereits endophytisch nachweisbar. Die Ergebnisse aus dem Altbestand (Tropf et al., 2025a) in Verbindung mit den Befunden aus der Verjüngung deuten auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der Präsenz von *B. nummularia* in beiden Bestandsschichten hin (Abbildung 45). Dies könnte auf einen Transfer des Pilzes zwischen dem Rotbuchenaltbestand der darunter stockenden Verjüngung hindeuten. Wenn sich diese Ergebnisse des Buche-Akut-Projekts auf noch größerer Fläche bestätigen, würde das im Umkehrschluss bedeuten: Je geschädigter der Rotbuchenaltbestand, desto häufiger ist *B. nummularia* im asymptotischen Gewebe des Altbestandes präsent und umso häufiger ist der Pilz auch in der darunter stockenden Verjüngung endophytisch nachweisbar. Welche Folgen das für die Verjüngung hat, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar.

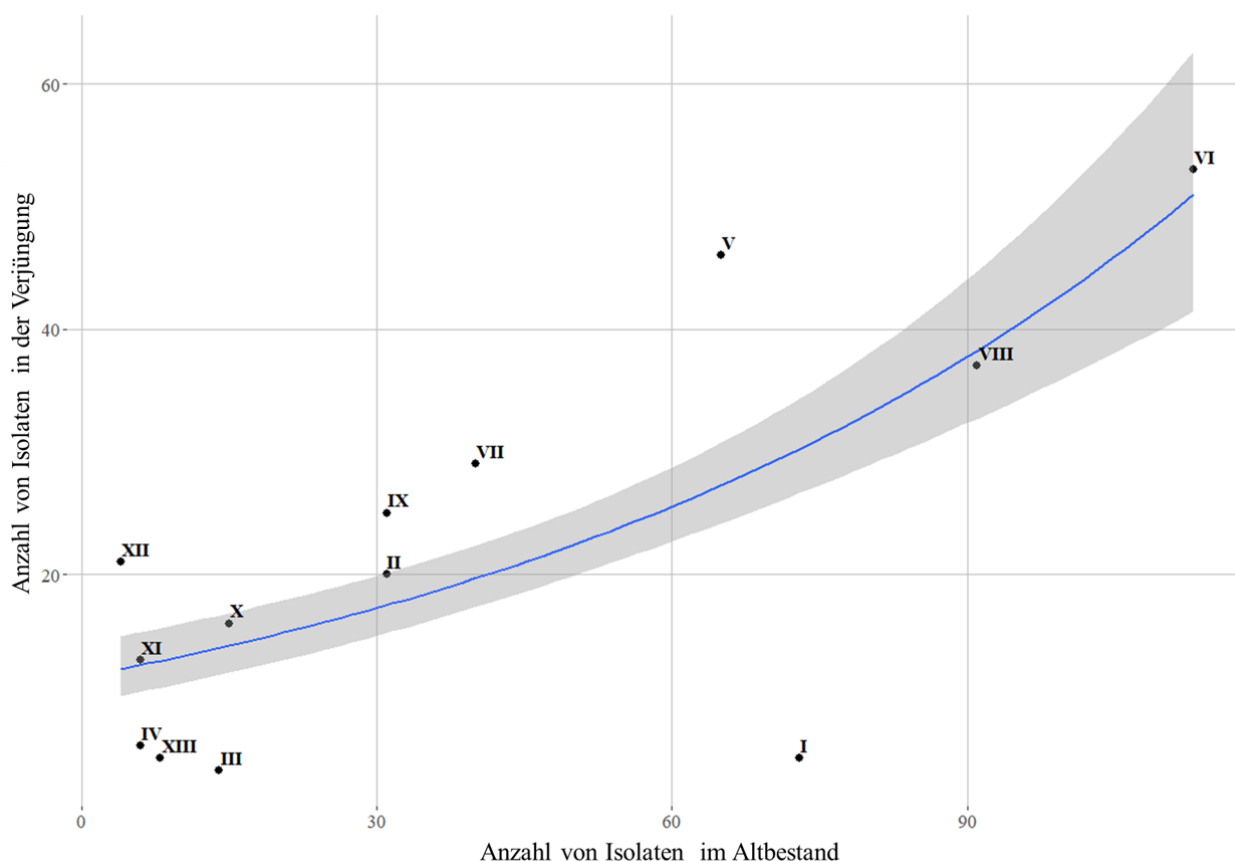


Abbildung 45: Beziehung zwischen der Anzahl der Isolate von *Biscogniauxia nummularia* aus dem Altbaum und der Anzahl der Isolate aus der darunter stockenden Verjüngung je Kernfläche (I-XIII). Die Modellierung der Beziehung erfolgte mittels Poisson-Regression, die 95%-Konfidenzintervalle sind als schattierte Fläche dargestellt. Tropf et al. unveröffentlicht.

## Arbeitspaket 10: Inokulationsversuche

### TV2.M18 Pathogenitätstests *in vivo* angesetzt;

### TV2.M19 Pathogenitätstests ausgewertet

Im Laufe des Projekts wurden drei Pathogenitätstests *in vivo* (Infektionsversuche A, B, C) mit verschiedenen potentiellen Pathogenen der Rotbuche angesetzt, ausgewertet und deren Ergebnisse teilweise auch schon veröffentlicht. Tropf et al. (2022) testete verschiedene Pilzarten der Ordnungen *Xylariales*, *Botryosphaeriales* und *Hypocreales*, darunter auch *B. nummularia* und *B. mediterranea* (Infektionsversuch A). Die Ergebnisse unterstrichen die hohe Virulenz von *Diplodia corticola* und *Diplodia mutila* in Infektionsversuchen und bestätigten damit die Resultate von Langer and Bußkamp (2021). Pflanzen, die mit *B. nummularia* und *B. mediterranea* beimpft wurden, zeigten im Infektionsversuch A keine Nekrosen. Das lag möglicherweise daran, dass es beim diesem Infektionsversuch nicht gelang ausreichend Trockenstress für die Wirtsbäumen zu induzieren. Im Jahr 2023 wurde ein Infektionsversuch mit verschiedenen *B. nummularia*- und *B. mediterranea*-

Stämmen durchgeführt (Infektionsversuch B). Auf Grundlage der Ergebnisse von Tropf et al. (2022), die deutliche Unterschiede im Holzabbauvermögen verschiedener *B. nummularia*-Stämme *in vitro* nachweisen konnten, wurde untersucht, ob sich diese Unterschiede auch in der Virulenz der Pathogen bei Infektionsversuchen widerspiegeln. Die *B. nummularia*-Stämme entsprachen dabei denselben Stämmen, die bei den Wachstums- und Holzabbauversuchen *in vitro* von Tropf et al. (2025b) verwendet wurden. Da Infektionsversuch B im Gewächshaus stattfand, konnte erfolgreich Trockenstress induziert werden und es traten Nekrosen und Verfärbungen an den inokulierten Wirtsbäumen auf. Die inokulierten *B. nummularia* und *B. mediterranea*-Stämme konnten allerdings nur aus wenigen Probepflanzen re-isoliert werden. Somit wurden die Koch'schen Postulate im Infektionsversuch B nur teilweise für die getesteten Pilzstämme erfüllt. Es wurde daher auf eine Veröffentlichung dieser Ergebnisse in Tropf et al. (2025b) verzichtet. Im Jahr 2024 wurde ein Infektionsversuch mit *Diplodia fraxini* und *Diplodia mutila* im Gewächshaus an Buchennaturverjüngung zwei verschiedener Herkünfte (Münden und Dassel) und unter der Verwendung zwei verschiedener Wasserregime durchgeführt (Infektionsversuch C). Dieser Pathogenitätstest wurde angelegt, um das Risiko von *D. fraxini* gegenüber Buchenbeständen im Vergleich zur sehr ähnlichen Art *D. mutila* zu untersuchen. Aufgetretene Nekrosen an den Buchenheistern, die unter Trockenstress standen waren deutlich länger, wenn die Pflanzen mit *D. mutila* infiziert waren im Vergleich zu denen, die mit *D. fraxini* beimpft wurden. Bei Pflanzen, die stärker bewässert wurden (die Volumenfeuchte der Erde im Topf unterschied sich signifikant von der Trockenvariante, T-Test,  $p < 0,05$ ), konnte dieser Unterschied nicht festgestellt werden. Die Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass *D. mutila* unter Trockenstressbedingungen eine erhöhte Virulenz bei Buchen zeigt, während ein vergleichbarer Effekt für *D. fraxini* nicht nachgewiesen werden konnte. Dementsprechend ist es möglich, dass *D. fraxini* im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielt. Ein Einfluss der zwei verwendeten Pflanzenherkünfte auf die Ausprägung der Nekrosen konnte nicht nachgewiesen werden. Die am häufigsten isolierte Pilzart neben den Reisolaten von *Diplodia* spp. war *Neonectria coccinea*. Der Pilz wurde nahezu ausschließlich aus Pflanzen isoliert, die zuvor mit *Diplodia mutila* infiziert worden waren (18 der 20 Isolate). Inwieweit *N. coccinea* ursächlich an der Entstehung der beobachteten Nekrosen beteiligt war, lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Daten jedoch nicht abschließend beurteilen. Dass der Pilz sowohl aus gut wasserversorgten als auch aus unter Trockenstress stehenden Pflanzen in nahezu gleicher Häufigkeit isoliert wurde, könnte allerdings auf eine eher geringe Beteiligung an der Ausbildung der Nekrosen hindeuten. Auffällig ist zudem, dass *N. coccinea* deutlich häufiger aus Pflanzen der Herkunft Dassel als aus solchen der Herkunft Münden isoliert wurde (15 gegenüber 5 Isolate). Ein Manuskript mit den Ergebnissen des Infektionsversuchs C soll noch 2026 zur Veröffentlichung in einer peer-reviewed Zeitschrift eingereicht werden.

#### **Arbeitspaket 11: Strukturfassung**

##### **TV2.M6: Initiale Strukturfassung der Untersuchungsflächen mit Laserscans (vor der Fällung) und Erfassung der Erntebäume im Detail (Einzelbaumarchitektur)**

##### **TV2.M7: Monitoring der Strukturveränderungen auf den Flächen mit Laserscans (jährlich auf Bestandesebene)**

Eine wesentliche Erkenntnis von TV3 ist die mittels 3D Laserscanning beobachtete ‚strukturelle Umkehr‘, ein Prozess der erstmal auf Basis empirischer Daten im Rahmen des Projektes nachgewiesen wurde. Hierbei verlagert sich der Schwerpunkt der strukturellen Komplexität in den geschädigten Buchenwäldern sukzessive nach unten und es entsteht, durch die ausgeprägte Verjüngung in Folge des Auflichtens in den Oberkronen, ein dichter Unterstand, der die wesentlichen strukturellen Elemente ersetzt, die in der Oberkrone verloren gehen. In der Publikation Höwler et al. (2024) haben wir diesen Prozess beschrieben und wissenschaftlich dokumentiert. Wir interpretieren diesen Prozess in Folge der starken Trockenheiten zunächst als positives Signal für eine erfolgreiche Bestandesregeneration von unten heraus. Inwiefern der Prozess andauert, wenn weitere Trockenereignisse folgen, bleibt abzuwarten. Da aber alle 24 untersuchten Kernflächen insgesamt einen Verlust an struktureller Komplexität von ca. 1-3% pro Jahr aufweisen (vergleichbar mit anderen Buchenwäldern Deutschlands) zeichnet sich ein der Klimaveränderung folgender Trend zu strukturärmeren Wäldern trotz der strukturellen Umkehr ab. Diese Entwicklung ist aufgrund des starken Einflusses der Wasserverfügbarkeit auf die strukturelle Komplexität nicht überraschend (siehe z.B. Ehbrecht et al 2021), aber beunruhigend. Der Unterschied in der Box-dimension zwischen den beiden Aufnahmezeitpunkten (Anfang 2023- Anfang 2024) war in allen Plots negativ und schwankte zwischen 0.03 Einheiten und 0.08 Einheiten (etwa 1-3%). Viel interessanter als dieser zwar signifikante aber eher geringe Unterschied ist die Tatsache, dass der Verlust an Komplexität binnen eines Jahres mit dem Schädigungsgrad tendenziell größer wurde. Je geringer die ursprüngliche Schädigung war, desto größer ist der zwischen 2023 und 2024 verzeichnete Komplexitätsverlust ausgefallen. Dies bedeutet, dass die bis dato als gesund oder nur leicht geschädigten Beständen nachziehen und sich nun auch in ihnen Muster hin zu weniger Strukturkomplexität bilden. Die Unterschiede zwischen den Schädigungsklassen sind, auch bedingt durch die kleine Stichprobe, bisher noch nicht signifikant, aber in der Tendenz ebenfalls beunruhigend

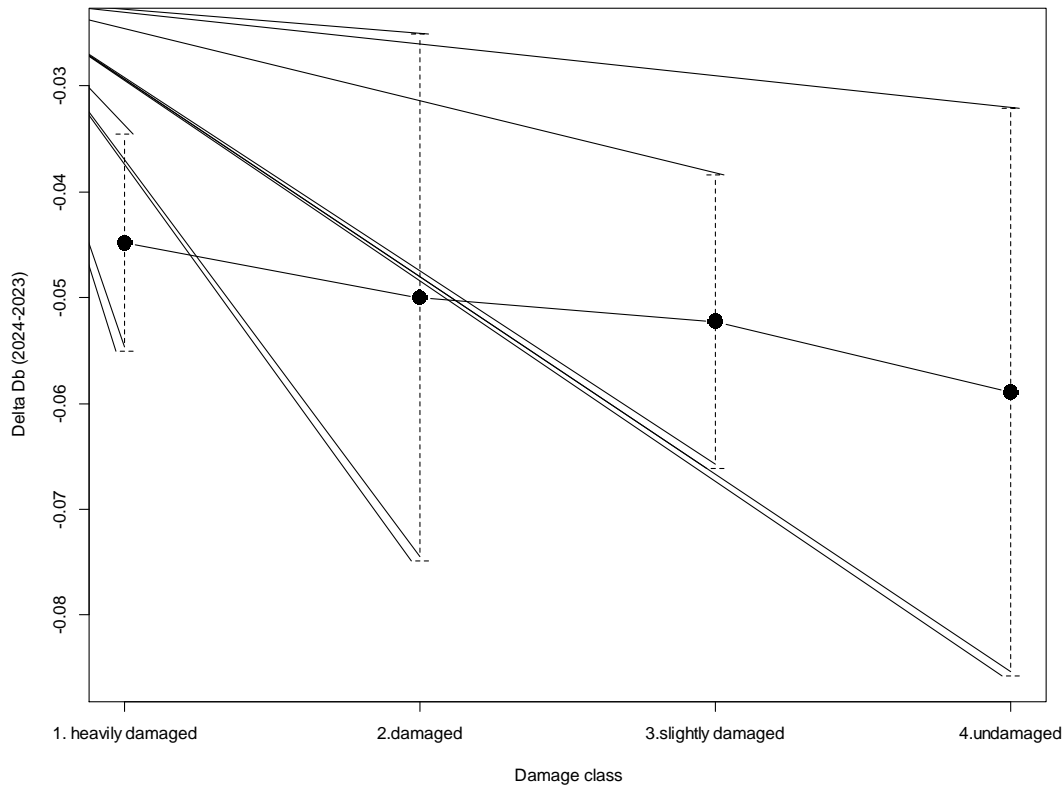


Abbildung 46: Mittelwertplot des Strukturverlustes (Delta Db) über die unterschiedlichen Schadstufenklassen 1-4). Db steht für box-dimension und ist ein Maß für die strukturelle Komplexität von Wäldern.

Zusätzlich zur Untersuchung auf Bestandesebene ist es gelungen, ein quantitatives Verfahren zur automatisierten strukturbasierten Erkennung von Vitalität bei der Rotbuche am Einzelbaum zu entwickeln. Auf Basis der Laserscandaten konnten wir Zusammenhänge zwischen der Vitalität und der Verteilung von Feinästen und deren Längenverhältnis im Vergleich zu Starkästen quantifizieren. Diese Methode erlaubt es auf Basis objektiver Messdaten aus dem 3D Laserscanning und den aus diesen Daten abgeleiteten quantitativen Strukturmodellen (QSMs) Zylindermodelle jedes Baumes zu generieren (Abbildung 47) und diese zur Untersuchung der Astverteilungsmuster zu verwenden.

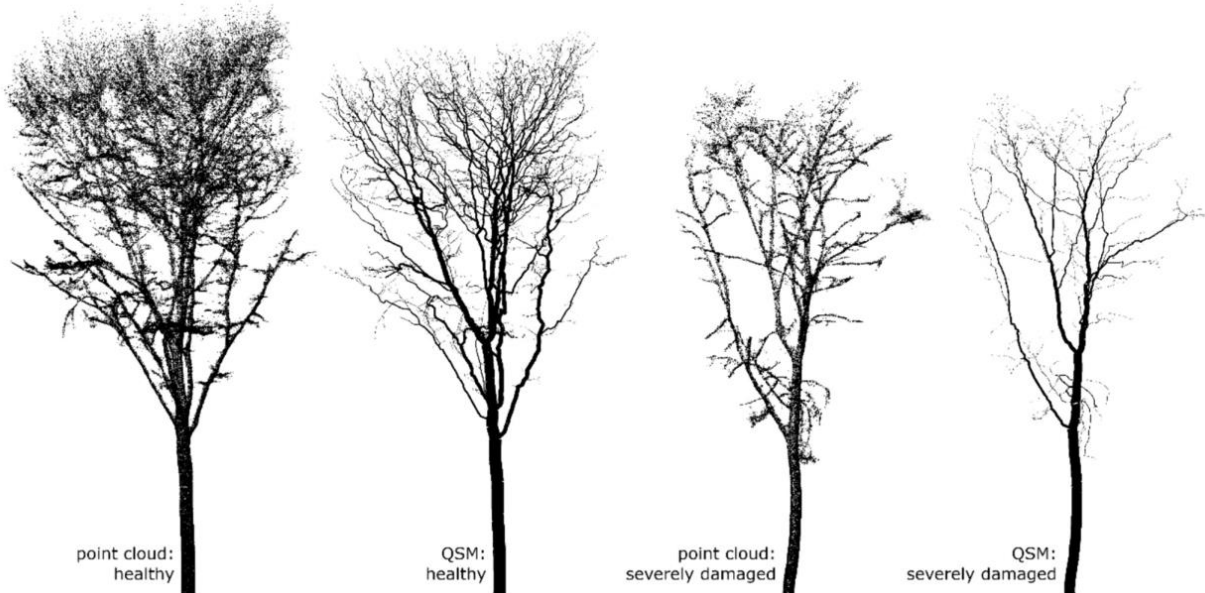


Abbildung 47: Exemplarische Darstellung einer Buche der ersten Vitalitätsklasse (links) und der schlechtesten Vitalitätsklasse (rechts) und des jeweiligen QSM-Modells. Aus der Projektpublikation: Heidenreich et al. 2024.

Zwar ist bis heute die zuverlässige unbewachte Erzeugung von QSM-Modellen schwierig, da hier stets das geschulte Auge notwendig ist, um fehlerhafte QSM-Modelle zu erkennen und erneut und mit veränderten Parametern zu prozessieren, dennoch ist die Methode vielversprechend und der „proof of concept“ wurde veröffentlicht in Heidenreich et al (2024),

Mit Hilfe der relativen Verhältnisse von Feinreisiglängen zu Grobastlängen können, über unterschiedliche Baumgrößen hinweg, quantitative und messdatenbasierte Einschätzungen zum Vitalitätszustand der Rotbuche gemacht werden. Insbesondere im oberen Kronenbereich sind signifikante Unterschiede messbar (Abbildung 48).

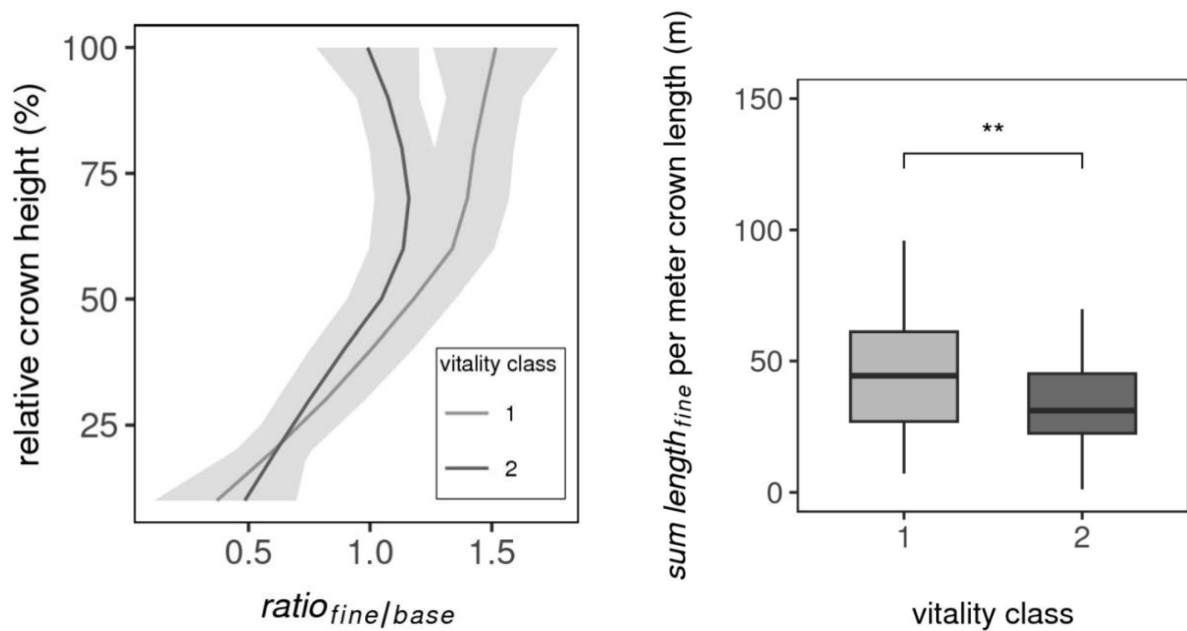


Abbildung 48: Links: Längenverhältnis zwischen fein und Grobästen (x-Achse) in unterschiedlichen Höhen am Baum (y-Achse) für gesunde (n=55) und geschädigte Bäume (n=57). Hauptunterschiede sind im oberen Bereich der Kronen deutlich. Rechts: Aufsummierte Länge der Feinäste pro Meter Kronenlänge für die ungeschädigten oder leicht geschädigten (n=61) Buchen (1) und mittel oder stark geschädigten (n=60) Buchen (2) mit signifikantem Unterschied der Mittelwerte. Es sind aber auch deutliche Überlappungsbereiche erkennbar.

Hochspannend ist an dieser Stelle, dass eine systematische Literaturrecherche im Rahmen der Masterarbeit von Rika Jagemann zu dem Schluss kam, dass aus über 120 Publikationen zum Thema bestenfalls fünf herausdestilliert werden konnten, die sich mit dem Zusammenhang zwischen äußeren Strukturmerkmalen und dem Gesundheitszustand von Bäumen befassen haben. Die nachfolgende Abbildung (Abbildung 49) visualisiert die dabei aufgedeckten Maße und Zusammenhänge (aus Jagemann 2024).

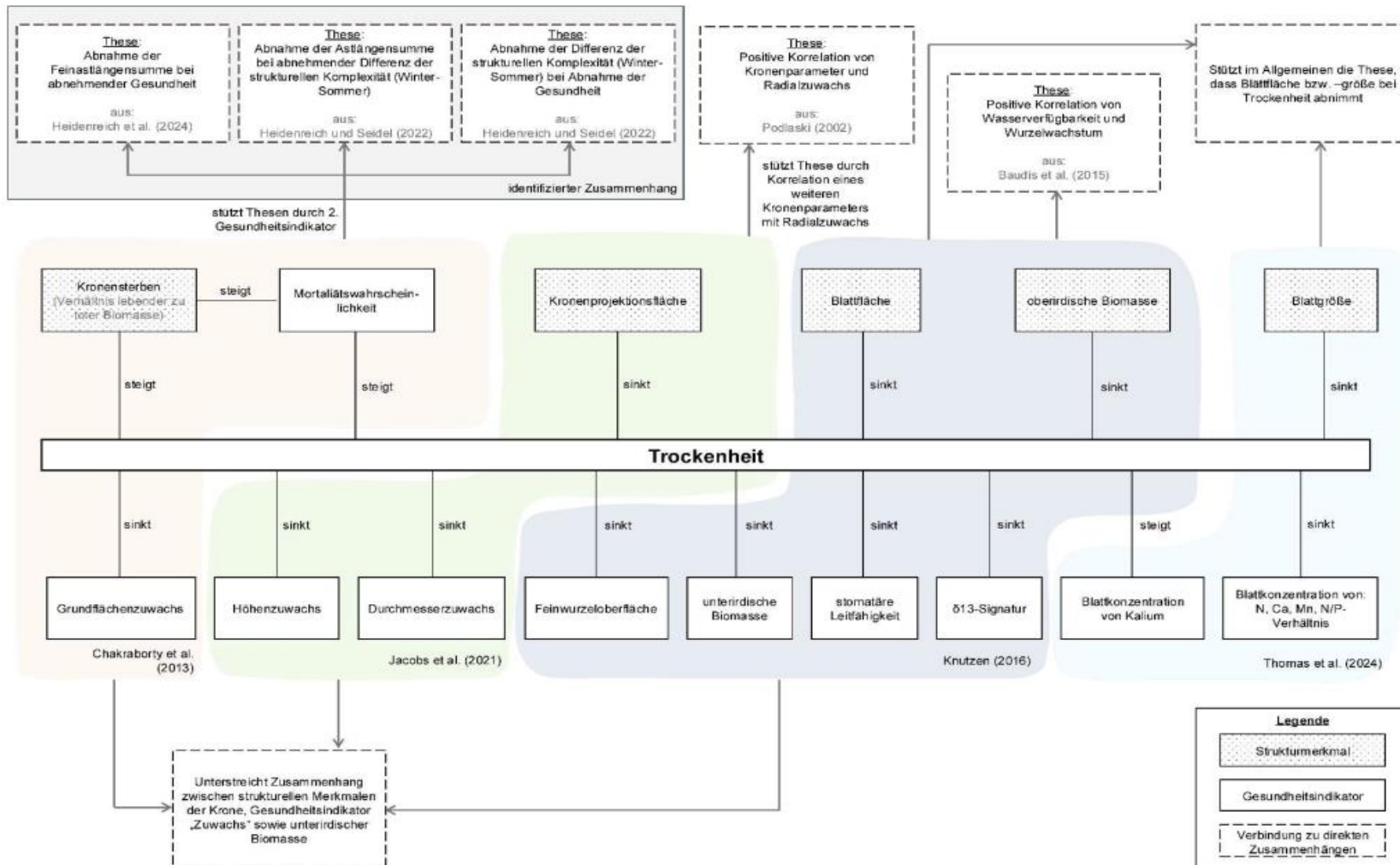


Abbildung 4: Aus der Literatur synthetisierte indirekte Zusammenhänge zwischen Gesundheitsindikatoren (weiße Kästen) und Strukturmerkmalen (grau gepunktete Kästen), hergestellt über die Hilfsvariable „Trockenheit“ (Kap. 4.4) sowie Verbindung und Korrelationen zu Ergebnissen aus der Literatur mit direkten Zusammenhängen (gestrichelte Kästen) (Kap. 4.3). Bunte Hinterlegung stellt die Zugehörigkeit zu den Studien dar, die jeweils unten rechts hinterlegt sind.

Abbildung 49: Auszug Masterarbeit Jagemann (2024).

## Arbeitspaket 12: Erfassung der Bestandesregeneration (Verjüngungsinventur)

### TV2. M8: Verjüngungsinventuren abgeschlossen

Die Verjüngungsinventur auf den 24 Kernflächen wurde im Sommer 2023 im Rahmen von zwei Abschlussarbeiten an der Georg-August-Universität Göttingen (Betreuung Prof. Ch. Ammer, Prof. D. Seidel) durchgeführt:

- Niccolò Vallebuona (2023) Untersuchung der Verjüngung in geschädigten, mitteleuropäischen Buchenbeständen in Hinblick auf biotische Einflussfaktoren
- Tadeus Wern (2023) Wie wirken sich die Klima- und Wetterdaten auf die Dichte und Diversität der Naturverjüngung in Mitteldeutschen Buchenwälder unterschiedlichen Schädigungsgrads aus?

Die Ergebnisse der vorliegenden Abschlussarbeiten zeigen, dass sich die Anzahl der Bäume pro Hektar (n/ha) mit einer Höhe von mehr als 100 cm nicht signifikant zwischen den vier untersuchten Dürreschadensklassen unterschied. Es wurden jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Baumartengruppen festgestellt: In allen Schädigungsklassen war die Anzahl der Buchen im Vergleich zu Eichen, Eschen und anderen Baumarten signifikant höher. Vergleicht man die Anzahl der Buchen mit der Anzahl der Ahornbäume, so ist festzustellen, dass nur in den geschädigten Beständen ein signifikanter Unterschied besteht (ein Ausreißer mit 6563 Ahornbäumen/ha in den stark geschädigten Beständen ist jedoch sehr wahrscheinlich der Grund für die Nicht-Signifikanz zwischen Ahorn und Buche). In den ungeschädigten und leicht geschädigten Beständen wurde kein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Buchen und Ahornbäume pro Hektar festgestellt. Es zeigt sich also, dass die Hauptschicht der untersuchten Buchenbestände teilweise sehr geschädigt oder kaum noch vorhanden war und sich aber reichlich und vitale Naturverjüngung entwickelt, bei der sich vor allem die Buche in der Verjüngung durchsetzt.

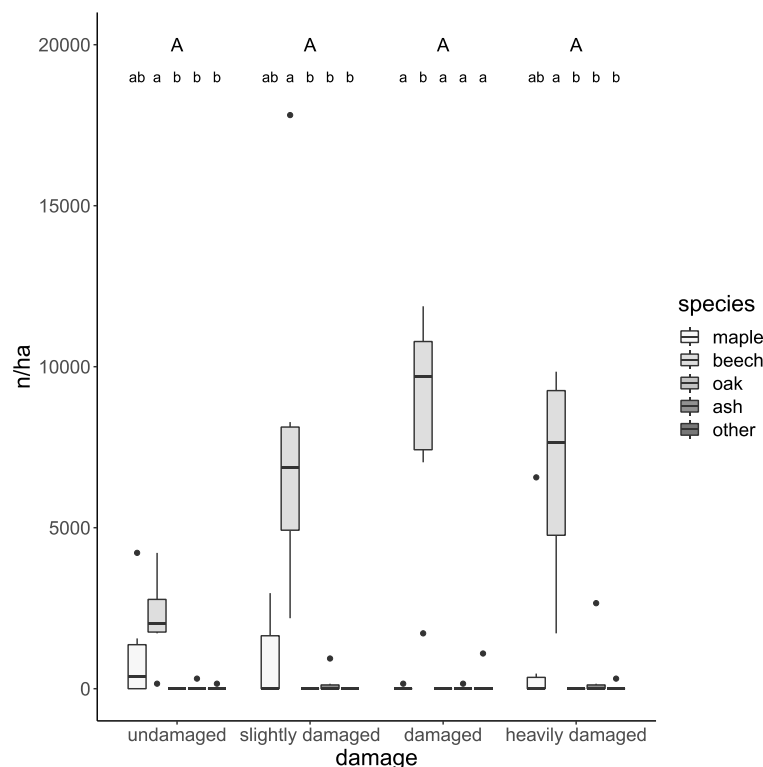


Abbildung 50: Box-Whisker-Plot der Anzahl Bäume pro Hektar (n/ha) mit einer Höhe von mehr als 100 cm zwischen den vier Schädigungsklassen und den untersuchten Baumarten. Die untersuchten Baumarten wurden zusammengefasst zu Buche (*Fagus sylvatica* L.), Eiche (*Quercus rubra* L., *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L., *Acer campestre* L., *Acer platanoides* L.), and andere Baumarten (*Abies alba* Mill., *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Castanea sativa* Mill., *Larix decidua* Mill., *Picea abies* (L.) H.Karst., *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L., *Prunus padus* L., *Salix caprea* L., *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Taxus baccata* L., *Tilia spec.*, *Ulmus glabra* Huds.). Unterschiedliche Kleinbuchstaben weisen auf signifikante Unterschiede zwischen den Baumarten hin, unterschiedliche Großbuchstaben auf signifikante Unterschiede zwischen den Schädigungsklassen bei  $p < 0.05$  (nichtparametrischer Kruskal-Wallis-Test mit Bonferroni-Korrektur).

## **Arbeitspaket 13: Erfassung der Konkurrenzsituation der Untersuchungsbäume auf Basis des terrestrischen Laserscannings**

### **TV2.M9: Erfassung des Konkurrenzdrucks abgeschlossen**

Die Auswertung der durchgeführten Konkurrenzanalyse ergab keine signifikanten Unterschiede der Kronenkonkurrenz zwischen den ungeschädigten, leicht geschädigten und geschädigten Beständen. Allerdings haben die stark geschädigten Bestände eine signifikant geringere Anzahl an Kronenkonkurrenzpunkten im Vergleich zu den anderen Schädigungsklassen. Dies ist auf die großen Lücken im Kronendach der geschädigten Bestände zurückzuführen. Dadurch ergibt sich zwangsläufig auch eine geringere Konkurrenz für die noch auf der Fläche bestehenden Altbäume.

## Verwertung

### a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

#### TV1

Keine.

#### TV2

Keine.

#### TV3

Keine.

### b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

#### TV1

Unmittelbare wirtschaftlichen Erfolgsaussichten sind nicht zu erwarten. Die Ergebnisse der Risikoanalyse und die Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern (Kapitel II, AP 2) sowie ihr zeitnaher Transfer in die forstliche Praxis (Kapitel II, AP 2) werden aber helfen, die Ökosystemfunktionen und -leistungen von Buchenwäldern trotz Klimawandels soweit wie möglich zu erhalten. Zu den Ökosystemleistungen gehört nicht zuletzt die nachhaltige und rentable Produktion von hochwertigem Buchen-Stammholz bis hin zu Buchen-Brennholz, verbunden mit der Erhaltung von Arbeitsplätzen in Forstwirtschaft und holzverarbeitenden Industrie (Cluster „Forst und Holz“). Die Ergebnisse der Standorts-Risikobewertung aus TV1 wurden bereits in der neuen Baumartenempfehlung von ThüringenForst verwendet.

Die Broschüre „Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel“ wurde in enger Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern und Vertreter:innen der Landesforstbetriebe von Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen erstellt. Einige der Vertreter haben bereits angedeutet, Teile dieser Empfehlungen in ihre Leitlinien zur ordnungsgemäßen forstlichen Praxis aufzunehmen.

#### TV2

Keine.

#### TV3

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten sind langfristig zu sehen. Mit Einzug des Laserscannings in die Praxis, welcher nur noch eine Frage der Zeit ist, wird der Bedarf an entsprechenden Softwarelösungen steigen. Wir haben im Projekt einen weiteren Baustein für solche Software geschaffen: die methodische Grundlage einer Vitalitätsansprache aus 3D Laserscanningdaten. Somit fördern wir potenziell den Wirtschaftsbereich „Grüne IT“.

### c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

#### TV1

Die Einbeziehung flächendeckender ALS- und Wetterdaten sowie terrestrischer Laserscans in die Vitalitätsauswertung ist vielversprechend und in dem länderübergreifenden Umfang, wie er im TV 1 erfolgte neu. Dieser methodische Ansatz kann einen Grundstein für zukünftige Monitoring-Ansätze für Buchenwälder sein, besonders da ALS-Daten inzwischen in stetig besser werdender Qualität und nahezu bundesweit vorliegen und bspw. im Projekt „Digitaler Zwilling Deutschland“ durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) für die Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden. Buche-Akut hat konnte zeigen dass, diese ALS Daten bei der Risikobewertungen von Waldschäden von großem Nutzen sein können:

[https://www.bkg.bund.de/DE/Forschung/Projekte/Digitaler-Zwilling/Digitaler-Zwilling\\_cont.html](https://www.bkg.bund.de/DE/Forschung/Projekte/Digitaler-Zwilling/Digitaler-Zwilling_cont.html)“

Der im TV 1 entwickelte Ansatz der Verknüpfung von Fernerkundungs- und WZE-Methoden soll zeitnah in internationalen Fachzeitschriften publiziert werden und kann mit geringem Aufwand laufend aktualisiert werden. Damit kann das TV1 (ggf. zusammen mit den in TV 2 und 3 entwickelten Boniturschlüssel für Buche bzw. Methodik zur objektiven und messdatengestützten Beschreibung des Vitalitätszustandes) zu einer deutlichen, praxisrelevanten Verbesserung des Waldzustands-Monitorings von Buchenwaldgesellschaften beitragen. Die Methodik lässt sich auch auf andere Baumarten(-gruppen) übertragen. Am FFK Gotha werden bereits Ansätze erprobt, die Methoden auf das bestehende ICP-Forest-Netz in Thüringen auszuweiten (Level-I und II-Flächen), wodurch die Kontinuität der langen Zeitreihen gewährleistet wäre.

Die modelbasierte Standort-Risikoanalyse für Trockenschäden in Buchenwäldern auf Basis retrospektiver Satellitenbilddaten zur Vitalität ließe sich auch auf andere Baumarten und die Gesamtwaldfläche Deutschlands/Europas übertragen, sofern die nötigen Standortdaten vorliegen. Die resultierenden standortsortbedingten Risiken könnten dann in Form von Risikokarten dargestellt werden und so bei waldbaulichen Entscheidungen (z.B. bei der Baumartenempfehlung) niederschwellig und mit räumlichem Bezug Berücksichtigung in der Praxis finden.

Mit der erfolgreichen Umsetzung der Video- bzw. Radio-Podcasts sowie ihre Bereitstellung im Internet unter besonderer Berücksichtigung der hohen Anforderungen an IT-Sicherheit und Datenschutz (s. Abschlussbericht, Kapitel II, AP 2) liegt nun ein technisches Wissen vor, das direkt für die Fortsetzung eines zielgruppenorientierten, modernen Wissenstransfers in den beteiligten Institutionen und Landesforstbetrieben genutzt werden kann.

## **TV2**

Die „Neu angepasste Schadstufenklassifizierung“ für die Sommer- und Winterbonitur von Rotbuchenbeständen (ermöglicht eine einfache und logisch aufgebaute Vitalitätseinschätzung von Buchenaltholzbeständen, sowie die Bestimmung der häufig bei der Buchenvitalitätsschwäche beteiligten pilzlichen Pathogene und Schädlinge. Dadurch eignet sie sich nicht nur zur Anwendung von anderen forstlichen Versuchsanstalten, sondern kann auch problemlos in der Forstpraxis genutzt werden. Die „Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen“ ermöglicht das zielsichere Ansprechen und Vergleichen von Schäden an unterschiedlichen Baumkompartimenten im Buchenaltholz auf großer Fläche.

Darüber hinaus werden bei der Sommer- und Winterbonitur die Schadmerkmale nach Wellbrock et al. (2020) (Blattverlust, Vergilbung, ...) und Roloff (2001) (Verzweigungsstruktur) so aufgenommen, dass ein direkter Vergleich mit den Daten der Waldzustandserhebung (WZE) möglich ist. Daher konnten im Buche-Akut-Projekt in Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen der WZE im Untersuchungsraum die erhobenen Daten mit den Informationen zur Buchenvitalitätsschwäche der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA BW) und der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) in Rheinland-Pfalz abgeglichen werden.

Im Rahmen des Projekts wurden bis zum Projektabschluss 2025 über 300 verschiedene Pilzarten isoliert und kultiviert. Dabei handelt es sich sowohl um Endophyten als auch potenzielle oder bereits nachgewiesene Pathogene der Rotbuche. Es gab zudem einige Erstnachweise für eine Assoziation des jeweiligen Pilzes mit Rotbuche bzw. den Erstnachweis für Deutschland. Die Pilzisolat und die damit verbundenen Daten aus dem Untersuchungsgebiet von Buche-Akut stehen für einen Austausch und die Zusammenarbeit mit Forschungsanstalten außerhalb des Untersuchungsgebietes zur Verfügung. Die schon diesbezüglich bestehende Kooperation mit der FVA BW mündete bereits in einer gemeinsamen Veröffentlichung (Tropf et al., 2025b).

## **TV3**

Eine Integration der Methodik zur Vitalitätseinschätzung aus Laserscans könnte langfristig (<5-7 Jahre) in der Bundeswaldinventur realisiert werden. Hierzu bedarf es vorangestellter Entscheidungen bzgl. des Einsatzes von Laserscannern im Rahmen der BWI (wie sie in Frankreich und der Schweiz bereits begonnen wurden). Da die Methodik in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung publiziert wurde, besteht zudem freier Zugang für Unternehmen etc., die daraus eine Dienstleistung entwickeln können.

## **d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

### **TV1**

Die im Rahmen von TV 1 erhobenen Daten, Ergebnisse und Erfahrungen mit innovativen Modellierungsansätzen zur Validierung von EO-basierten Waldzustandsindices sowie der Verschneidung mit ALS- und forstlichen Standortdaten sollen zeitnah in internationalen Fachzeitschriften publiziert werden. Anschließend könnten sie auch über bestehende GIS-Datenbanken zum Schadgeschehen in Wäldern (wie bspw. [deadtrees.earth](http://deadtrees.earth)) der wissenschaftlichen Öffentlichkeit bereitgestellt werden.

Außerdem werden die Ergebnisse unmittelbar in laufende Forschungsprojekte bzw. -aktivitäten am FFK Gotha einfließen. Hierzu gehören u.a. das FNR-Vorhaben „ForstEO“, das ANK-Verbundvorhaben „SURVEY – Waldreallabore – Experimente, Synthese und Governance zur Optimierung des natürlichen Klimaschutzes in Waldökosystemen“ und „ResEt-Fi - Entwicklung multifunktionaler Wälder auf gestörten Fichtenflächen“.

Das von **Buche-Akut** aufgebaute Netz von Versuchsflächen in Thüringen soll zudem als Teil der Naturwaldforschung im Rahmen des Thüringer Sonderprogramms für Waldumbau und Wiederbewaldung

(SPWW) sowie des waldbaulichen Versuchsflächennetzes des FFK Gotha erhalten und fortgeführt werden.

Die Ergebnisse zum Standortrisiko für Schäden durch Trockenheit und Hitze sind bereits in die aktuelle, noch laufende Überarbeitung der Baumartenempfehlungen für Thüringen eingeflossen (s.o.).

Die Ergebnisse und abgeleiteten Handlungsoptionen von **Buche-Akut** sollen weiterhin Teil der Fortbildungsveranstaltungen der Landesforstbetriebe und Landesversuchsanstalten sein. Neben den inhaltlichen Ergebnissen können auch die umfangreichen Erfahrungen des Projektes mit modernen Formaten de Wissenstransfers (s. Abschlussbericht Kapitel II, AP 3) für die Lehre und Fortbildung genutzt werden auch über das Projektende hinaus soll die Internetseite des Projektes:

<https://www.thueringenforst.de/wald-zukunft/forschung/forschungsfelder-projekte/buche-akut>

als Informationsquelle rund um das Thema „Buchenwälder im Klimawandel“ durch das FFK Gotha in Zusammenarbeit mit der Stabstelle Kommunikation, Medien/ThüringenForst fortgeführt werden. Das gleiche gilt für das ThüringenForst-interne Diskussionsforum, wobei dieses fortlaufend um weitere aktuelle Themenfelder im Kontext des Klimawandels erweitert werden soll. Zudem wird geprüft, ob das erfolgreiche Format des Podcasts zukünftig ein neues Element der Wissenstransfer-Tätigkeit des FFK Gotha werden kann.

## **TV2**

Die durchgeführten Untersuchungen von TV2 sind als grundlegende Forschungsarbeiten zu betrachten; weiterführende Untersuchungen sind erforderlich, um auf diesen Ergebnissen aufzubauen. Um das Mykobiom der Rotbuche in diesem Zusammenhang vertiefend zu untersuchen, sollte das Untersuchungsgebiet erweitert werden und wenn die Kapazitäten vorhanden sind, eine größere Anzahl an Bäumen pro Fläche beprobt werden, um inferentielle statistische Analysen zu ermöglichen. Pathogenitätstests an Pflanzen (*in planta*) sind notwendig, um die pathogene Wirkung erstmals identifizierter, mit der Rotbuche assoziierter Pilze wie *Nectria dematiosa* zu überprüfen. Die Induktion von Trockenstress bei den Wirtspflanzen während dieser Pathogenitätstests könnte Aufschluss über die Relevanz der getesteten potenziellen Pathogene im Zusammenhang mit der Buchenvitalitätsschwäche geben.

Im Hinblick auf *Biscogniauxia nummularia* sollten mehr Stämme in genetische Analysen und Untersuchungen zum Wachstum einbezogen werden. Idealerweise erfolgt die Analyse dieser Stämme über das gesamte natürliche Verbreitungsgebiet der Rotbuche hinweg. Sollten sich die bisherigen Schlussfolgerungen bestätigen, könnten die beobachteten Unterschiede sogar noch deutlicher ausfallen.

## **TV3**

Es sind keine direkt anschließenden Aktivitäten vorgesehen. Die Weiterentwicklung der Auswertungsverfahren für Punktwolken von Wäldern und Bäumen ist allerdings Gegenstand der Forschungsarbeit des Zuwendungsempfängers. Diese wird auch von den Erkenntnissen des Projektes Buche-Akut profitieren und weiter darauf aufbauen, sodass die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit nicht nur von Grundsatz her vorliegt, sondern garantiert ist. Die wirtschaftliche Weiterverwendung der Erkenntnisse ist möglich, jedoch nicht vom Zuwendungsempfänger selbst geplant. Unternehmen aus dem Bereich Forst-IT haben freien Zugang zur Methodik (Veröffentlichung) und es ist zu hoffen, dass Anbieter scan-basierter Inventurverfahren hier auf die Erkenntnisse aus diesem Projekt zugreifen.

## **e) Stand der Erreichung der in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Verwertungsoptionen, Forschungsdaten**

### **TV1**

Die im Vorhabenbeschreibung aufgeführten Verwertungsoptionen wurden erreicht. Durch das vielschichtige hierarchische Flächendesign und die Erweiterung der ursprünglich geplanten räumlichen Skalen von Einzelbaum und Bestand (mit max. 75 Flächen) auf die gesamte Buchenwaldfläche der beteiligten vier Bundesländer (Kapitel II, AP 1, Abbildung 2) konnte eine umfassende, modellbasierte standortsbedingte Risikoanalyse erfolgen. Diese war unabdingbar, um zusammen mit TV2 und TV3 die zahlreichen prädisponierenden Faktoren zu identifizieren und von den auslösenden Faktoren zu trennen. Durch die Wiederholung von Messungen innerhalb der Projektlaufzeit (TV2, TV3) sowie die Analysen von Zeitreihen (vor und nach 2018, TV 1) konnte zudem die komplexe Entwicklung des Schadgeschehens nicht nur beschrieben werden, sondern auch hinsichtlich der komplexen Schadensdynamik und zugrundeliegender ökophysiologischer Prozesse interpretiert und bewertet werden. Die Risikoanalysen und das Wissen um die Ursachen der Buchenvitalitätsschwäche und die Schadensdynamik, sowie die juristische Einschätzung zu daraus gesteigerten Anforderungen an die Verkehrssicherungspflichten, bildeten die Grundlage für die evidenzbasierten und praxisnahen

Handlungsempfehlungen zur zukünftigen Bewirtschaftung von Buchenwäldern (Kapitel II, AP 2,3). Die Risikoanalysen und Abschätzungen zum Schadensausmaß und zur Kohlenstoffspeicherung könnten zukünftig auch Teil einer ökonomischen Bewertung der Schäden werden.

Die Ergebnisse wurden und werden, wie oben beschrieben, über verschiedene Wege des Wissenstransfers (Kapitel II, AP2 3; im Antrag „Praxistransfer“ genannt) WaldbesitzerInnen und -bewirtschaftlerInnen sowie allen anderen Waldakteuren erfolgreich vermittelt. Im Bereich der forstlichen Ressortforschung stellten insbes. die Podcasts ein Novum dar. Die bisherigen Erfahrungen und technischen Lösungsmöglichkeiten zur Umsetzung des Wissenstransfer, die im Zuge von Buche-Akut gesammelt wurden, können nun von den beteiligten Institutionen und Landesforstbetrieben genutzt werden. Die positiven Rückmeldungen, die wir bislang zu unseren Aktivitäten im Bereich Wissenstransfer erhalten haben, lassen erwarten, dass die Ergebnisse bzw. Handlungsempfehlungen in der Praxis berücksichtigt werden und so zu einer Anpassung der Waldbewirtschaftung an den Klimawandel und damit zu klimastabilen Wäldern beitragen.

Die Forschungsdaten des TV 1 sind auf Anfrage erhältlich und werden im Zuge von wissenschaftlichen Publikationen und der Promotion von Herrn Menge zukünftig in wissenschaftlichen Datenbanken verfügbar sein.

## TV2

Die in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Verwertungsoptionen und Forschungsdaten wurden mit nur geringen Abweichungen erreicht. Es wurden 24 Kernflächen eingerichtet, statt der ursprünglich vorgesehenen 25. Ursache hierfür war das angepasste Versuchsdesign: Es wurden vier Schädigungsgrade bestimmt (siehe Arbeitspaket 7), und je Schädigungsgrad sollten zwei Kernflächen pro Bundesland (Hessen, Niedersachsen und Thüringen) eingerichtet werden, um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Zudem wurde entschieden, pro Kernfläche nur einen repräsentativen Probebaum je Schädigungsgrad zu fällen. Dieser wurde systematisch von den Wurzelansätzen bis in die Triebspitzen der Lichtkrone beprobt. Der Informationsgewinn wurde mit dieser Vorgehensweise als höher eingeschätzt, als wenn drei Bäume je Fläche oberflächlicher beprobt worden wären.

Bei der Beprobung der Verjüngung konnten nur 16 der 24 Kernflächen berücksichtigt werden. Gründe hierfür waren der hohe Beprobungsaufwand, die starke Auslastung des Labors NW-FVA B3 im Sommer 2024 sowie die Entscheidung, im letzten Projektjahr den Schwerpunkt auf die Auswertung und Veröffentlichung der bereits erhobenen Daten zu legen, anstatt weitere Daten zu generieren. Aus diesen Gründen musste auch darauf verzichtet werden, Baumschulware auf die vorhandene Endophytengemeinschaft zu beproben. Diesbezüglich liegen aber Daten aus vorangegangenen Studien vor, die zukünftig ausgewertet werden können.

Im Gegenzug fiel die Erhebung anderer in der Vorhabenbeschreibung genannter Forschungsdaten umfangreicher aus als ursprünglich geplant. So wurde die Vitalitätseinschätzung der Bäume auf den Kernflächen durch jährliche Winterbonituren ergänzt. Außerdem wurden aufgrund aktuellen Forschungsbedarfs drei Infektionsversuche mit unterschiedlichen Pilzarten oder Pilzstämmen durchgeführt, statt wie ursprünglich geplant lediglich ein Versuch. Darüber hinaus fanden zur forstpathologischen Einschätzung von *Biscogniauxia nummularia* außerplanmäßig umfangreiche Wachstums- und Holzabbauversuche *in vitro* statt.

## TV3

Es wurden alle Verwertungsziele erreicht. Durch Praxisschulungen und Tagungen, die Erstellung von Veröffentlichungen und Informationsmaterialien, durch Internetauftritte und Podcasts, Konferenzbeiträge und die Einbeziehung von Entscheidungsträgern wurden wichtige Schritte zur Dissemination der Ergebnisse an die Waldbewirtschaftler getätigt. Es ist zu hoffen, dass die vermittelten Erkenntnisse zu einer besseren Bewirtschaftung und somit insgesamt klimastabileren Waldökosystemen führen.

Waldbauliche Handlungsempfehlungen wurden erstellt und könnten zu einer Änderung bisheriger Waldbewirtschaftungsverfahren führen. Der Transfer zu Nutzergruppen wurde aktiv durchgeführt (Abschlussstagung, Schulungen, Infoveranstaltung bei allen vier beteiligten Landesforsten)

Das wissenschaftliche Know-How zur neuen Methodik der quantitativen Vitalitätserfassung ist veröffentlicht und frei zugänglich. Die Aufnahme des Verfahrens in etablierte Erhebung (BWI, Waldzustandserfassung, Forsteinrichtung) bleibt abzuwarten.

Themenverwandte Folgeprojekte konnten bereits angestoßen werden (ForResLab, gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Niedersachsen). Herstellerfirmen für Softwarelösungen rund um das Thema Waldinventur wurden kontaktiert.

Die Forschungsdaten von TV3 sind in ihrer Rohfassung auf Anfrage für jedermann zugänglich

## 2. Erkenntnisse von Dritten

### TV1

Xu et al. haben 2025 eine Forschungsarbeit publiziert, bei der sie die Kronenverlichtung von Buchen an den WZE Punkten von Schleswig-Holstein, Niedersachsen und Hessen anhand von Sentinel2 und zusätzlichen Umweltgeodaten modelliert haben und anschließend auf die Gesamtfläche der drei Länder extrapoliert haben. Dabei wurden jedoch keine ALS und forstliche Standortdaten verwendet und ein etwas anderer Ansatz verfolgt.

### TV2

Während der Durchführung des Projekts wurde eine wissenschaftliche Arbeit zur Verbreitung von *Biscogniauxia nummularia* in Mitteleuropa im Kontext von Hitze- und Trockenstress veröffentlicht (Patejuk et al., 2022). Zudem erschienen für das Teilvorhaben relevante Studien zur Präsenz und Virulenz von Arten der *Botryosphaerales* in holzigem Gewebe (Bregant et al., 2024; Blumenstein and Korkmaz, 2025; Lione et al., 2025). Die genannten Studien überschneiden sich inhaltlich nicht mit den Ergebnissen des Teilvorhabens, sondern erweitern dessen Erkenntnisse sinnvoll und tragen zu einer vertieften fachlichen Einordnung bei.

### TV3

Es liegen keine Erkenntnisse Dritter vor die zu direkt verwandten Thematik veröffentlicht wurden

## 3. Veröffentlichungen

### Wichtigste Veröffentlichungen TV 1

**Mund, M.**; Frischbier, N.; Mey, R.; Tischer, A. (2024): Rotbuchenwälder im Klimawandel. In: Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (TMIL) (Hrsg.): Waldzustandsbericht 2024 - Forstliches Umweltmonitoring in Thüringen. Erfurt, S. 68-77

**Mund, M.** (2023) Buchen verhungern nicht, sondern verdursten. Das Blatt: Mitarbeitermagazin Thüringenforst. Ausgabe 3\_2023

**Menge, J. H.**, Magdon, P., Wöllauer, S., & Ehbrecht, M. (2023). Impacts of forest management on stand and landscape-level microclimate heterogeneity of European beech forests. *Landscape Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10980-023-01596-z>

Beitrag zu: Klemmt, H.J. et al. (2023) Die Zukunft der Rotbuche in Mitteleuropa - Zusammenfassung der Wissenschaftlichen Buchentagung in Würzburg, 10.-11.05.2023, AFZ DerWald, Nr. 15 (2023)

**Menge, J.H.** (2024) Drought-related calamities of European beech in Central Germany - causes, consequences, and measures (Buche-Akut). Conference Poster at IUFRO World Congress 2024: T5.26 New solutions for challenges in decision support for mitigating disturbances to increase forest health and resilience under climate change (online at: <https://iufro2024.com/detailed-programme/> last retrieved: 16.09.2024)

**Menge, J.H.** (unveröffentlicht) „Spatio-temporal patterns and predisposing factors of drought-related vitality decline and mortality in European beech (*Fagus sylvatica*) forests of Central Germany.

### Wichtigste Veröffentlichungen TV 2

**Langer GJ**, Bußkamp J. (2023). Vitality loss of beech: a serious threat to *Fagus sylvatica* in Germany in the context of global warming. *J. Plant Dis. Prot.* 130, 1101–1115. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00743-7>

**Langer GJ, Tropf J**, Bußkamp J, Bien S (2024) Forschung zu Schäden an Rotbuchen und Eichen in den Projekten BucheAkut, TroWaK und VitaWald. *ImDialog* 20:8-11

Tropf B, **Tropf J** (2024) PDFMicroarray. <https://zenodo.org/records/13208314>  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13208313>

**Tropf J**, Bien S, Bußkamp J, **Langer GJ**, Langer EJ (2025a) Fungi associated with Vitality loss of European beech in central Germany. *Mycol. Prog.* <https://doi.org/10.1007/s11557-025-02041-y>

**Tropf J**, Bien S, Bußkamp J, Sennhenn-Reulen H, Becker J, Grüner J, **Langer GJ**, Langer EJ (2025b) Temperature-related growth limits and wood decay capacity of the warmth-loving fungus

*Biscogniauxia nummularia in vitro*. Front. Fungal Biol. 6:1548128.  
<https://doi.org/10.3389/ffunb.2025.1548128>

**Tropf J**, Bien S, Eurich L, Grüner J, **Langer GJ** (2022) Pilzliche Schäden an der Rotbuche. AFZ Der Wald 177:32-35

**Tropf J**, Gawehn P, **Langer GJ** (2022) Buchenkalamitäten im Klimawandel - Ursachen, Folgen, Maßnahmen. ImDialog 3:34-35

**Tropf J**, **Langer GJ** (2022) Verbundprojekt untersucht Vitalitätsschwächen länderübergreifend. Waldi 8:4

**Tropf J**, Menge J, **Langer GJ** (2023) Buchenkalamitäten im Klimawandel –Erste Ergebnisse zur Pathologie aus dem Forschungsprojekt Buche-Akut. Das Blatt: Mitarbeitermagazin Thüringenforst 3:29

### **Wichtigste Veröffentlichungen TV 3**

**Höwler, K.**, Vallebuona, N., Wern, T., Ammer, C., & **Seidel, D.** (2024). Structural reorganization in beech forests in central Germany as response to drought-induced mortality in the overstory. *Trees, Forests and People*, 15, 100506.

**Heidenreich, M. G.**, **Höwler, K.**, & **Seidel, D.** (2024). Towards an objective assessment of tree vitality: a case study based on 3D laser scanning. *Trees*, 1-14.

**Vallebuona, N.** (2023). Untersuchung der Verjüngung in geschädigten, mitteleuropäischen Buchenbeständen in Hinblick auf biotische Einflussfaktoren. Bachelorarbeit. Universität Göttingen.

**Wern, T.** (2023). Wie wirken sich die Klima- und Wetterdaten auf die Dichte und Diversität der Naturverjüngung in Mitteldeutschen Buchenwälder unterschiedlichen Schädigungsgrads aus? Bachelorarbeit. Universität Göttingen

**Jagemann, R.** (2024). Eine Literaturstudie zum Zusammenhang zwischen äußeren Strukturmerkmalen und dem Gesundheitszustand von Rotbuchen (*Fagus Sylvatica L.*) Masterarbeit. Universität Göttingen.

# ANHANG

## Teilvorhaben 1: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die Praxis (TV1 – Praxistransfer)

### 1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) gilt in weiten Teilen Mitteleuropas als Schlüsselbaumart, zeigt jedoch seit den Dürre- und Hitzesommern ab 2018 deutlich verstärkte Vitalitätsprobleme bis hin zu lokal gehäuften Absterben – besonders in älteren Beständen. Vor dem Hintergrund des voranschreitenden Klimawandels werden Extremwetterlagen wie langanhaltende Trockenheit, extreme Hitze und veränderte Niederschlagsmuster wahrscheinlicher, wodurch die Buche mancherorts an die Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit stoßen könnte.

Im Verbundprojekt Buche-Akut untersuchte das Teilvorhaben 1 (TV1: FFK Gotha), die räumlichen Verteilungsmuster der Schäden in Buchenwäldern der Hügelland- und Mittelgebirgslagen von Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Zur Identifikation großräumiger Ursachen-Wirkungsbeziehungen und zur Abschätzung der Auswirkungen der Trockenschäden auf den Kohlenstoffhaushalt, wurden Satellitendaten, flugzeuggetragene Laserscan-, sowie Wetter-, Standorts- und Bewirtschaftungsdaten genutzt.

Durch die Verknüpfung flächendeckender Geodaten mit Ergebnissen der anderen Projektpartner zum Einfluss pathogener Pilze und Insekten und der Waldstruktur, sollten die wichtigsten prädisponierenden und auslösenden Faktoren der Buchenvitalitätsschwäche identifiziert und im Rahmen einer skalenübergreifenden Risikoanalyse (Einzelbaum, Bestand gesamte Buchenwaldfläche) bewertet werden.

Zentraler Bestandteil des Verbundvorhabens war außerdem der wechselseitige Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis (u. a. durch Praxisseminare, Exkursionen, Revierleiterbefragungen, Fachgespräche mit Vertreterinnen und Vertretern der beteiligten Forstbetriebe), mit dem Ziel, evidenz-basierte und praxisnahe Handlungsempfehlungen für den Erhalt und die Bewirtschaftung mitteleuropäischer Rotbuchenwälder im Klimawandel zu entwickeln (Abbildung 2). Die Ziele, Methoden und Ergebnisse des Projektes sowie die Handlungsempfehlungen wurden über verschiedene Formate zeitnah und zielgruppenorientiert in die Praxis und die Öffentlichkeit vermittelt (z. B. durch Praxisseminare, Exkursionen, Tagungsbeiträge, Radio- und Video-Podcasts, Internetseite).

### 2. Bearbeitete Arbeitspakete

#### Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen

TV1 hat den Meilenstein „Räumliches Verteilungsmuster der Schäden“ von TV3 übernommen, so dass alle geodatenbasierten Meilensteine personell gebündelt waren. Für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse siehe AP1 in Teil II dieses Abschlussberichts.

#### Arbeitspaket 2: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis

Das Abschlusskompendium in Form einer Broschüre ist fertig und soll zeitnah gedruckt und an Interessierte und Waldbesitzende verteilt werden. (siehe Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium))

#### Arbeitspaket 3: Wissenstransfer und Kommunikation

M4: Gesamtkompendium „Perspektiven für die Buche – Wirkungszusammenhänge & langfristige Strategien für die Buche im Klimawandel“ für die Öffentlichkeit, Waldbesitzer und politische Entscheidungsträger (siehe Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium))

M5: Abschlusstagung für das Gesamtvorhaben als ein Ansatz für einen umfassenden Wissenstransfer aus dem Vorhaben in die Praxis.

Am 4. und 5. Juni 2025 fand an der NW-FVA in Göttingen die Abschlusstagung des Projekts statt. Im Vortragsteil präsentierte das Projektteam seine Forschungsergebnisse und die aus ihnen abgeleiteten Handlungsempfehlungen (s. auch Arbeitspaket 2). Die Tagung war mit rd. 90 Teilnehmenden vollständig ausgebucht. Für die letzte Folge des Podcast wurden die Teilnehmer der Podiumsdiskussion sowie weitere Gäste nach ihren Eindrücken von der Tagung und ihrem persönlichen Fazit oder Botschaft aus der Tagung befragt. Das Resümee war sowohl von Seiten der Teilnehmenden als auch des Projektteams sehr positiv.

#### Arbeitspaket 4: Kohlenstoffbilanzierung

M6: Methodik zur Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalamitätsereignissen erstellt

M7: Berechnung Kohlenstoffinventar von Buchengebieten und Kalkulation von Senken-/ Quelleneffekten infolge von Kalamitäten abgeschlossen

Die Ergebnisse der auf einer dafür parametrisierten Schadeinschätzung auf Basis von Satelliten und ALS Daten sind in Arbeitspaket 4: Kohlenstoffbilanzierung dargestellt.

### **Arbeitspaket 5: rechtliche Prüfung**

M8: Zusammenstellung von rechtlichen Grundlagen, Kommentierungen, themenrelevanten Urteilen und Fallentscheidungen ist abgeschlossen

M9: Juristische Bewertung von Kalamitäten hinsichtlich Betretens und Arbeiten im Wald abgeschlossen

M10: Kriterienkatalog und Entscheidungsleitfaden für rechtliche Aspekte

Siehe Anlage 5: Ergebnisbericht „Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald“ zum Unterauftrag im TV1 (Martin 2024). Die Kernaussagen wurden ebenfalls im Abschlusskompendium zusammengefasst (siehe Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium). Näheres ist in Arbeitspaket 5: Rechtliche Prüfung beschrieben.

### **Arbeitspaket 6: Projektkoordination**

M11: Für eine erfolgreiche Projektumsetzung sollen halbjährliche Arbeitstreffen (im Wechsel online und als Präsenzveranstaltung) stattfinden. Diese werden jeweils von einem der Projektpartner vorbereitet. Dabei werden in erster Linie Projektfortschritt und anstehende Projektarbeiten und Aufgaben erörtert, aber auch auftretende Schwierigkeiten und Probleme diskutiert.

Eine vollständige Liste aller Projektereignisse in Tabellarischer Form ist in Anlage 8: Projektereignisse zu finden.

M12: Koordinierung und Absicherung der termingerechten Abgabe der von Seiten des Projektträgers geforderten Zwischenberichte: Ist erfolgt.

M13: Koordinierung und Absicherung der termingerechten Abgabe des von Seiten des Projektträgers geforderten Abschlussberichtes: Ist erfolgt.

## **3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens**

Die räumlichen Verteilungsmuster der Schäden unterschieden sich zum Teil deutlich zwischen den 19 Wuchsregionen im Untersuchungsgebiet und waren insbesondere durch Witterungs- und Standortbedingungen beeinflusst. Die wichtigsten abiotischen prädisponierenden Faktoren für die Buchenvitalitätsschwäche waren der Bodenwasserhaushalt und die Niederschlagsanomalie zwischen 2018 und 2022. Außerdem gab es deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Substratgruppen. So waren Rotbuchen auf Lössböden deutlich weniger stark geschädigt als bspw. auf Kalk-, Silikat-, oder Tongesteinsböden.

Die Auswirkungen auf den Kohlenstoffhaushalt wurden anhand eines satellitengestützten Waldzustandsindikators geschätzt (FCA, Lange et. al 2024). Der FCA wurde im Rahmen des Projektes durch Boden-Erhebungen zum Kronenzustand einzelner Buchen validiert. Eine speziell für die Buchenwälder im Untersuchungsgebiet parametrisierte Schadklassifizierung ergab, dass ca. 13% der Buchenwaldfläche und ca. 11% des oberirdischen Kohlenstoffs bis 2024 deutliche Schäden aufwiesen. Es ist davon auszugehen, dass die betroffenen Bäume, wenngleich sie teilweise noch nicht abgestorben sind, nicht mehr zur Wertholzernte nutzbar sind. Weitere 39% der Fläche wurde als gesund eingestuft, bei 49% der Fläche war keine eindeutige Schadeinschätzung auf Basis der Fernerkundungsmethode möglich.

Aufbauend auf der gemeinsam im Projekt erarbeiteten Risikobewertung wurden „Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel“ in Form einer Broschüre für Waldbesitzende und die interessierte Öffentlichkeit zusammengefasst. Die Projektergebnisse und Einblicke in den Forschungsprozess wurden u. a. in drei Kurzfilmen, sieben Audiopodcast-Folgen und über die Projektwebsite und social-media an eine breite Öffentlichkeit kommuniziert. Zahlreiche Beiträge aus dem Projekt auf wissenschaftlichen Tagungen, Exkursionen und Praxisseminaren, haben das Projekt weit über den Mitteldeutschen Raum hinaus bekannt gemacht.

## **Teilvorhaben 2: Analyse der Schadursachen und Folgeerscheinungen (TV2 – Pathologie)**

### **1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens**

Obwohl die Buchenvitalitätsschwäche durch abiotische Faktoren wie Hitze und Trockenheit ausgelöst wird, beeinflussen biotische Faktoren, wie Pilze und Insekten, maßgeblich den weiteren Krankheitsverlauf (Bresslem, 2008; Langer, 2019; Langer et al., 2020; Langer and Bußkamp, 2021, 2023). Studien zeigen, dass mit der Buchenvitalitätsschwäche assoziierte Pilzarten bereits vor dem Ausbruch der Symptome als latente Endophyten im Gewebe vorhanden sein können (Desprez-Loustau et al., 2006; Slippers and Wingfield, 2007;

Mehl et al., 2013; Langer and Bußkamp, 2021, 2023). Dennoch ist die Pilzgemeinschaft der Buche im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche bislang nur wenig erforscht. Ziel des Teilvorhabens war es daher, die Pilzgemeinschaft von Altbuchen systematisch zu untersuchen unter Berücksichtigung verschiedener Baumkompartimente (Triebe, Äste und Stamm) und im Kontext unterschiedlicher Vitalitätszustände. Im Fokus stand die Frage, welche potenziell pathogenen Pilzarten bereits endophytisch im asymptomatischen Gewebe vorkommen und ob sich die Endophytengemeinschaft geschädigter Bäume von den der ungeschädigter Bäume unterscheidet. Daraus ergab sich die übergeordnete Hypothese, dass bestimmte Endophyten nicht nur am Schadensfortschritt beteiligt sind, wenn der Wirt unter Stress gerät, sondern möglicherweise auch als prädisponierende Faktoren für den Krankheitsausbruch wirken können. Dafür wurden in drei Bundesländern (Hessen, Niedersachsen und Thüringen) sogenannte Kernflächen (K1-K24) eingerichtet, die sich im Schädigungsgrad stark unterscheiden („ungeschädigt“, „leicht geschädigt“, „stark geschädigt“, „bestandesbedrohend“). Je Kernfläche wurde ein Baum gefällt, der vom Schädigungsgrad repräsentativ für die Kernfläche war. Dabei wurden asymptomatisches und sofern vorhanden, auch symptomatisches Gewebe beprobt. Isolierte Pilze wurden morphotypisiert. Mindestens ein repräsentatives Isolat je Morphotyp wurde DNA-gestützt identifiziert. Die identifizierten Pilzarten wurden forstpathologisch bewertet, und ihr potentielles Risiko im Zusammenhang mit der Buchenvitalitätsschwäche eingeschätzt. Die Risikoeinstufung wurde durch Pathogenitätstests *in vitro* und *in vivo* (in planta) gestützt, welche mit ausgewählten Isolaten von *Biscogniauxia nummularia*, *B. mediterranea*, *Diplodia fraxini* und *D. mutila* durchgeführt wurden.

Die gesunde Rotbuchenverjüngung auf den Kernflächen wurde, zur Ermittlung der assoziierten pilzlichen Endophytengemeinschaft, systematisch in verschiedenen Baumkompartimenten (Blätter, Leittrieb, Wurzelansatz, Feinwurzeln) untersucht. Ziel war es, zu prüfen, ob die Pilzgemeinschaft der Verjüngung mit der des Altbestands übereinstimmt und ob potenziell pathogene Pilzarten bereits in der jungen Generation latent vorhanden sind. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Frage, ob es Hinweise auf einen horizontalen Transfer latenter Pathogene zwischen Altbestand und Verjüngung gibt.

Die Rotbuchenbestände in den Kernflächen dienen zudem zur Dokumentation der Entwicklung des Vitalitätszustandes unterschiedlich geschädigter Buchenbestände. Dafür wurde auf Grundlage der Waldzustandserhebung ein Vitalitätsschlüssel entwickelt, der biotische Faktoren bei der Vitalitätseinstufung stärker berücksichtigt.

## **2. Bearbeitete Arbeitspakete**

### **Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen**

Rotbuchen aller 24 Kernflächen wurden jährlich von 2022 bis 2024 im belaubten Zustand bonitiert. Im Schnitt war über alle Kernflächen eine kontinuierliche Verschlechterung des Kronenzustandes zu beobachten. Die durchschnittliche Kronenverlichtung stieg von 29% im Jahre 2022 auf 39% im Jahr 2024 an. Insbesondere Flächen die 2022 als „leicht“ oder „wirtschaftlich“ fühlbar geschädigt bewertet wurden, haben sich über die zwei Jahre im Schnitt deutlich verschlechtert (beide um 14% durchschn. Blattverlichtung). Am wenigsten haben sich die „bestandesbedrohend“ geschädigten Flächen verschlechtert (um 3% auf durchschnittlich 57%), und verharren damit auf hohem Schädigungsniveau. Es gibt aber auch Beispiele für Flächen die im Jahr 2024 noch weitestgehend vital und ungeschädigt sind, wie beispielsweise K15 (13% durchschn. Kronenverlichtung) oder K16 (21%). Buchen auf den Kernflächen die 2022 der höchsten Kronenverlichtungsklasse der Waldzustandserhebung zugeordnet wurden (Klasse 3, 61% - 100% Blattverlust) konnten sich nur noch in wenigen Fällen verbessern. Im Jahr 2024 haben sich von den 124 Bäumen dieser Gruppe 21% in Kronenverlichtungsklasse 2 verbessert (26 – 60%) und weniger als 1% in Klasse 1 (11 – 25% Blattverlust). Zusätzlich zu den nach der Methodik der Waldzustandserhebung erfassten Bonitierungsmerkmalen wurde auch die Präsenz pathogener Pilze und schädigender Insekten dokumentiert. Durch die Zusammenführung beider Informationsquellen konnte ein umfassenderes Bild vom Vitalitätszustand des Einzelbaums gewonnen werden. Es konnten Nachweise verschiedener holz- und rindenbohrender Käferarten sowie Fruchtkörper pathogener Pilze erbracht werden. Besonders häufig wurden Fruchtkörper von *N. coccinea* und Brutbilder von *Taphrotychus bicolor* dokumentiert. Diese kombinierte Form der Bonitierung soll in Form der „Bonituranleitung vitalitätsgeschwächter Buchen“ veröffentlicht werden und basiert auf dem System von Eichhorn et al. (2016). In Kombination mit den Forschungsergebnissen aus den Einzelbaumfällungen wurde eine lineare, schematische Darstellung der Buchenvitalitätsschwäche auf Grundlage der „Decline Disease Spiral“ von Manion (1981) erstellt (Abbildung 41) Zusätzlich zu den Bonituren im belaubten Zustand wurden von 2022 bis 2024 auch die Kronenstruktur nach Roloff (2001) im unbelaubten Zustand durchgeführt. Die Ergebnisse hinsichtlich des daraus resultierenden Vitalitätszustands decken sich weitgehend mit den Bonituren im belaubten Zustand.

### **Arbeitspaket 2: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis**

Die Forschungsergebnisse von TV2 einschließlich der Risikobewertung zu einzelnen Schaderregern sowie Anlage 2: Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen (Abschlusskompendium) wurden in Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium) für die forstliche Praxis zusammengefasst.

### Arbeitspaket 3: Wissenstransfer und Kommunikation

TV2 war mit zahlreichen Beiträgen im Rahmen des umfassenden Wissenstransfersets von BucheAkut eingebunden (siehe Arbeitspaket 3: Praxistransfer von TV1), u.A. durch Beiträge auf Tagungen, Exkursionen und Praxisseminaren, aber auch in Form von Veröffentlichungen, Podcasts und Kurzfilmen.

### Arbeitspaket 7: Kausalanalyse der auftretenden Schäden bei Rotbuche

#### Holzabbau und Hyphenwachstumsversuche *in vitro*

Im Projekt **Buche-Akut** wurden verschiedene Stämme von *Biscogniauxia nummularia in vitro* hinsichtlich ihres temperaturbedingten Wachstumsverhaltens und ihrer Fähigkeit zum Holzabbau untersucht (Tropf et al., 2025b). Die zugrunde liegende Hypothese war, dass Stämme mit ihrem Ursprung in wärmeren Regionen Deutschlands ihr maximales Wachstum erst bei höheren Temperaturen erreichen, im Vergleich zu Stämmen die aus kälteren Regionen stammen. Die Versuchsergebnisse (s. Arbeitspaket 8) sprechen für diese Annahme und deuten auf eine hohe klimatische Anpassungsfähigkeit der Pilzart hin. Darüber hinaus konnten genetische Unterschiede in der  $\beta$ -Tubulin-Region festgestellt werden, die ebenfalls mit der geographischen Herkunft der Stämme in Verbindung zu stehen scheinen. Auch im Abbauvermögen von Holz zeigten sich teils erhebliche Unterschiede zwischen den Stämmen, wobei hierfür kein klarer Zusammenhang zur Herkunft erkennbar war. Zusammengefasst mit den Befunden von Granata and Sidoti (2004) legen die Ergebnisse nahe, dass nicht nur die Präsenz von *B. nummularia* im Wirt, sondern auch stammspezifische Eigenschaften entscheidend für das Ausmaß und den Verlauf der Buchenvitalitätsschwäche sein könnten.

### Arbeitspaket 8: Identifikation der Schaderreger

Insgesamt wurden die mit 24 Rotbuchen assoziierten Pilzgemeinschaften erhoben. Die Beprobung der 13 Bäume, die im Winter 2022/2023 gefällt wurden, führte zu einem Nachweis von insgesamt 181 Morphotypen (MTs, in der Regel Arten) im Altbestand. Die Auswertung der Beprobung der restlichen elf Bäume im Winter 2023/2024 ist noch nicht abgeschlossen. Von den MTs der ersten 13 Bäume, die auf Artebene bestimmt werden konnten, wurden 35 Pilzarten das erste Mal an Rotbuche nachgewiesen (darunter *Diplodia fraxini*), 14 Pilzarten wurden zum ersten Mal in Deutschland bestätigt. Die 181 MTs verteilten sich auf 15 Ordnungen der Ascomycota (92% der MTs) und vier Ordnungen der Basidiomycota (8% der MTs). Über die Hälfte der MTs wurden an nur einem einzelnen Versuchsbaum nachgewiesen, nur vier MTs wurden in allen Versuchsbäumen festgestellt (*Apiognomonina errabunda*, *Aureobasidium pullulans*, *Biscogniauxia nummularia* und *Epicoccum nigrum*). Die Pilzgemeinschaft der untersuchten Bäume war damit so divers, dass es nicht möglich war, den Einfluss des Schädigungsgrades auf die Pilzgemeinschaft zu bestimmen. *Biscogniauxia nummularia* war der mit Abstand häufigste nachgewiesene MT in der Untersuchung, gefolgt von *A. errabunda*. *Neonectria coccinea* war der häufigste nachgewiesene MT im symptomatischen Gewebe. Sowohl *B. nummularia* als auch *N. coccinea* konnten flächenübergreifend nachgewiesen werden und sind als Schlüsselpathogene der Buchenvitalitätsschwäche zu verstehen. Aus symptomatischem Gewebe von nahezu ungeschädigten und leicht geschädigten Bäumen wurde *N. coccinea* häufiger isoliert als aus symptomatischem Gewebe geschädigter und stark geschädigter Bäume. Das spricht dafür, dass *N. coccinea* bereits in einem frühen Stadium der Buchenvitalitätsschwäche aktiv ist. Durch das Verursachen von Rindennekrosen könnte der Pilz in dieser Phase Holzfäuleerregern den Weg bereiten, die zum Abbau von Lignin eine hohe Sauerstoffverfügbarkeit benötigen (Dashtban et al., 2010; Berg and McClaugherty, 2014). Diese Holzfäule verursachenden Pilze wie *Fomes fomentarius* oder *Pleurotus ostreatus* wurden im symptomatischen Gewebe fast ausschließlich in stark geschädigten Bäumen nachgewiesen. *Biscogniauxia nummularia* wurde im asymptomatischen Gewebe geschädigter und stark geschädigter Bäume dreimal so häufig nachgewiesen (Nachweise in 21% der untersuchten Proben) wie im asymptomatischen Gewebe nicht geschädigter und leicht geschädigter Bäume (7%). Die Präsenz des Pilzes im gesunden Buchen-Gewebe könnte somit ein prädisponierender Faktor für den Ausbruch der Erkrankung sein, was entsprechend in Tropf et al. (2025a) diskutiert wird. Grundsätzlich lassen die Ergebnisse darauf schließen, dass viele Pilzarten potentiell am Schadensverlauf der Buchenvitalitätsschwäche beteiligt sein können (38 Pilzarten wurden im symptomatischen Gewebe nachgewiesen), die aller wenigsten scheinen aber flächenübergreifend relevant zu sein.

### Arbeitspaket 9: Vitalität und Schaderregerpotential in der Verjüngung

Über die 16 untersuchten Kernflächen hinweg konnten in der Buchenverjüngung 133 verschiedene MTs nachgewiesen werden. Auch hier dominierten Ascomycota mit einem Anteil von 84% gegenüber 16% Basidiomycota, allerdings war dieser Unterschied weniger ausgeprägt als im Altbestand. Nur 44% der erfassten Morphotypen wurden ebenfalls im Altbestand nachgewiesen (Tropf et al., 2025a). Das lässt sich teilweise durch die Beprobung zusätzlicher Baumkompartimente in der Verjüngung (Wurzel, Blätter) erklären. Häufigster MT war, wie im Altbestand, *Biscogniauxia nummularia* (307 Isolate) gefolgt von *A. errabunda* (208 Isolate). Beide Pilzarten konnten auf allen untersuchten Kernflächen nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu, wurde *N. coccinea* mit nur zwei Isolaten sehr viel seltener nachgewiesen als im Altbestand. Ein Isolat von *Diplodia fraxini* konnte sowohl im Altbestand als auch in der Verjüngung gewonnen werden. Im Gegensatz

zum Altbestand war *Diplodia mutila* in der Verjüngung nicht nachweisbar. Typische Weißfäuleerreger der Buche wie *Stereum hirsutum* und *Bjerkandera adusta* (Hartmann and Grüner, 2025) waren in der Verjüngung bereits endophytisch nachweisbar. Die Ergebnisse aus dem Altbestand (Tropf et al., 2025a) deuten in Verbindung mit den Befunden aus der Verjüngung auf einen möglichen Zusammenhang bzgl. der Präsenz von *B. nummularia* in beiden Bestandsschichten hin (Abbildung 45). Dies könnte darauf hindeuten, dass ein Transfer des Pilzes zwischen dem Altbestand und der darunter stockenden Verjüngung stattfindet.

## **Arbeitspaket 10: Endophyten und Pathogene der Buche – Inokulationsversuche in vivo**

### Infektionsversuche in vivo

Im von Tropf et al. (2022) veröffentlichten Infektionstest wurden verschiedene Pilzarten aus den Ordnungen *Xylariales*, *Botryosphaerales* und *Hypocreales* geprüft, darunter auch *B. nummularia* und *B. mediterranea* (*Xylariales*). Die Ergebnisse bestätigten die hohe Virulenz von *Diplodia corticola* und *D. mutila* in Infektionsversuchen und stützten damit die Befunde von Langer and Bußkamp (2021). An Pflanzen, die mit *B. nummularia* und *B. mediterranea* infiziert wurden, konnten hingegen keine Nekrosen festgestellt werden, möglicherweise weil die Wasserversorgung der Versuchspflanzen zu hoch angesetzt war. Im Jahr 2024 wurde ein Infektionsversuch mit *Diplodia fraxini* im Gewächshaus an Buchennaturverjüngung aus zwei verschiedenen Herkünften (Dassel und Münden) durchgeführt. Ziel war es, das potenzielle Risiko von *D. fraxini* für im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche zu bewerten. Als Vergleichspilz wurde *Diplodia mutila* in den Versuch einbezogen. Pflanzen, die mit *D. mutila* infiziert waren, zeigten deutlich größere Nekrosen, wenn sie unter Trockenstress standen. Bei Pflanzen die mit *D. fraxini* beimpft wurden, war dieser Zusammenhang nicht erkennbar. Die Versuchsergebnisse legen nahe, dass *D. mutila* unter Trockenstressbedingungen eine erhöhte Virulenz gegenüber Buchen aufweist, während ein vergleichbarer Effekt für *D. fraxini* nicht bestätigt werden konnte. Das spricht dafür, dass *D. fraxini* im Zusammenhang mit der Buchenvitalitätsschwäche wahrscheinlich keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielt. Ein Einfluss der unterschiedlichen Herkünfte der Buchenpflanzen konnte nicht festgestellt werden. Die am häufigsten isolierte Pilzart neben den Re-Isolaten von *Diplodia* spp. war *Neonectria coccinea*. Der Pilz wurde nahezu ausschließlich aus Pflanzen isoliert, die zuvor mit *Diplodia mutila* infiziert worden waren (18 der 20 Isolate). Inwieweit *N. coccinea* ursächlich an der Ausbildung der beobachteten Nekrosen beteiligt war, lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht abschließend klären. Dass der Pilz sowohl aus gut wasserversorgten als auch aus unter Trockenstress stehenden Pflanzen in nahezu gleicher Häufigkeit isoliert wurde, könnte jedoch auf eine eher geringe Beteiligung an den entstandenen Nekrosen hinweisen. Auffällig ist zudem, dass *N. coccinea* deutlich häufiger aus Pflanzen der Herkunft Dassel als aus solchen der Herkunft Münden isoliert wurde (15 gegenüber fünf Isolaten).

### **3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens**

Im Rahmen des Projekts wurde eine einzigartige Datengrundlage zur Pilzgemeinschaft der Rotbuche im Kontext der Buchenvitalitätsschwäche in Mitteldeutschland geschaffen. Es konnten über 300 Pilzarten an Rotbuche nachgewiesen werden, darunter zahlreiche bisher nicht an Rotbuche oder in Deutschland bekannte Arten. Besonders auffällig war das flächenübergreifende und häufige Auftreten zweier Pilzarten, die eine Schlüsselrolle bei der Buchenvitalitätsschwäche zu spielen scheinen: *Biscogniauxia nummularia* war der häufigste nachgewiesene Pilz in der Verjüngung und im Altbestand. Besonders häufig konnte er im asymptomatischen Gewebe geschädigter Altbuchen nachgewiesen werden. *Neonectria coccinea* war der häufigste nachgewiesene Pilz im symptomatischen Gewebe der beprobten Altbuchen. In der Verjüngung konnte *N. coccinea* nur vereinzelt nachgewiesen werden. Etwa die Hälfte der in der Verjüngung nachgewiesenen Pilze konnte auch im Altbestand nachgewiesen werden. Auffallend waren die Nachweise von *B. nummularia*: So scheint es einen Zusammenhang zu geben, zwischen der endophytischen Präsenz der Pilzart im Altbestand und der darunter stockenden Verjüngung. Das spricht für einen Transfer des Pilzes zwischen den beiden Bestandsschichten. Untersuchte *Biscogniauxia nummularia*-Stämme zeigten Unterschiede im temperaturabhängigen Wachstum und im Potenzial zum Holzabbau. Zudem wurden Variationen in der  $\beta$ -Tubulin-Genregion festgestellt. Erste Hinweise deuten darauf hin, dass sowohl das Wachstumsverhalten als auch die genetischen Merkmale mit der geografischen Herkunft der Stämme in Zusammenhang stehen könnten. Im Rahmen des Projekts konnte *Diplodia fraxini* erstmals an Rotbuche nachgewiesen werden. Im Gegensatz zu *Diplodia mutila* ergaben Infektionsversuche *in planta* allerdings keine Hinweise darauf, dass *D. fraxini* bei Buchenheistern unter Trockenstress virulenter auftritt als bei signifikant stärker bewässerten Pflanzen.

## **Teilvorhaben 3: Analyse von Prädispositionsfaktoren, Risiko und waldbauliche Strategien (TV3 – Waldbau)**

### **1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens**

Ziel dieses Teilvorhabens war es zu prüfen, inwieweit sich zwischen dem Grad der Schädigung von Buchenbeständen und dem waldbaulichen Vorgehen in kürzerer Vergangenheit Beziehungen herleiten

lassen. Dazu wird ein Bewirtschaftungsindex für die geschädigten und ungeschädigten Buchenbestände berechnet und mit Standortparametern (TV1) sowie der Präsenz/ Absenz von Schaderregern (TV2) zusammengeführt. Weiterhin widmet sich das TV3 einer messdatengestützten Quantifizierung des Vitalitätszustandes der untersuchten Buchenwälder, um eine objektive Überwachung des Absterbeprozesses einzelner Bäume oder Bestandesteile zu ermöglichen. Ziel ist es, morphologische Veränderungen über die Zeit und in Folge eines trockenstressbedingten Vitalitätsverlustes zu erfassen und in eine solide Datenbasis zur Einschätzung des Schadbildes an anderen Standorten zu überführen. Zudem wird auf Basis einer Verjüngungsinventur untersucht, ob und in welchem Umfang sich die Bestandesregeneration vollzieht und welche Baumarten sich dabei als konkurrenzstark erweisen. Ein letztes Arbeitspaket widmet sich der Erfassung der Konkurrenzsituation ausgewählter Bäume in den selektierten Untersuchungsbeständen auf Basis des Laserscannings zur Erklärung eines potenziellen Vitalitätsverlustes der Untersuchungsbäume.

## **2. Bearbeitete Arbeitspakete**

### **Arbeitspaket 1: Räumliche und zeitliche Analysen**

TV3.M1: Räumliches Verteilungsmuster der Kalamitäten im Betrachtungsraum des Gesamtvorhabens erstellt:

Um die Arbeitsprozesse innerhalb des Projektes zu optimieren wurde Anfang 2022, in Absprache zwischen TV1 und TV3, die Verantwortlichkeit für alle GIS-basierten Analysen an TV1 übertragen.

TV3.M2: Bewirtschaftungsintensität: Die Bewirtschaftungsintensität wurde für alle 24 Kernflächen berechnet. Hieber kam anstelle des ForMi, wie ursprünglich angedacht, der besser geeignete SMI nach Schall und Ammer (2013) zum Einsatz. Alle für den SMI benötigten Daten standen für alle Flächen zur Verfügung.

### **Arbeitspaket 2: Bewirtschaftungs- und Handlungsempfehlungen für die forstliche Praxis**

TV1.M3, TV2.M4., TV3.M3: Praxisorientierte Handlungsstrategien

Die Handlungsempfehlungen wurden gemeinsam mit allen Projektpartnern sowie den Praxispartnern abgestimmt. Eine Broschüre, die die wesentlichen Erkenntnisse und Empfehlungen listet wurde erstellt. Die praxisorientierten Handlungsempfehlungen wurden im Projektteam erarbeitet und mit den Landesforstbetrieben rückgekoppelt.

TV1.M4, TV2.M5, TV3.M4: Gesamtkompendium

Das Gesamtkompendium ist fertiggestellt und gibt den PraktikerInnen die wesentlichen Erkenntnisse und Empfehlungen in Form einer Broschüre an die Hand.

**TV1.M5, TV2.M6, TV3.M5:** Abschlusstagung

### **Arbeitspaket 3: Wissenstransfer und Kommunikation**

TV3 war mit zahlreichen Beiträgen im Rahmen des umfassenden Wissenstransfersets von BucheAkut eingebunden (siehe Arbeitspaket 3: Praxistransfer von TV1), u. a. durch Beiträge auf Tagungen, Exkursionen und Praxisseminaren, aber auch in Form von Veröffentlichungen, Radio- und Video-Podcast.

**TV1.M5, TV2.M6, TV3.M5:** Abschlusstagung:

Die Abschlusstagung wurde durchgeführt und war mit 100 Teilnehmern ausgebucht. Das Feedback war sehr positiv.

### **Arbeitspaket 11: Strukturierung der Untersuchungsflächen mit Laserscans**

Ist erfolgt, siehe Ergebnisse in Arbeitspaket 11: Strukturierung

### **Arbeitspaket 12: Verjüngungsinventur**

Wurde erfolgreich durchgeführt, siehe Arbeitspaket 12: Erfassung der Bestandesregeneration (Verjüngungsinventur)

### **Arbeitspaket 13: Erfassung der Konkurrenzsituation der Untersuchungsbäume**

Ist erfolgt, für die Ergebnisse siehe Arbeitspaket 13: Erfassung der Konkurrenzsituation der Untersuchungsbäume auf Basis des terrestrischen Laserscannings

## **3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens**

Die Ergebnisse zeigen, dass tendenziell stärker bewirtschaftete Bestände eher in der Kategorie „stark geschädigt“ zu finden waren, während in der Kategorie „ungeschädigt“ überdurchschnittlich viele nur schwach bewirtschaftete Bestände zu finden waren. Die Unterschiede in der Bewirtschaftung, gemessen über den Index zur Bewirtschaftungsintensität (SMI), zwischen den Schadstufen waren jedoch nicht signifikant.

Die messdatengestützte Quantifizierung des Vitalitätszustandes mittels 3D Laserscanning konnte erfolgreich

entwickelt, getestet und veröffentlicht werden. Es steht somit nun eine Methodik zur Verfügung um auf Basis hochaufgelöster 3D Laserscans die Struktur von Bäumen zur quantitativen Beschreibung des Vitalitätszustandes zu nutzen. Hier muss einschränkend gesagt werden, dass eine Detektion von Schäden natürlich erst mit einer in der Struktur erkennbaren Äußerungen von Vitalitätsrückgängen (Verlust von Feinreisig) möglich ist. Die hier eingeführte Methodik untersucht die relative Anordnung von Feinästen in der Krone eines Baumes und nutzt diese als relatives Maß des Vitalitätszustandes, basiert also auf einer messtechnischen Umsetzung der visuellen Kronenansprache. Auch die Kronenverlichtung konnte aus den Sommerscans über den Kronenüberschirmungsgrad deutlich in Zusammenhang mit dem Schädigungsgrad gebracht werden. Diese Maß ist algorithmisch einfacher und auch aus weniger hochaufgelösten Scans gewinnbar. Somit stehen nun zwei erfolgreich getestete Verfahren zur Verfügung um aus Scandaten die Vitalität von Buchenständen abzuschätzen.

Die Verjüngungsinventur ergab klar, dass die Buche auch in der Verjüngung dominiert, wobei sich alle Bestände ausreichend stark verjüngen. Die Bestandesregeneration scheint also nicht gefährdet.

Zwischen der Konkurrenzsituation und Vitalitätsverlusten konnte kein Zusammenhang aufgedeckt werden. Ebenso wenig zwischen äußeren Strukturmerkmalen und dem Vorhandensein von Pathogenen im Baum.

## Literaturverzeichnis

- Berg, B., and McClaugherty, C. (2014). *Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*. Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-38821-7
- Benning, R., Ahrends, B., Amberger, H., Danigel, J., Gauer, J., Hafner, S., Heinz, F., Janott, M., Mayer, S., Mette, T., Pieper, A., Puhmann, H., Riek, W., Steinicke, C., Wallor, E., & Petzold, R. (2020). The Soil Profile Database for the National Forest Inventory Plots in Germany Derived from Site Survey Systems. <https://doi.org/10.3220/DATA20190625100522>
- Bezalel, L., Hadar, Y., Fu, P. P., Freeman, J. P., and Cerniglia, C. E. (1996). Metabolism of phenanthrene by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Appl Environ Microbiol* 62, 2547–2553. doi: 10.1128/aem.62.7.2547-2553.1996
- Bischoff, N. I., and Goodwin, P. H. (2022). Interaction of ginseng with *Ilyonectria* root rot pathogens. *Plants* 11, 2152.
- Blickensdörfer, L., Oehmichen, K., Pflugmacher, D., Kleinschmit, B., & Hostert, P. (2024). National tree species mapping using Sentinel-1/2 time series and German National Forest Inventory data. *Remote Sensing of Environment*, 304, 114069. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114069>
- Blumenstein, K., and Korkmaz, Y. (2025). First report of various *Diplodia* spp. causing stem cankers of *Ulmus* sp., *Platanus x hispanica*, *Aesculus hippocastanum*, *Fagus sylvatica*, *Sorbus domestica*, *Carpinus betulus* and *Crataegus persimilis* in central Europe. *J Plant Dis Prot* 132. doi: 10.1007/s41348-025-01096-z
- Bregant, C., Marcolongo, M., Montecchio, L., Ogris, N., Piškur, B., and Linaldeddu, B. T. (2024). Diversity and pathogenicity of *Botryosphaeriaceae* and *Phytophthora* species involved in emerging diseases of *Fagus sylvatica* in Italy and Slovenia. *Italian Journal of Mycology* 53, 166–177. doi: <https://doi.org/10.6092/issn.2531-7342/20270>
- Bressemer, U. (2008). "Komplexe Erkrankungen an Buche. Complex diseases in beech," in *Beiträge aus der NW-FVA*, (Universitätsverlag Göttingen), 87–107.
- Brumat, A. C. L., Auer, C. G., Tessmann, D. J., Bühner, C. D. B., Duarte, H. D. S. S., and Dos Santos, Á. F. (2025). *Ilyonectria* Species Associated With Tree Decline in *Pinus taeda* in Brazil. *Journal of Phytopathology* 173. doi: 10.1111/jph.70120
- Dashtban, M., Schraft, H., Syed, T. A., and Qin, W. (2010). Fungal biodegradation and enzymatic modification of lignin. *International journal of biochemistry and molecular biology* 1, 36.
- Desprez-Loustau, M.-L., Marçais, B., Nageleisen, L.-M., Piou, D., and Vannini, A. (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of forest science* 63, 597–612. doi: 10.1051/forest:2006040
- DWD: Index of /climate\_environment/. (n.d.). Retrieved October 30, 2025, from [https://opendata.dwd.de/climate\\_environment/](https://opendata.dwd.de/climate_environment/)
- Ehbrecht, M., Seidel, D., Annighöfer, P. et al. Global patterns and climatic controls of forest structural complexity. *Nat Commun* 12, 519 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20767-z>
- Ehrlich, J. (1934). The beech bark disease: A *Nectria* Disease of *Fagus*, following *Cryptococcus fagi* (Baer.). *Can. J. Res.* 10, 593–692. doi: 10.1139/cjr34-070
- Eichhorn, J., Roskams, P., Potocic, N., Timmermann, V., Ferretti, M., Mues, V., et al. (2016). Visual assessment of crown condition and damaging agents. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part IV. Available at: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/537840> (Accessed March 15, 2024).
- Erlbeck, R., Haseder, I., and Stinglwagner, G. (1998). *Das Kosmos Wald-und Forstlexikon*. Stuttgart: Kosmos.
- Gauer, J., Kroiher, F., & Johann Heinrich von Thünen-Institut (Eds.). (2012). *Waldökologische Naturräume Deutschlands: Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke ; digitale topographische Grundlagen* (Digitale topographische Grundlagen, Neubearb., Stand 2011). Johann Heinrich von Thünen-Inst.
- Getzin, S., Fischer, R., Knapp, N., & Huth, A. (2017). Using airborne LiDAR to assess spatial heterogeneity in forest structure on Mount Kilimanjaro. *Landscape Ecology*, 32(9), 1881–1894. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0550-7>
- Granata, G., and Sidoti, A. (2004). *Biscogniauxia nummularia*: pathogenic agent of a beech decline. *Forest Pathology* 34, 363–367. doi: 10.1111/j.1439-0329.2004.00377.

- Granata, G., and Whalley, A. J. S. (1994). Decline of beech associated with *Biscogniauxia nummularia* in Italy. *Petria* 4, 111–115.
- Grelet, G.-A., Ba, R., Goeke, D. F., Houlston, G. J., Taylor, A. F. S., and Durall, D. M. (2017). A plant growth-promoting symbiosis between *Mycena galopus* and *Vaccinium corymbosum* seedlings. *Mycorrhiza* 27, 831–839. doi: 10.1007/s00572-017-0797-5
- Grüner, J. (2009). Mykologische und histologische Untersuchungen zur Grobborkigkeit bei geschädigten Rotbuchen (*Fagus sylvatica* L.). Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Grüner, J., and Metzler, B. (2006). *Nectria*-Arten an Buchenrinde mit Phloemnekrosen. *Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* 59, 129–138.
- Hartmann, G., and Grüner, J. (2025). *Waldschäden. Diagnose von Baumkrankheiten.*, 5th Edn. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Heidenreich, M.G., Höwler, K. & Seidel, D. Towards an objective assessment of tree vitality: a case study based on 3D laser scanning. *Trees* 38, 927–940 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00468-024-02525-6>
- Hendry, S. J., Boddy, L., and Lonsdale, D. (2002). Abiotic variables effect differential expression of latent infections in beech (*Fagus sylvatica*). *New Phytologist* 155, 449–460. doi: 10.1046/j.1469-8137.2002.00473.x
- Hendry, S. J., Lonsdale, D., and Boddy, L. (1998). Strip-cankering of beech (*Fagus sylvatica*): Pathology and distribution of symptomatic trees. *The New Phytologist* 140, 549–565. doi: 10.1111/j.1469-8137.1998.00282.x
- Kahl, Timo & Bauhus, Jürgen. (2014). An index of forest management intensity based on assessment of harvested tree volume, tree species composition and dead wood origin. *Nature Conservation*. 7. 15-27. 10.3897/natureconservation.7.7281.
- Lange, M., Preidl, S., Reichmuth, A., Heurich, M., & Doktor, D. (2024). A continuous tree species-specific reflectance anomaly index reveals declining forest condition between 2016 and 2022 in Germany. *Remote Sensing of Environment*, 312, 114323. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114323>
- Langer, G. J. (2019). Komplexe Erkrankungen bei älteren Rotbuchen. *AFZ Der Wald* 24, 30–33.
- Langer, G. J., and Bußkamp, J. (2021). Fungi Associated With Woody Tissues of European Beech and Their Impact on Tree Health. *Frontiers in Microbiology* 12, 702467. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.702467>
- Langer, G. J., and Bußkamp, J. (2023). Vitality loss of beech: a serious threat to *Fagus sylvatica* in Germany in the context of global warming. *Journal of Plant Diseases and Protection* 130, 1101–1115. doi: 10.1007/s41348-023-00743-7
- Langer, G. J., Bußkamp, J., and Langer, E. J. (2020). Absterbeerscheinungen bei Rotbuche durch Wärme und Trockenheit. *AFZ Der Wald* 4, 24–27.
- Leuschner, C. (2020). Drought response of European beech (*Fagus sylvatica* L.)—A review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 47, 125576. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2020.125576>
- Leuschner, C., Weithmann, G., Bat-Enerel, B., & Weigel, R. (2023). The Future of European Beech in Northern Germany—Climate Change Vulnerability and Adaptation Potential. *Forests*, 14(7), 1448. <https://doi.org/10.3390/f14071448>
- Lione, G., Guarnaccia, V., Martiniuc, A. V., Costa, G., Travaglia, P. M., and Gonthier, P. (2025). Fungal trunk pathogens and drought stress are serious threats to London plane (*Platanus x hispanica*) trees in northern Italy. *Urban Forestry & Urban Greening* 107, 128787.
- Lorenz, M. (1995). International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests-ICP Forests-. *Water, Air, & Soil Pollution*, 85(3), 1221–1226. <https://doi.org/10.1007/BF00477148>
- Luchi, N., Capretti, P., Feducci, M., Vannini, A., Ceccarelli, B., and Vettraino, A. M. (2015). Latent infection of *Biscogniauxia nummularia* in *Fagus sylvatica*: a possible bioindicator of beech health conditions. *Iforest* 9, 49–54. doi: 10.3832/ifor1436-008
- Manion, P. D. (1981). *Tree disease concepts*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Martin, I. (2024). Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald im Rahmen des Verbundprojektes Buche-Akut. *Arbeitsbericht (unveröff.)*, Essen, 107 S.
- Martinez del Castillo, E., Zang, C. S., Buras, A., Hacket-Pain, A., Esper, J., Serrano-Notivoli, R., Hartl, C., Weigel, R., Klesse, S., Resco de Dios, V., Scharnweber, T., Dorado-Liñán, I., van der Maaten-Theunissen, M., van der Maaten, E., Jump, A., Mikac, S., Banzragch, B.-E., Beck, W., Cavin, L., ... de

- Luis, M. (2022). Climate-change-driven growth decline of European beech forests. *Communications Biology*, 5(1), 163. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03107-3>
- Mehl, J. W. M., Slippers, B., Roux, J., and Wingfield, M. J. (2013). Cankers and other diseases caused by the Botryosphaeriaceae, in *Infectious forest diseases*, eds. P. Gonthier and G. Nicolotti (UK: CABI), 298–317. doi: 10.1079/9781780640402.0298
- Niesar, M., Hartmann, G., Kehr, R., Pehl, L., and Wulf, A. (2007). Symptome und Ursachen der aktuellen Buchenrindenerkrankung in höheren Lagen von Nordrhein-Westfalen. *Forstarchiv* 78, 107–116.
- Nugent, L. K., Sihanonth, P., Thienhirun, S., and Whalley, A. J. S. (2005). *Biscogniauxia*: a genus of latent invaders. *Mycologist* 19, 40–43. doi: [https://doi.org/10.1017/S0269-915X\(05\)00106-0](https://doi.org/10.1017/S0269-915X(05)00106-0)
- Patejuk, K., Baturo-Cieśniewska, A., Pusz, W., and Kaczmarek-Pieńczewska, A. (2022). *Biscogniauxia* charcoal canker—a new potential threat for Mid-European forests as an effect of climate change. *Forests* 13, 89. doi: <https://doi.org/10.3390/f13010089>
- Pause, M., Schweitzer, C., Rosenthal, M., Keuck, V., Bumberger, J., Dietrich, P., Heurich, M., Jung, A., & Lausch, A. (2016). In Situ/Remote Sensing Integration to Assess Forest Health—A Review. *Remote Sensing*, 8(6), 471. <https://doi.org/10.3390/rs8060471>
- Peters, S., Fuchs, S., Bien, S., Bußkamp, J., Langer, G. J., and Langer, E. J. (2023). Fungi associated with stem collar necroses of *Fraxinus excelsior* affected by ash dieback. *Mycol Progress* 22, 52. doi: 10.1007/s11557-023-01897-2
- Putzenlechner, B., Koal, P., Kappas, M., Löw, M., Mundhenk, P., Tischer, A., Wernicke, J., & Koukal, T. (2023). Towards precision forestry: Drought response from remote sensing-based disturbance monitoring and fine-scale soil information in Central Europe. *Science of The Total Environment*, 880, 163114. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163114>
- R: The R Project for Statistical Computing. (n.d.). Retrieved October 30, 2025, from <https://www.r-project.org/>
- Rodríguez Paulino, E., Schlerf, M., Röder, A., Stoffels, J., & Udelhoven, T. (2024). Forest disturbance characterization in the era of earth observation big data: A mapping review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 103755. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103755>
- Roloff, A. (2001). *Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Schall, Peter & Ammer, Christian. (2013). How to quantify forest management intensity in Central European Forests. *European Journal of Forest Research*. 132. 379-396. 10.1007/s10342-013-0681-6.
- Schwarze, F. (1994). Wood rotting fungi: *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr.: Hoof or tinder fungus. *Mycologist* 8, 32–34. doi: [https://doi.org/10.1016/S0269-915X\(09\)80679-4](https://doi.org/10.1016/S0269-915X(09)80679-4)
- Schmidt, W., Stüber, V., Ullrich, T., Paar, U., Evers, J., Dammann, K., Hövelmann, T., & Schmidt, M. (2015). Synopse der Hauptmerkmale der forstlichen Standortskartierungsverfahren der Nordwestdeutschen Bundesländer. <https://doi.org/10.17875/gup2015-797>
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., Fabrika, M., Nagel, T. A., & Reyer, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7(6), 395–402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Slippers, B., and Wingfield, M. J. (2007). Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal biology reviews* 21, 90–106. doi: 10.1016/j.fbr.2007.06.002
- Tropf, J., Bien, S., Bußkamp, J., Langer, G. J., and Langer, E. J. (2025a). Fungi associated with Vitality loss of European beech in central Germany. *Mycol. Prog.* doi: <https://doi.org/10.1007/s11557-025-02041-y>
- Tropf, J., Bien, S., Bußkamp, J., Sennhenn-Reulen, H., Becker, J., Grüner, J., et al. (2025b). Temperature-related growth limits and wood decay capacity of the warmth-loving fungus *Biscogniauxia nummularia* in vitro. *Frontiers in Fungal Biology* 6, 1548128
- Tropf, J., Eurich, L., Grüner, J., and Langer, G. J. (2022). Pilzliche Schäden an der Rotbuche. *AFZ Der Wald* 24, 32–35
- Weber, K., and Mattheck, C. (2009). Ascomyceten auf dem Vormarsch? Angriff der Schlauchpilze. *AFZ Der Wald* 16, 866–869.

- Weigel, R., Bat-Enerel, B., Dulamsuren, C., Muffler, L., Weithmann, G., & Leuschner, C. (2023). Summer drought exposure, stand structure, and soil properties jointly control the growth of European beech along a steep precipitation gradient in northern Germany. *Global Change Biology*, 29(3), 763–779. <https://doi.org/10.1111/gcb.16506>
- Wellbrock, N., Eickenscheidt, N., Hilbrig, L., Dühnelt, P., Holzhausen, M., Bauer, A., et al. (2020). Leitfaden und Dokumentation zur Waldzustandserhebung in Deutschland. Thünen Working Paper.
- Wöllauer, S., Zeuss, D., Magdon, P., & Nauss, T. (2021). RSDB: An easy to deploy open-source web platform for remote sensing raster and point cloud data management, exploration and processing. *Ecography*, 44(3), 414–426. <https://doi.org/10.1111/ecog.05266>
- Xu, C., Förster, M., Beckschäfer, P., Talkner, U., Klinck, C., & Kleinschmit, B. (2025). Modeling European beech defoliation at a regional scale gradient in Germany from northern lowlands to central uplands using geo-ecological parameters, Sentinel-2 and National Forest Condition Survey data. *Forest Ecology and Management*, 576, 122383. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122383>

# ANLAGEN

## **Anlage 1: Handlungsoptionen für die zukünftige Bewirtschaftung von Rotbuchenwäldern im Klimawandel (Abschlusskompendium)**

Liegt als separates PDF bei.

## **Anlage 2: Bonituranleitung für vitalitätsgeschwächte Buchen (Abschlusskompendium)**

Liegt als separates PDF bei.

## **Anlage 3: Dokumentation der Vergabe für die juristische Sachstandsanalyse**

Liegt als separates PDF bei.

## **Anlage 4: Leistungsbeschreibung für den Unterauftrag zur Erstellung der juristischen Sachstandsanalyse**

Liegt als separates PDF bei.

## **Anlage 5: Ergebnisbericht „Juristische Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald“ zum Unterauftrag im TV1 (Martin 2024)**

Liegt als separates PDF bei.

## **Anlage 6: Versuchs- und Monitoring-Flächen von Buche-Akut**

Die Daten können bei Joscha Menge angefragt werden.

## **Anlage 7: Harmonisierung forstlicher Standortdaten der beteiligten Bundesländer**

Auf Basis des nachfolgenden Harmonisierungsschlüssels wurde in Rahmen ein R-Skript entwickelt, welches die Shapefiles der Standortkartierung und Forsteinrichtungsdaten der einzelnen Bundesländer für den Betrachtungsraum von **Buche-Akut** erstellt (auf Anfrage verfügbar bei Joscha Menge)

Basierend auf der forstlichen Standortkartierung der Länder Hessen, Niedersachsen Sachsenanhalt und Thüringen. Lnderübergreifen harmonisiert nach Benning et al (2016), gutachterlich ergänzt durch Sebastian Fuchs (NW-FVA), Bernd Ahrends (NW-FVA), Marion Mundhenk (FFK Gotha), Philip Koal (FFK Gotha). Geodatenharmonisierung: Joscha Menge (FFK Gotha).

Autorin: Marion Mundhenk (Forstliches Forschungs- und Kompetenzzentrum Gotha)

Eine zentrale Forschungsfrage des Forschungsprojekt **Buche-Akut** ist die nach der prädisponierenden Rolle des Standortes (Boden, Klima, Relief, Exposition) für das Auftreten der Buchenvitalitätsschwäche. Als zentrale Datengrundlage zur Bearbeitung dieser Fragestellung wurde die forstliche Standortkartierung, bereitgestellt durch ThüringenForst und die Nordwestdeutschen Forstlich Versuchsanstalt (NW-FVA), herangezogen.

In den im Projektgebiet liegenden Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen werden unterschiedliche Standortkartierungsverfahren angewandt. Dies erschwert länderübergreifende Auswertungen und Vergleiche. Daher wurden die vorliegenden Hauptmerkmale des Standorts zunächst auf Basis eines Übersetzungsschlüssels harmonisiert und somit vergleichbar gemacht. Hierbei stützt sich das Projekt auf umfangreiche Vorarbeiten der NW-FVA und von ThüringenForst, unter anderem im Rahmen der über den Waldklimafonds finanziertes Projekte Waldproduktivität – Kohlenstoffspeicherung – Klimawandel (WP-KS-KW, abgeschlossen) und MultiRiskSuit (laufend).

Die im Rahmen des Projektes erstellte Datenbank enthält Bodeninformationen zu Ausgangssubstrat, Nährstoffversorgung und Wasserhaushalt. Es wurden folgende Datengrundlagen genutzt:

die vom FFK Gotha erstellte Übersichtskarte der Untersuchungsfläche in den vier Bundesländern,

Forstliche Standortdaten, bereitgestellt durch NW-FVA / SG Fernerkundung sowie ThüringenForst/FFK Gotha,

Tabelle 7: Übersicht der Ausgangsdaten

Vorliegende Daten	Hessen	Niedersachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen
Wasserhaushalt	hessische Geländewasserhaushalts-Stufen (aus Standortkartierung und Modellierung <sup>1</sup> )	Niedersächsisches Wasserhaushaltszahl, ggf. mit Variante	Feuchtestufe (StO-Gruppe) nutzbare Feldkapazität (nFK) für 1 m Bodentiefe <sup>3</sup>	reliefbedingte Wasserhaushaltstufe nutzbare Feldkapazität (nFK) für 1 m Bodentiefe <sup>4</sup>
Nährstoffversorgung	Hessische Trophiestufe <sup>2</sup>	Niedersächsisches Nährstoffziffer, ggf. mit Variante	Haupt-Nährkraftstufe des Standortpolygons	Nährkraftstufe der Lokalbodenform
Bodenart	n.a.	n.a.	n.a.	Bodenart, Bodenartengruppe, Bodenartenhauptgruppe nach KA5
Bodentyp	n.a.	n.a.	Lokalbodenform <sup>5</sup>	Bodenklasse, Bodentyp, Bodensubtyp nach KA5
Ausgangssubstrat	n.a.	Substratobergruppe	Lokalbodenform <sup>6</sup>	Substratklasse

<sup>1</sup> Ahrends et al. 2022

<sup>2</sup> aus Standortkartierung und Modellierung nach HEITKAMP et al. 2020

<sup>3</sup> berechnet nach Dehner et al. (2015), nFK soweit möglich abgeleitet über a) den Merkmalsspiegel der kartierten Lokalbodenform, b) über das Leitprofil der vorläufigen Bodenkarte 1:50.000 (LAGB 2020) oder c) durch eine Kombination aus Merkmalsspiegel und VBK-Leitprofil

<sup>4</sup> abgeleitet soweit möglich über den Merkmalsspiegel der kartierten Lokalbodenform durch P. Koal (FFK Gotha)

<sup>5</sup> Zuordnung nach Lokalbodenform basierend auf Schwanecke (1994) und gutachterlich ergänzt durch P. Koal (FFK Gotha)

<sup>6</sup> Zuordnung der Substratklasse nach Lokalbodenform basierend auf Schmidt et al. (2015), ergänzt um Informationen aus Schwanecke (1994) und gutachterlich ergänzt durch P. Koal (FFK Gotha)

Tabelle 8: Einordnung der Nährkraftstufen der vier Bundesländer in harmonisierte Trophiestufen\*

Trophie-Stufe		Hessen	Niedersachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen
1	eutroph	EU	6	R	R
		CE	5+ 5		RC Rw
2	meso-eutroph	GM	5- 4+	K KC	K K+
		ME	4 4-	M	M M- M+
4	oligo-mesotroph		3+ 3	M-	
5	oligotroph	SM	3- 2+	Z	Z
		OT	2 2-	A	A
			1	D	D

\*basierend auf Benning et al. (2015), verändert für Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt durch MultiRiskSuit (2023) nach Schmidt et al. (2015)

Tabelle 9: Einordnung der Wasserhaushaltsinformationen der vier Bundesländer in harmonisierte Wasserhaushaltsstufen\*

Wasserhaushaltsstufe und Kürzel		Niedersachsen	Hessen	Sachsen-Anhalt und Thüringen**
<i>Terrestrische Standorte</i>				
T1	trocken	11t,25t,27t,29,29f,29q,29s,29t,44,44f,44s,44t	trocken	X + a-h, x T2 + x T2- + x T3 + a, x T3- + a-e, x
T2	mäßig trocken	11,11f,11s,20t,25,25f,26st,26t,27,27f,27s,28,28st,28t,43,43f,43g,43s,43sf,43t	mäßig trocken	T1 + x T2(-) + a, b T3 + b-d T3- + g, h
T3	mäßig frisch	10,10f,10g,10s,10sf,10st,10t,20,20f,20s,20sf,24,24st,24t,25s,26,28f,28g,28q,2gt,2st,2t,42,42f,42fg,42fq,42g,42gs,42gt,42s,42st,42t,43fg,43gs	mäßig frisch	T1 + a, b T1+ + a, x T2(-) + c, d T3 + e, g
T4	frisch	19,19gt,19s,19st,19t,2,23,23fg,23fq,23g,23gs,23gsf,23gt,23q,23qt,23s,23st,23t,24f,24fg,24g,24q,24s,24sf,26f,26g,26q,26s,26sf,2f,2fg,2g,2q,2s,2sf,3t,4,41,41f,41fg,41fq,41g,41gs,41gsf,41gt,41q,41s,41sf,41st,41t,42q,42sf,4gst,4gt,4st,4t,8t,9,9gt,9s,9st,9t	frisch, ziemlich frisch	F + a-c T1 + c-g T1+ + b-e T2(-) + e-j T3 + h, j
T5	sehr frisch	1,18,18f,18g,18gs,18gt,18q,18qt,18s,18sf,18st,18t,19f,19fg,19fq,19g,19gs,19q,19sf,1f,1g,1gs,1q,1s,1sf,1t,22,22f,22fq,22g,22gs,22q,22s,22sf,22st,22t,23f,23sf,3,3f,3fg,3fq,3g,3gs,3gst,3gt,3q,3qt,3s,3sf,3st,40,40f,40g,40gs,40gt,40s,40sf,40st,40t,4f,4fg,4fq,4g,4gs,4gsf,4q,4s,4sf,8,8f,8fg,8fq,8g,8gs,8gt,8q,8s,8st,9f,9fg,9g,9gs,9gsf,9q,9sf	betont frisch	F + d-j T1 + h, j T1+ + g-j
<i>Stauwassergeprägte Standorte</i>				
S0	Tief-sitzende Staunässe			terrestrisch mit Zusatz w
S1	sehr schwach staunass / wechselfeucht	14,14f,14fg,14fq,14g,14gt,14q,14t,37t		W3
S2	schwach staunass / wechselfeucht	12,12f,12fg,12g,12t,37,37f,37fg,37g,37gt,37q		W2
S3	mittel staunass / wechselfeucht	13,13f,13fg,13fq,13g,13gt,13q,13qt,13t,17,17f,17fg,17fq,17g,17gs,17gt,17q,17qt,17s,17st,17t,21,21f,21fg,21fq,21g,21gs,21gt,21q,21qt,21s,21st,21t,38gt,38t	wechselfeucht	W1
S4	stark staunass / wechselfeucht	38,38f,38fg,38g,38q	wechsell trocken	N2
S5	sehr stark staunass / wechselfeucht	15,15f,15g,15gt,15q,15t,36gt,36t,39,39fg,39g,39t		N1
S6	äußerst staunass	36,36f,36fg,36g		O2
<i>Grundwassergeprägte Standorte</i>				
G0	grundfrisch	35t		T2n

G1	grundfrisch	35,35f,35q,35s,35sf,35st,7st,7t		T1+n T1n
G2	grundfeucht	7,7qt,7s		
G3	grundfeucht	34,34f,34fq,34q,34s,34sf,34st,34t,5,5s,5st,5t,7f,7fq,7q,7sf		
G4	feucht	33t,5f,5fq,5q,5sf,6t	feucht	O3
G5	nass	32t,33,33f,33fq,33q,33s,33sf,33st,6,6g,6gs,6gt,6s,6st	nass	
G6	nass	32,32f,32fq,32q,32qt,32s,32sf,32st,6f,6fg		O1
NA		16,16q,31,31q		

*Sonderstandorte*

A	Überflutungsbereich (Sonderstandort)			Ü
B	Bachtälchen, Quellbereiche (Sonderstandort)			B1, B2

\*basierend auf Benning et al. (2015), Zuordnung für Niedersachsen von S. Fuchs /MultiRiskSuit (04.2023) basierend auf der ECO-Synopse und der BWI-Bodendatenbank gutachterlich ergänzt und korrigiert, Bestimmung der Substratfeuchteklasse für Sachsen-Anhalt und Thüringen nach König (2011), erweitert um die Bewertungstiefe 100 cm und Kürzel durch Mronzc (NW-FVA / MultiRiskSuit, 2023), nFK (NW-FVA / MultiRiskSuit, 2023) berechnet nach Renger et al. (2009), Zuordnung für Sachsen-Anhalt und Thüringengutachterlich ergänzt durch P. Koal (FFK Gotha 2023)

\*\* schwer bewirtschaftbare Standorte der Kategorie S werden behandelt wie terrestrische Standorte (T)

Die vergleichende Zusammenstellung enthält (soweit vorliegend) folgende Variablen:

- Bodentyp nach KA5 (AG Boden 2005)
- Bodenart des Gesamtprofils nach KA5 (AG Boden 2005)
- Substratklassen in Anlehnung an den niedersächsischen „Geländeökologischen Schätzrahmen (NFP 2007), Zuordnung für Sachsen-Anhalt und Thüringen gutachterlich ergänzt durch P. Koal (FFK Gotha)
- Trophiestufe
- Wasserhaushaltsstufe
- Nutzbare Feldkapazität (nFK) in mm bezogen auf 1 m Bodentiefe

## Anlage 8: Projektereignisse

Tabelle 10: Wissenstransfer im Rahmen wissenschaftlicher Veranstaltungen

Datum	Veranstaltung (Art, Titel, Ort, Veranstalter)	Akteure des Buche-Akut Teams	TV1	TV2	TV3	Titel der Vorträge
11.05.2022	Auftaktveranstaltung: Workshop „Aktuelle Forschungsprojekte zur Vitalität und Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel“, Göttingen/online, Buche-Akut	Gesamtes Projektteam (Veranstaltung, Moderation, Vorträge)	X	X	X	Alle Präsentationen auf Anfrage verfügbar
16./17.08.2022	Fachkolloquium: „Zukunft der Buche in Nordrhein-Westfalen“, Wald und Holz NRW	Joscha Menge (Vortrag) Martina Mund (Teilnahme)	X			Projektvorstellung Buche-Akut
08./09.09.2022	Tagung "Rot-Buche - Baum des Jahres 2022", Neudietendorf, FFK, Stiftung Baum des Jahres und FNR	Martina Mund (Vortrag) Joscha Menge (Poster) Ingolf Profft (Organisation)	X			Projektvorstellung Buche-Akut
11./12.10.2022	„Waldklimafond-Kongress 2022“, Göttingen, FNR	Joscha Menge (Poster), Jan Tropf (Poster) Corinna Geißler (FFK) Dominik Seidel (Teilnahme) Gitta Langer (Teilnahme)	X	X	X	Alle Präsentationen auf Anfrage verfügbar
24.03.2023	Wissenschaftliches Seminar, NW-FVA (Intern)	Jan Tropf (Vortrag)		X		Buche-Akut: Buchenkalamitäten im Klimawandel - Ursachen, Folgen, Maßnahmen
10.- 11.05.2023	Wissenschaftliche Buchentagung der und Forstlichen Versuchs-Forschungsanstalten, Würzburg	Martina Mund (Organisationsteam + Co-Autorin gemeinschaftlicher Vortrag)	X			Stressreaktion und natürliche Waldumbauprozesse im Zuge des Dürresommers 2018: eine multiskalige Studie aus dem Nationalpark Hainich
		Joscha Menge (Poster)	X			
		Jan Tropf (Vortrag + Poster), Gitta Langer (Organisationsteam + Vortrag + Poster)		X		Epidemiologie der Buchenvitalitätsschwäche
		Christian Ammer (Vortrag)			X	Gemeinschaftliche Keynote "Herausforderungen für die waldbauliche Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel"

30.06.2023	Fortbildungsveranstaltung an der NW-FVA für das Graduate College "Enrichment of European beech forests with conifers der Universität Göttingen	Gitta Langer (Vortrag)		X		Dept. Forest Protection - <b>Buche-Akut</b> and VitaDou
11.- 13.09.2023	Forstwissenschaftliche Tagung: Wald- und Holzforschung zwischen Klimawandel, Bioökonomie und gesellschaftlichen Umbrüchen, Dresden	Martina Mund (Vortrag)	X			Natürliche Bestandes- und Kohlenstoffdynamik in Zeiten des Klimawandels
		Joscha Menge (Vortrag)	X			Erste Ergebnisse aus dem Verbundprojekt Buche-Akut: Buchenkalamitäten im Klimawandel – Ursachen, Folgen, Maßnahmen
		Jan Tropf und Gitta Langer (Vortrag)		X		Ursachen und Folgeerscheinungen der gegenwärtigen Buchenvitalitätsschwäche in Deutschland
17.09.2023	Internationale Tagung der Deutschen Gesellschaft für Mykologie in Lehesten	Gitta Langer (Vortrag)		X		Keynote: Einfluss des Klimawandels auf pilzliche und komplexe Erkrankung in unseren Wäldern
26.- 29.09.2023	63. Deutsche Pflanzenschutztagung an der Georg-August-Universität Göttingen	Jan Tropf und Gitta Langer (Vortrag)		X		Epidemiologie der aktuellen Buchenvitalitätsschwäche in Deutschland
24-26.04.2024	Tagung Wald und Wasser in der NW-FVA	Joscha Menge (Poster)	X			Projektvorstellung Buche-Akut
26.- 29.09.2023	63. Deutsche Pflanzenschutztagung an der Georg-August-Universität Göttingen	Jan Tropf und Gitta Langer (Vortrag)		X		Epidemiologie der aktuellen Buchenvitalitätsschwäche in Deutschland
01.02.2024	Vortrag und Austausch im Rahmen der Sonderprogramm DB in Gotha	Joscha Menge	X			Vorstellung der geplanten wiss. Publikationen ihm Rahmen des Projektes
13- .14.05.2024	9. Fachtagung der Baumkontrolleure	Gitta Langer		X		Einfluss des Klimawandels auf pilzliche und komplexe Erkrankung von Waldbäumen
19-21.06.2024	32. Nordische Baumtage	Gitta Langer		X		Holzerstörende Pilze – Veränderung im Klimawandel
24.- 29.06.2024	Conference Poster at IUFRO World Congress 2024: T5.26 New solutions for challenges in decision support for mitigating disturbances to increase forest health and resilience under climate change (online at: <a href="https://iufro2024.com/detailed-programme/">https://iufro2024.com/detailed-programme/</a> last retrieved: 16.09.2024)	Joscha Menge	X			Drought-related calamities of European beech in Central Germany - causes, consequences, and measures (Buche-Akut)

11-15.08.2024	12. International Mycological Congress	Gitta Langer und Jan Tropf		X		Fungi associated with Vitality Loss of Beech (Poster)
12.-14.03-2025	Tagung: „Kohlenstoffbindung in Waldökosystemen und Holzprodukten“	Joscha Menge		X		„Buche-Akut“: Buchenkalamitäten im Klimawandel Mögliche Ursachen und Auswirkungen auf den Kohlenstoffhaushalt in Mitteldeutschland
04.-05.06.2025	Abschlussstagung BucheAkut	Abschlussstagung BucheAkut	X	X	X	Alle Vorträge auf Anfrage verfügbar.

Tabelle 11: Wissenstransfer im Rahmen praxisorientierter Veranstaltungen

Datum	Veranstaltung (Art, Titel, Ort, Veranstalter)	Akteure des Buche-Akut Teams	TV1	TV2	TV3
05.04.2022	Ranger-Fortbildung im Nationalpark Kellerwald	Gitta Langer (Vortrag)		X	
19.05.2022	Wissenschaftliches Seminar für Mitarbeiter der NW-FVA (Abteilung B)	Vorstellung Buchenvitalitätsschwäche in Südwest- & Nordwestdeutschland (Jan Tropf)		X	
28.06.2022	Veranstaltung zu komplexen Erkrankungen bei Buche bei der AG Waldschutzverfahren Lohr	Gitta Langer (Vortrag)		X	
05.07.2022	Schulung zur Buchenvitalitätsschwäche für Mitarbeiter des Forstamt Melsungen	Gitta Langer (Vortrag)		X	
04.08.2022	Beratung zu Buchenschäden im FFH-Gebiet im Stadtwaldmünden mit NLWKN und UNB	Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze Olaf Von Drachenfels Susanne Gohde Antonio Kudlek Annika Meier Sabine Steinhoff Melanie Thiele Joscha Menge	X	X	
27.08.2022	Tag der offenen Tür der NW-FVA	Gitta Langer, Jan Tropf (Poster)		X	
06.09.2022	38. Osnabrücker Baumpflegetage, Osnabrück	Gitta Langer (Vortrag)		X	

09.09.2022	Tagung: „Waldzukunft / Zukunftswald - Welche Zukunft hat unser Wald?“, Bad Zwosten	Gitta Langer (Vortrag)		X	
14.09.2022	Seminar: Vegetation im Klimawandel, Jena, TLUBN	Joscha Menge (Vortrag)	X		
15.-17.09.2022	ANW Bundestagung, Templin (Brandenburg)	Joscha Menge (Teilnahme)	X		
28./29.09.2022	Fachexkursion: Gemeinsame Untersuchung von Buchenschadbildern in Nordbayern, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)	Gitta Langer Peter Gawehn Jan Tropf Nicole Burgdorf Michael Muser (LWF)		X	
08.10.2022	ForstAid Exkursion zur Buchenvitalitätsschwäche in Hedemünden	Gitta Langer (Vortrag) Jan Tropf (Projektvorstellung)		X	
09.01.2023	Vortragsreihe der Pilzfreunde Stuttgart e.V. (Online-Veranstaltung)	Gitta Langer (Vortrag zu Auswirkungen von Dürre und Hitze in unseren Wäldern – Bedeutung pilzlicher Schaderreger)		X	
04.04.2023	Erfahrungsaustausch zu Nutzungskonzepten bei Trockenschäden in der Baumart Buche, ThüringenForst (interne Veranstaltung)	Ingolf Profft (Vortrag zu Buche-Akut)	X		
18.04.2023	Waldschutzberatung zu Buchenschäden im FA Liebenburg, Revier Liebenburg	Jan Tropf, Josefin Oelze		X	
16.05.2023	Waldschutzberatung zu Buchenschäden und Phytophthora an Erle im FA Wettenberg, Revier Alten-Buseck	Jan Tropf, Tim Baroth		X	
31.08.2023	Lehrgang und Exkursion „Pilze im Wald - Naturnähezeiger - Schaderreger“ für Mitarbeiter des Nationalparks Kellerwald-Edersee und umliegende Forstbetriebe/-ämter	Gitta Langer (Vortrag zu Pilzen im Wald als Naturnähezeiger und Schaderreger)		X	
14.09.2023	Praxisseminar mit 32 Teilnehmern (Revierleitern, Funktionsbeamten etc.) der Buchen-Forstämter in Thüringen zur Buche im Klimawandel und ersten Erkenntnissen von Buche-Akut, Vorträge + Exkursion, FoA Leinefelde	Ingolf Profft (Vortrag) Martina Mund (Vortrag) Joscha Menge (Vortrag) Gitta Langer (Vortrag) Kirsten Höwler (Vortrag, digital) Marion Mundhenk (Organisation)	X	X	X

27.09.2023	Praxisseminar mit 32 Teilnehmern (Revierleitern, Funktionsbeamten etc.) der Buchen-Forstämter in Thüringen zur Buche im Klimawandel und ersten Erkenntnissen von Buche-Akut, Vorträge + Exkursion, FoA Bad Berka	Ingolf Profft (Vortrag) Martina Mund (Vortrag) Joscha Menge (Vortrag) Gitta Langer (Vortrag digital) Kirsten Höwler (Vortrag, digital) Marion Mundhenk (Organisation)	X	X	X
28.09.2023	Fachtagung zur Buche 2023 für Führungskräfte der ThüringenForst AöR (Vorträge und Exkursion)	Ingolf Profft (Vortrag + Organisation) Martina Mund (Vortrag)	X		
29.09.2023	Vortragsveranstaltung der Schutzgemeinschaft Hoher Kellerwald in Bad Zwesten	Gitta Langer (Vortrag zum Einfluss des Klimawandels auf pilzliche und komplexe Erkrankung in unseren Wäldern)		X	
21.10.2023	2. Wald-Tagung organisiert durch Martin Häusling, MdEP und die GRÜNEN/EFA: Wald im Klimawandel - Unser Wald im Zangengriff der Klimakrise – welche Möglichkeiten haben wir noch? (20.10.2023 mit Exkursion am 21.10.2023) in Bad Zwesten und im Nationalpark Kellerwald-Edersee	Gitta Langer (Impulsvortrag: Schwerpunktthema Buchen & Eichen)		X	
29.11.2023	21. SAG Workshop: Bäume im Klimawandel - Aktuelle Forschungsergebnisse zum Einfluss der Klimaveränderung auf Zustand, Entwicklung und Verkehrssicherheit der Stadtbäume, Gauting + online	Gitta Langer (Vortrag: Changes in the interaction of fungi (and other micro-organisms) and trees with regard to the consequences of climate change)		X	
31.01.2023	Vorlesung an der Universität Göttingen im Rahmen des Moduls „Forest Pathology“	Gitta Langer (2 Vorträge/ Lecture(exercise) a) Current fungal and Complex diseases (Vitality loss of beech, Swiss needle cast) b) European ash dieback		X	
08.02.2024	Repetitorium Referendare, Online	Gitta Langer		X	
08-12.04.2024	Lehrgang FVA für Forstreferendarinnen/Forstreferendare aus Hessen, Niedersachsen, NRW und Sachsen-Anhalt, NW-FVA	Gitta Langer		X	
29.04.2024	Anwärterlehrgang Hessen, Online	Gitta Langer		X	X
17.06.2024	Referendare und Referendarinnen Lehrgang am FBZ von ThüringenForst in Gehren. Forschung am FFK Gotha: Buche-Akut	Joscha Menge und Ingolf Profft	X		

20.-21.09.2024	71. Forstvereinstagung Fulda	Die Wälder des Schafsteins im mykologischen und forstpathologischen Blick (Leitung Gitta Langer); Wie weiter mit der Rotbuche? - Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt <b>Buche-Akut</b> (Leitung Ingolf Profft, Joscha Menge, Gitta Langer). Unterstützt durch Lilith Ickrath (Masterstudentin, Uni Göttingen)	X	X	X
25.09.2024	Fortbildung der Niedersächsischen Landesforsten, NW-FVA & FA Münden	Ingolf Profft, Gitta Langer, Joscha Menge, Jan Tropf, Martina Mund, Jonas Niemöller	X	X	
	Regelfortbildung für Waldschutzbeauftragte, FA Schotten	Gitta Langer		X	
23-24.09.2024	Anwärterlehrgang Niedersachsen, Online	Gitta Langer		X	
07.10.2024	Fortbildung Hessenforst	Ingolf Profft, Gitta Langer, Joscha Menge, Martina Mund, Jonas Niemöller	X	X	
24.10.2024	Anwärterlehrgang Hessen, Online	Gitta Langer		X	
27.11.2024	Projektvorstellung <b>Buche-Akut</b> bei der Hessischen Forstvereinstagung im Forstamt Schotten	Joscha Menge	X		
31.01.2025	Launch der aktualisierten und erweiterten BucheAkut- Internetseite bei ThüringenForst; insbes. "Wissenstransfer-Blog" mit Video-Podcast	Martina Mund	X		
05.02.2025	Eventankündigung Abschlusstagung (via Mailverteiler an alle Beteiligten und interessierte Akteure)	Joscha Menge	X		
19.09.2025	Vorstellung der Projektergebnisse bei der ANW-Jugendexkursion in Wiesenthal (Hohe Asch)	Joscha Menge	X		
24.04.2025	Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse und Handlungsempfehlungen für die Praxis (Teilnehmerlisten auf Anfrage verfügbar) Termin 1: Niedersächsische Landesforsten (Seesen 09:00 bis 12:00 Uhr) Termin 2: Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt (Halberstadt, 13:30 bis 15:00 Uhr)	Christian Ammer, Martina Mund, Ingolf Profft, Dominik Seidel, Gitta Langer, Jan Tropf, Jonas Niemöller, Joscha Menge, Ralf Nagel	X	X	X

25.04.2025	Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse und Handlungsempfehlungen für die Praxis (Termin 3 HessenForst Zentrale Kassel)	Martina Mund, Ingolf Profft, Dominik Seidel, Gitta Langer, Jan Tropf, Jonas Niemöller, Joscha Menge	X	X	X
09.05.2025	Treffen zur Vorstellung und Einbindung der Projektergebnissen in die Baumartenempfehlung 2.0 von ThüringenForst (FFK Gotha)	Ingolf Profft, Martina Mund, Joscha Menge,	X		
26.05.2025	Vorstellung und Diskussion der Projektergebnisse und Handlungsempfehlungen für die Praxis Termin 4: ThüringenForst (FFK Gotha)	Christian Ammer, Martina Mund, Ingolf Profft, Dominik Seidel, Gitta Langer, Jan Tropf, Jonas Niemöller, Joscha Menge,	X	X	X

Tabelle 12: Interne Projekttreffen zu Koordination und Planung

Datum	Beteiligte Teilvorhaben	Ort	Thema
13.12.2021	TV1, TV2, TV3	Digital	Projektplanung
28.01.2022	TV1, TV2, TV3	Wald, Hann. Münden	Gemeinsame Einführungsexkursion aller Projektpartner, Organisiert von TV 2
09.03.2022	Alle TV <b>Buche-Akut</b> und HE-Forst	Digital	Absprache zur Projektbearbeitung in Hessen: Kooperationen, Ansprechpartnern, Flächenauswahl, Datenverfügbarkeit
16.03.2022	TV1, TV2, TV3	Digital	Projektplanung
20.04.2022	TV 1 und 2 (Intern)	Digital	Vorbesprechung für Workshop am 11.05
25.04.2022	TV2 und FVA BW	Digital	Absprache von Veröffentlichungen in der AFZ und Infektionsversuch / Holzabbauversuch
28.04.2022	TV1, TV2, TV3	Digital	Vorbesprechung für Workshop am 11.05
02.05.2022	TV1	Digital	Absprache mit Niedersächsischen Landesforsten und Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt: Kooperationen, Ansprechpartnern, Flächenauswahl, Datenverfügbarkeit
11.05.2022	TV1, TV2, TV3	NW-FVA/ Digital	Auftaktveranstaltung für das Projekt Buche Akut mit Gastbeiträgen zur Buche
13.06.2022	TV1	NW-FVA	Treffen mit GIS-Abteilung der NW-FVA: Übergabe der GIS und Sachdaten, Ausarbeitung einer Datennutzungsvereinbarung für das Projekt
14.06.2022	TV 1 und 2	Wald Dransfeld	Schulung Kronenansprache durch Jörg Weymar (WZE)
05.07.2022	TV1, TV2, TV3	FA Melsungen/ Wald	Schulung zur Schadansprache an der Baumart Rotbuche - Theorie und Praxis (Exkursion)
18.07.2022	FAWF, FVA BW, TV 2	Lenneberger Wald	Abgleichung des Bonitieringsschlüssel zwischen den Anstalten und gemeinsame Kronenansprache
19.07.2022	TV 2	Großalmerode	Teilnahme an WZE-Schulung
26.08.2022	TV1, TV2, TV3	Digital	Problematik Scanning der Bestände
13.10.2022	TV1, TV2, TV3	Digital	Besprechung IPs Auswahl und Anlage, Scanning und Probeentnahme auf VIPs, Verjüngungsbonitur
01.12.2022	TV1, TV2, TV3	Digital	Projektplanung
11.01.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Arbeitsplanung Datenaufnahme (Winterbonitur, TLS, Fällungen)
26.01.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Besprechung Zwischenbericht und weiteres Vorgehen im Projekt
24.01.2023	TV1	Gotha	Nutzung neuer Medien in der Projekt-Kommunikation
26.01.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Projekt-Monitoring & -Planung
07.02.2023	TV1	Gotha	Planung von Aktivitäten im Bereich Wissenstransfer
10.02.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Planung der Verjüngungsinventur, Bonitur und Entnahme und Naturverjüngung auf den Kernflächen im Sommer 2023

28.03.2023	TV1	Gotha	Projekt-Monitoring & -Planung
12.05.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Projekt-Monitoring & -Planung
15.05.2023	TV1, TV3	Göttingen	Planung der Verjüngungsinventur auf den Kernflächen, Absprache mit wissenschaftlichen Hilfskräften
25.05.2023	TV1	Gotha	Projekt-Monitoring & -Planung
05.06.2023	TV1, TV3	Digital	Austausch zu digitale Methoden in der Waldzustandserhebung unter Beteiligung des FFK Gotha, der NW-FVA, der TU Berlin
15.06.2023	TV1	Digital	Klärung der Kooperation zwischen <b>Buche-Akut</b> und dem Waldzustandsmonitor des Helmholtz UFZ Leipzig
19.06.2023	TV1	Digital	Absprache mit dem Sachgebiet Intensives Umweltmonitoring der NW-FVA und dem Fachbereich Standortkunde des FFK Gotha zur Harmonisierung von forstlichen Standortdaten in den Projekten Buche-Akut und MultiRiskSuit
12.07.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Projekt-Monitoring & -Planung
20.07.2023	TV1	Gotha	Feinplanung Schulungsveranstaltungen September 2023
11.10.2023	TV1	Digital	Auftaktgespräch zur juristischen Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald mit der beauftragten Rechtsanwaltskanzlei
06.11.2023	TV1	Gotha	Planung von Aktivitäten im Bereich Wissenstransfer
08.11.2023	TV1	Gotha	Abstimmung mit Stabsstelle Kommunikation, Medien von ThüringenForst bzgl. Wissenstransfer-Aktivitäten
08.11.2023	TV1, TV2, TV3	Digital	Projekt-Monitoring & -Planung
30.11.2023	TV1	Digital	Abstimmung zum Zwischenstand der juristischen Sachstandsanalyse und Bewertung der Buchenschadsituation im Wald mit der beauftragten Rechtsanwaltskanzlei
14.12.2023	TV1	Gotha	Abstimmung mit dem Fachbereich Standortkunde des FFK Gotha zur abschließenden Zusammenstellung der Standortdaten
18.01.2024	TV1, TV2, TV3	Digital	Austausch Stand der Dinge und Abstimmung Zwischenbericht
23.04.2024	TV1	Gotha	Planungstreffen für 2024: Finanzplanung, Verlängerungsantrag, Stellenplanung, weitere Schritte Wissenstransfer, Vorbereitung Praxisseminar und Exkursion DFV-Exkursion Sept. 2024 (Ingolf Profft, Joscha Menge, Martina Mund)
23.05.2024	TV1	Fulda	Vorbereitung Exkursion Tagung DFV mit Gitta Langer, Ingolf Profft, Joscha Menge, Martina Mund
04.12.2024	TV1	Gotha	Treffen <b>Buche-Akut</b> und SKM ThüringenForst: Workflow und Update Webseite, Stand und Probleme bei Einstellung Video-Podcast, Optimierung Instagram-Auftritt
21.01.2024	TV1, TV3	Göttingen	Treffen zur Besprechung der Masterarbeit von Lilith Ickrath mit MLS Daten aus Buche-Akut

22.01.2024	TV1, TV2, TV3	online	Projekttreffen zu den Themen: Zwischenbericht, Handlungsempfehlungen, Öffentlichkeitsarbeit/Podcasts, Abschlusstagung,
23.04.2024	TV1	Gotha	Planungstreffen für 2024: Finanzplanung, Verlängerungsantrag, Stellenplanung, weitere Schritte Wissenstransferset, Vorbereitung Praxisseminar und Exkursion DFV-Exkursion Sept. 2024 (Ingolf Profft, Joscha Menge, Martina Mund)
23.05.2024	TV1	Fulda	Vorbereitung Exkursion Tagung DFV mit Gitta Langer, Ingolf Profft, Joscha Menge, Martina Mund
04.12.2024	TV1	Gotha	Treffen <b>Buche-Akut</b> und SKM ThüringenForst: Workflow und Update Webseite, Stand und Probleme bei Einstellung Video-Podcast, Optimierung Instagram-Auftritt
21.01.2025	TV1, TV3	Uni Göttingen	Treffen zur Besprechung der Masterarbeit von Lilith Ickrath mit MLS Daten aus BucheAkut
22.01.2025	TV1, TV2, TV3	Online	Projekttreffen zu den Themen: Zwischenbericht, Handlungsempfehlungen, Öffentlichkeitsarbeit/Podcasts, Abschlusstagung,
24.02.2025	TV1, TV2	Online	Treffen zur Besprechung der Handlungsempfehlungen (Jan Tropf, Martina Mund, Ingolf Profft, Joscha Menge)
03.03.2025	TV1, TV2	Online	Treffen zur Besprechung der Handlungsempfehlungen (Jan Tropf, Martina Mund, Ingolf Profft, Joscha Menge)
04.03.2025	TV1, TV2, TV3	Universität Göttingen	Aufnahme Folge 6 des Podcasts
05.03.2025	TV1, TV2, TV3	Online	Treffen zur Besprechung der Handlungsempfehlungen (Christian Ammer, Martina Mund, Ingolf Profft, Dominik Seidel, Gitta Langer, Jan Tropf, Jonas Niemöller, Joscha Menge)
23.04.2025	TV1, TV2, TV3	online	Internes Treffen zu den Handlungsempfehlungen und Waldbaurichtlinien der Länder (Christian Ammer, Martina Mund, Ingolf Profft, Dominik Seidel, Gitta Langer, Jan Tropf, Jonas Niemöller, Joscha Menge)
28.05.2025	TV1, TV2, TV3	Online	Projektinterne Abschlussbesprechung zu Treffen mit den Praxispartnern
17.06.2025	TV3	Universität Göttingen	Aufnahme Moderation Folge 7 des Podcasts
11.07.2025	TV1, TV2, TV3	Online	Projekttreffen zu Abschlussbericht und Broschüre
18.09.2025	TV1, TV2, TV3	Online	Projekttreffen zu Abschlussbericht und Broschüre

Tabelle 13: Dienstreisen

Jahr	Datum von	Datum bis	Ziel	TV1	TV2	TV3	Teilnehmer	Anlass
2022	11.01.2022	11.01.2022	Mollenfelde		x		Jan Peter Gawehn Tropf	Begang geschädigter Bestände, Einführung in die Thematik
2022	28.01.2022	28.01.2022	Hann. Münden	x	x	x	Jan Peter Gawehn Gitta Langer Silvia Thüne Steffen Bien Martin Rohde Martina Mund Dominik Seidel Kirsten Höwler Raimund Weber (Revierleitung)	Gemeinsame Einführungsexkursion aller Projektpartner, Organisiert von TV 2
2022	03.03.2022	03.03.2022	Brauenschweig		x		Jan Peter Gawehn Tropf	Begang geschädigter Bestände, Einführung in die Thematik
2022	14.03.2022	15.03.2022	Schleswig-Holstein		x		Jan Peter Gawehn Tropf	Meldungen von Buchenvitalitätsschwäche in Schleswig Holstein
2022	21.03.2022	21.03.2022	Reinhardshagen, Wolfhagen		x		Jan Peter Gawehn Tropf	Versuchsflächenauswahl
2022	22.03.2022	22.03.2022	Frankenberg		x		Jan Peter Volker Gawehn Debes (Revierleiter)	Versuchsflächenauswahl
2022	24.03.2022	24.03.2022	Schotten		x		Jan Peter Axel Gawehn Rockel (Revierleiter)	Versuchsflächenauswahl
2022	30.03.2022	30.03.2022	Hessisch Lichtenau		x		Jan Peter Gawehn Tropf	Versuchsflächenauswahl
2022	21.04.2022	21.04.2022	Melsungen, Neukirchen, Jesberg		x		Jan Peter Gawehn Tropf	Versuchsflächenauswahl

2022	26.04.2022	26.04.2022	Frankenberg		x		Jan Peter Gawehn	Tropf	Einrichtung Versuchsfläche
2022	29.04.2022	29.04.2022	Reinhardshagen		x		Jan Peter Gawehn	Tropf	Einrichtung Versuchsfläche
2022	03.05.2022	03.05.2022	Hessisch Lichtenau		x		Jan Peter Gawehn	Tropf	Einrichtung Versuchsfläche
2022	11.05.2022	11.05.2022	Göttingen	x	x	x	Jan Gitta Josefin Peter Joscha Martina Ingolf Alexander Kirsten Dominik Seidel	Tropf Langer Oelze Gawehn Menge Mund Profft Glaser Höwler	Workshop "Aktuelle Forschungsprojekte zur Vitalität und Bewirtschaftung von Buchenwäldern im Klimawandel"
2022	13.05.2022	13.05.2022	Schotten		x		Jan Peter Gawehn	Tropf	Einrichtung Versuchsfläche
2022	16.05.2022	16.05.2022	Jesberg, Neukirchen		x		Jan Peter Josefin Oelze	Tropf Gawehn	Einrichtung Versuchsflächen
2022	10.06.2022	10.06.2022	FoA 49, 53 ,55, 57	x			Joscha Alexander Glaser	Menge	VIP-Flächenauswahl BucheAkut
2022	13.06.2022	13.06.2022	Diverse Bestände in West- und Südthüringen	x			Alexander Glaser		VIP-Flächenauswahl BucheAkut
2022	13.06.2022	13.06.2022	NW-FVA (Göttingen)	x			Joscha Menge		Sichtung GIS-Daten für BucheAkut
2022	14.06.2022	14.06.2022	FoA Dransfeld (Niedersachsen)	x	x		Jan Peter Josefin Joscha Alexander Mario Jörg Weymar	Tropf Gawehn Oelze Menge Glaser Klein	Schulung Kronenansprache (Vitalitätsansprache) durch Jörg Weymar und Peter Gawehn

2022	15.06.2022	15.06.2022	Region Jesberg, Melsungen			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K5-K8 Sommerzustand
2022	15.06.2022	15.06.2022	Roßdorf, Scheid, Oberweid	x			Joscha Menge Alexander Glaser	VIP-Flächenauswahl BucheAkut
2022	17.06.2022	22.06.2022	Diverse Forstämter in Thüringen		x		Joascha Menge, Alexander Glaser	VIP-Flächenauswahl BucheAkut
2022	20.06.2022	20.06.2022	Holzthaleben	x	x		Jan Trof Peter Gawehn Joscha Menge Alexander Glaser	Gemeinsame Versuchsflächenauswahl nach Vorauswahl durch TV1
2022	21.06.2022	21.06.2022	Werra, Gräfenthal	x	x		Jan Trof Peter Gawehn Joscha Menge Alexander Glaser	Gemeinsame Versuchsflächenauswahl nach Vorauswahl durch TV1
2022	22.06.2022	22.06.2022	Region Frankenberg, Schotten			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K2-K3 Sommerzustand
2022	24.06.2022	24.06.2022	Bad Berka, Jena	x			Joscha Menge Alexander Glaser	VIP-Flächenauswahl Buche-Akut (Bad Berka, Jena)
2022	27.06.2022	27.06.2022	Jena, Gera	x			Joscha Menge, Alexander Glaser	VIP-Flächenauswahl Buche-Akut (Jena, Gera)
2022	28.06.2022	28.06.2022	Reinhausen, LWK- Flächen Süd-niedersachsen, Stadtwald Münden		x		Jan Trof Peter Gawehn Josefin Oelze	Versuchsflächenauswahl
2022	29.06.2022	29.06.2022	Lauterberg, Seesen, Dassel, Neuhaus	x	x		Jan Trof Peter Gawehn	Versuchsflächenauswahl
2022	29.06.2022	29.06.2022	Gera, Kahla	x			Joscha Menge Alexander Glaser	VIP-Flächenauswahl Buche-Akut (Kahla, Gera)
2022	30.06.2022	30.06.2022	Saupark, LWK- Süd-niedersachsen, Klosterforsten		x		Jan Trof Peter Gawehn	Versuchsflächenauswahl
2022	30.06.2022	30.06.2022	Arnstadt	x			Joscha Menge Alexander Glaser	Versuchsflächenauswahl

2022	05.07.2022	05.07.2022	Fritslaer Str. 63, 34212 Melsungen	x	x	x	Jan Peter Gitta Steffen Joscha Alexander Martina Kirsten Volker Gerding (Extern)	Tropf Gawehn Langer Bien Menge Glaser Mund Höwler	Gemeinsamer Begang der Versuchsfläche in Melsungen und Präsentation des erstellten Bonitierungsschlüssel (Schadansprache) von TV 2
2022	06.07.2022	06.07.2022	Liebenburg, Wolfenbüttel, LWK Südniedersachsen		x		Jan Peter	Tropf Gawehn	Versuchsflächenauswahl
2022	07.07.2022	07.07.2022	Nienburg, Klosterforsten		x		Jan Peter Mark (Revierleitung Klosterforsten)	Tropf Gawehn Gützkow	Versuchsflächenauswahl
2022	08.07.2022	08.07.2022	Sollstedt	x			Alexander Glaser		Versuchsflächenauswahl
2022	11.07.2022	15.07.2022	Helbedündorf, Holzthaleben	x			Alexander Glaser		VIP-Flächenauswahl Buche-Akut
2022	12.07.2022	12.07.2022	Region Reinhardshagen, Witzenhausen			x	Kirsten Höwler		mobiles Laserscanning Kernflächen K1,K4 Sommerzustand
2022	12.07.2022	12.07.2022	Bad Klosterlausnitz, Ettersburg	x	x		Jan Peter Josefin Joscha Alexander Glaser	Tropf Gawehn Oelze Menge	Gemeinsame Versuchsflächenauswahl nach Vorauswahl durch TV1
2022	15.07.2022	15.07.2022	Sollstedt	x			Alexander Glaser		Versuchsflächenauswahl
2022	18.07.2022	18.07.2022	Mainz		x		Jan Peter Jörg Grüner (FVA BW) Sabine Remmele (FVA BW) Frank Schmidt (FAWF)	Tropf Gawehn	Abstimmung und gemeinsame Bonitierung schwer geschädigter Buchenbestände

2022	19.07.2022	19.07.2022	Großalmerode		x		Jan Tropf	WZE-Schulung
2022	22.07.2022	22.07.2022	Stadtwald Münden		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Einrichtung Versuchsflächen
2022	27.07.2022	27.07.2022	Hessisch Oldendorf		x		Jan Tropf Peter Gawehn	Einrichtung Versuchsflächen
2022	02.08.2022	02.08.2022	Gera, Tautenburg, Nauendorf		x		Jan Tropf Josefin Oelze	Einrichtung Versuchsflächen
2022	03.08.2022	03.08.2022	Buchbach, Etterwinden, Leinefelde	x	x		Jan Tropf Josefin Oelze Joscha Menge Alexander Glaser	Einrichtung Versuchsflächen
2022	04.08.2022	04.08.2022	Stadtwald Münden Geney, Zehensberg	x	x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze Olaf Von Drachenfels Susanne Gohde Antonio Kudlek Annika Meier Sabine Steinhoff Melanie Thiele, Joscha Menge	Beratung Stadtwald Münden Einrichtung Versuchsflächen, Treffen mit FoA Leitung und UNB
2022	11.08.2022	11.08.2022	Region Eisenach, Dingelstädt, Helbedündorf			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K17, K19, K24 Sommerzustand
2022	12.08.2022	12.08.2022	Region Gera, Jena, Weimar, Gräfenthal			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K20-K23 Sommerzustand
2022	15.08.2022	15.08.2022	Region Nienburg, Hessisch Oldendorf			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K13-K15 Sommerzustand
2022	16.08.2022	17.08.2022	Hammerhof, 34414 Warburg-Scherfede	x			Joscha Menge	Tagung zur Zukunft der Buche in NRW
2022	22.08.2022	22.08.2022	Stadtwald Münden		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur

2022	25.08.2022	25.08.2022	Region Hann. Münden			x	Kirsten Höwler Kerstin Pierick	mobiles Laserscanning Kernflächen K9-K11 Sommerzustand
2022	25.08.2022	25.08.2022	Frankenberg, Jesberg		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	26.08.2022	26.08.2022	Melsungen, Hessisch Lichtenau		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	29.08.2022	29.08.2022	Schotten, Reinhadrshagen, Neukirchen		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	30.08.2022	30.08.2022	Hessisch Oldendorf		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	31.08.2022	31.08.2022	Nauendorf, Tautenburg, Gera		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	01.09.2022	01.09.2022	Etterwinden, Buchbach, Leinefelde		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	02.09.2022	02.09.2022	Nienburg	x	x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Sommerbonitur
2022	06.09.2022	06.09.2022	Geney, Zehensberg, Obernkirchen (Klosterforsten)	x	x		Jan Tropf Peter Gawehn Joscha Menge	Sommerbonitur & Einrichtung Fläche Obernkirchen (Klosterforsten)
2022	09.09.2022	09.09.2022	Weimarland	x			Alexander Glaser	VIP-Flächenauswahl BucheAkut
2022	14.09.2022	14.09.2022	Region Hessisch Oldendorf, Buchholz/Obernkirchen			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K12, K16 Sommerzustand
2022	14.09.2022	14.09.2022	Jena (TLUBN)	x			Joscha Menge	Seminar: Vegetation im Klimawandel, Jena, TLUBN (Vortrag)

2022	15.09.2022	17.09.2022	Templin	x			Joscha Menge	Bundestagung ANW
2022	22.09.2022	22.09.2022	Region Leinefelde-Worbis, Helbedündorf			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K18, K24 Sommerzustand
2022	27.09.2022	27.09.2022	Südharz		x		Jan Tropf Peter Gawehn Josefin Oelze	Meldung Buchenschäden im Südharz
2022	28.09.2022	29.09.2022	Fränkische Platte		x		Jan Tropf Peter Gawehn Gitta Langer Nicolde Burgdorf (LWF) Michael Muser (LWF)	Gemeinsame Untersuchung (mit LWF) von Buchenschadbildern in Nordbayern
2022	28.11.2022	28.11.2022	Region Hann. Münden, Melsungen, Frankenberg		x	x	Jan Tropf Josefin Oelze Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K2, K7, K9, K10 Winterzustand; terrestrisches Laserscanning Erntebäume
2022	29.11.2022	29.11.2022	Region Nienburg			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K15 Winterzustand
2022	30.11.2022	30.11.2022	Region Eisenach			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K19 Winterzustand
2022	02.12.2022	02.12.2022	Region Schotten			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K3 Winterzustand
2022	05.12.2022	05.12.2022	Buchbach		x	x	Jan Tropf Josefin Oelze Kirsten Höwler	Wetterbedingungen (Schnee) nicht geeignet für das Laserscanning, Abbruch
2022	07.12.2022	07.12.2022	Region Reinhardshagen, Witzenhausen	x	x	x	Jan Tropf Josefin Oelze Joscha Menge Kirsten Höwler Tim Baroth	mobiles Laserscanning Kernflächen K1, K4 Winterzustand; terrestrisches Laserscanning Einzelbäume
2022	08.12.2022	08.12.2022	Region Jesberg			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K5, K6, K8 Winterzustand
2022	09.12.2022	09.12.2022	Region Hessisch Oldendorf		x	x	Jan Tropf Peter Gawehn Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K12, K13, K14 Winterzustand; terrestrisches Laserscanning Einzelbäume
2022	14.12.2022	14.12.2022	Hann. Münden		x	x	Jan Tropf Josefin Oelze Kirsten Höwler	Auswahl und Scanning Probebäume

2022	16.12.2022	16.12.2022	Region Buchholz/Obernkirchen		x	x	Jan Peter Tropf, Kirsten Höwler, Peter Gawehn	mobiles Laserscanning Kernflächen K16 Winterzustand; terrestrisches Laserscanning Einzelbäume
2022	20.12.2022	20.12.2022	Region Gera, Jena, Weimar		x	x	Josefin Oelze, Tim Baroth, Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K21-K23 Winterzustand
2023	03.01.2023	03.01.2023	Region Leinefelde-Worbis, Helbedündorf, Dingelstädt			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K17, K18, K24 Winterzustand; terrestrisches Laserscanning Einzelbäume
2023	06.01.2023	06.01.2023	Region Gräfenenthal			x	Kirsten Höwler, Liane Neudam	mobiles Laserscanning Kernflächen K20 Winterzustand; terrestrisches Laserscanning Einzelbäume
2023	09.01.2023	09.01.2023	Region Hann. Münden			x	Kirsten Höwler	mobiles Laserscanning Kernflächen K11 Winterzustand
2023	03.02.2023	06.02.2023	Marburg	x			Joscha Menge	ALS-Datenübertragung am Arbeitsbereich Umweltinformatik der Universität Marburg
2023	07.02.2023	07.02.2023	FA Hann. Münden		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Peter Gawehn	Probebaumfällungen Buche-Akut; Winterbonitur
2023	10.02.2023	10.02.2023	FA Nienburg		x		Josefine Oelze, Peter Gawehn	Winterbonitur
2023	13.02.2023	13.02.2023	FA Reinhardshagen		x		Jan Tropf, Josefine Oelze	Probebaumfällungen Buche-Akut; Winterbonitur
2023	13.02.2023	13.02.2023	diverse FO in Nord-Thüringen	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	14.02.2023	14.02.2023	diverse FO in Nord-Thüringen	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	15.02.2023	15.02.2023	FA Heiligenstadt	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	16.02.2023	16.02.2023	FA Saalfeld-Rudolstadt	x	x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Joscha Menge	Probebaumfällungen Buche-Akut; Winterbonitur
2023	16.02.2023	16.02.2023	diverse FoÄ in Süd-Thüringen	x			Joscha Menge, Marion Mundhenk	Stichprobeninventur

2023	20.02.2023	20.02.2023	FA Münden, Gewächshaus NW- FVA in Vaake		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Daniel Gaunitz, Annette Ihlemann, Brigitte Jünemann, Tim Baroth	Werbung und Einpflanzung Versuchspflanzen Infektionsversuch <i>Biscogniauxia</i> spp.
2023	20.02.2023	20.02.2023	diverse FoÄ in West- Thüringen	x			Joscha Menge, Marion Mundhenk	Stichprobeninventur
2023	23.02.2023	23.02.2023	FA Finsterbergen	x			Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	24.02.2023	24.02.2023	FA Schotten, FA Jesberg, FA Neukirchen		x		Peter Gawehn, Josefin Oelze	Winterbonitur
2023	24.02.2023	24.02.2023	FA Erfurt + Bad Berka	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge, Jan Böhm (Stabstelle Kommunikation, Medien ThüringenForst)	Stichprobeninventur, Instagram-Aufnahmen
2023	27.02.2023	28.02.2023	Diverse FÄ in Niedersachsen	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	27.02.2023	29.09.2023	Gewächshaus NW- FVA in Vaake		x		Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Wöchentliche Fahrten zur Kontrolle der Versuchspflanzen und der Feuchteregime
2023	28.02.2023	28.02.2023	LWK Südniedersachsen, Schaumburg		x		Jan Tropf, Peter Gawehn	Probebaumfällungen Buche-Akut; Winterbonitur
2023	01.03.2023	02.03.2023	Diverse FÄ in Niedersachsen	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	02.03.2023	02.03.2023	FA Saalfeld- Rudolstadt, FA Heiligenstadt, FA Marksuhl		x		Jan Tropf, Josefine Oelze	Winterbonitur
2023	06.03.2023	08.03.2023	Diverse FOÄ in Niedersachsen, Thüringen, Sachsen- Anhalt	x			Joscha Menge, Janik Wulf (Praktikant)	Stichprobeninventur

2023	06.03.2023	06.03.2023	FA Weida, FA Jena-Holzland, FA Bad Berka		x		Jan Tropf, Josefine Oelze	Winterbonitur
2023	08.03.2023	08.03.2023	FA Oldendorf, Klosterforsten Obernkirchen		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller	Probebaumfällungen Buche-Akut; Winterbonitur
2023	09.03.2023	10.03.2023	FA Jena, Sangerhausen	x			Joscha Menge, Janik Wulf (Praktikant)	Stichprobeninventur
2023	15.03.2023	15.03.2023	FA Saalfeld	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	17.03.2023	17.03.2023	diverse FO in Nord-Thüringen, Hainich, Hessen	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	20.03.2023	20.03.2023	Thüringer Wald und Rhön	x			Joscha Menge, Marion Mundhenk	Stichprobeninventur
2023	22.03.2023	24.03.2023	Harz	x			Marion Mundhenk, Joscha Menge	Stichprobeninventur
2023	28.03.2023	30.03.2023	Braunschweig	x			Joscha Menge	Nutzerkonferenz des Copernicus Netzwerkbüros Wald zum Thema: „Schaderkennung mit Fernerkundung in der Anwendung“ Thünen-Institut
2023	03.04.2023	06.04.2023	Hainich, Rhön, Spessart	x			Joscha Menge, Luca Ullrich (Praktikant)	Stichprobeninventur
2023	11.04.2023	28.04.2023	Hessen, Weserbergland, Hann. Münden	x			Joscha Menge, Vamsi Golla (Werkvertragsnehmer)	Stichprobeninventur
2023	21.04.2023	21.04.2023	FA Hersfeld (Hessen)	x			Marion Mundhenk, Luca Ullrich (Praktikant)	Stichprobeninventur
2023	27.04.2023	27.04.2023	FA Jena-Holzland	x			Marion Mundhenk, Martina Mund, Ingolf Profft	ANW Frühjahrsexkursion
2023	02.05.2023	05.05.2023	Göttingen, Harz (ST)	x			Joscha Menge, Vamsi Golla (Werkvertragsnehmer)	Stichprobeninventur

2023	10.05.2023	11.05.2023	Würzburg	x	x	Joscha Menge, Martina Mund, Jan Tropf, Gitta Langer	Wissenschaftliche Buchentagung
2023	31.05.2023	31.05.2023	FA Hann. Münden (Niedersachsen)	x		Joscha Menge	Einweisung Verjüngungsinventur
2023	21.06.2023	21.06.2023	Georgenthal	x		Joscha Menge, Marion Mundhenk, Sarah Schulze (Werkvertragsnehmerin)	Bundesschulung Waldzustandserhebung
2023	10.07.2023	04.08.2023	Hessen, Niedersachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt	x		Joscha Menge, Sarah Schulze (Werkvertragsnehmerin)	Einrichtung Untersuchungsflächen, Sommerbonitur
2023	13.07.2023	13.07.2023	HMS Possen	x		Marion Mundhenk, Sven Merten (FB Umweltmonitoring)	Sommerbonitur
2023	27.07.2023	27.07.2023	WMS Hainich	x		Marion Mundhenk, Sven Merten (FB Umweltmonitoring)	Sommerbonitur
2023	27.07.2023	27.07.2023	FA Reinhardshagen, Realgemeindeforst Bühren		x	Jan Tropf, Tim Baroth	Verjüngungsentnahme
2023	27.07.2023	27.07.2023	FA Nienburg		x	Peter Gawehn	Sommerbonitur
2023	02.08.2023	02.08.2023	FA Bad Berka, Revier Bad Berka	x		Marion Mundhenk, Ingolf Profft, Rene Würdehoff, Steffen Koch (Revierleiter)	Vorbereitung / Flächenbegang für Schulung
2023	04.08.2023	04.08.2023	FA Reinhardshagen, Realgemeindeforst Bühren		x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur, Entnahme
2023	07.08.2023	07.08.2023	FA Schotten, FA Neukirchen		x	Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen

2023	10.08.2023	10.08.2023	FA Frankenberg-Vöhl, FA Melsungen		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen
2023	14.08.2023	14.08.2023	FA Hann. Münden		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen
2023	15.08.2023	15.08.2023	Klosterforsten Obernkirchen		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen
2023	18.08.2023	18.08.2023	FA Jesberg		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller	Sommerbonitur
2023	21.08.2023	21.08.2023	FA Weida, FA Jena- Holzland, FA Bad Berka		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur
2023	22.08.2023	22.08.2023	FA Marksuhl, FA Saalfeld-Rudolstadt, FA Leinefelde,		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen (Saalfeld- Rudolstadt & Leinefelde)
2023	23.08.2023	23.08.2023	FA Heiligenstadt, Revier Geney	x			Marion Mundhenk, Ingolf Profft, Martina Mund, Joscha Menge, Alexander Ross (Praktikant), Ulrich Breitenstein (Revierleiter)	Vorbereitung / Flächenbegang für Schulung
2023	28.08.2023	28.08.2023	FA Oldendorf, LWK Südniedersachsen, Schaumburg		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen
2023	30.08.2023	30.08.2023	FA Hessisch Lichtenau, FA Heiligenstadt, FA Leinefelde		x		Jan Tropf, Josefine Oelze, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur, Entnahme Verjüngungspflanzen
2023	11.09.2023	13.09.2023	Dresden/Freital	x	x		Ingolf Profft, Martina Mund, Joscha Menge, Jan Tropf	Forstwissenschaftliche Tagung 2023 in Dresden
2023	14.09.2023	14.09.2023	FA Heiligenstadt, Revier Geney + Dingelstädt	x	x		Marion Mundhenk, Ingolf Profft, Martina	Schulung Buche-Akut

							Mund, Joscha Menge, Gitta Langer	
2023	20.09.2023	20.09.2023	Leuna	x			Joscha Menge	Mitteldeutsches Laubholzgespräch, gemeinsame Veranstaltung von Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, Staatsbetrieb Sachsenforst und ThüringenForst AÖR
2023	27.09.2023	27.09.2023	FA Bad Berka, Revier Bad Berka	x	x		Marion Mundhenk, Ingolf Profft, Martina Mund, Joscha Menge	Schulung Buche-Akut
2023	04.10.2023	04.10.2023	Gewächshaus NW- FVA in Vaake		x		Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Bonitur und Vermessung Versuchspflanzen Infektionsversuch <i>Biscogniauxia</i> spp.
2023	09.10.2023	09.10.2023	Gewächshaus NW- FVA in Vaake		x		Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth, Johanna Bußkamp	Auflösung Infektionsversuch <i>Biscogniauxia</i> spp.
2023	12.10.2023	12.10.2023	FA Jesberg, FA Neukirchen		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	13.10.2023	13.10.2023	FA Nienburg, Realgemeindeforst Bühren		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	15.10.2023	15.10.2023	FA Jesberg		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Prakash Basnet	Auswahl und Scan Versuchsbaum
2023	18.10.2023	18.10.2023	FA Heiligenstadt, FA Marksuhl		x	x	Jonas Niemöller, Tim Baroth, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	19.10.2023	19.10.2023	FA Schotten		x	x	Jonas Niemöller, Tim Baroth, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	04.11.2023	04.11.2023	Göttingen, Aufnahmestudio ForstErklärt	x			Ingolf Profft, Team ForstErklärt (Unterauftragnehmer)	Aufzeichnung Gastbeitrag im Podcast von ForstErklärt
2023	14.11.2023	14.11.2023	FA Hann. Münden, Labor Phytopathologie NW-FVA		x		Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth, Steffen Bien, Gitta Langer, Dörte von Stünzner	Filmaufnahmen Buche-Akut, Teilvorhaben 2 für Social Media

2023	30.11.2023	30.11.2023	Göttingen, Aufnahmestudio ForstErklärt	x	x	x	Kirsten Fritz (geb. Höwler), Gitta Langer, Joscha Menge, Dominik Seidel, Jan Tropf, Team ForstErklärt (Unterauftragnehmer)	Aufzeichnung Podcastfolgen 1-4 der BucheAkut- Podcastreihe, inkl. Intros und Outros, mit professioneller Unterstützung von ForstErklärt
2023	12.12.2023	12.12.2023	FA Jesberg, FA Neukirchen		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	13.12.2023	13.12.2023	FA Nienburg, Realgemeindeforst Bühren		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	15.12.2023	15.12.2023	FA Jesberg		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Prakash Basnet	Auswahl und Scan Versuchsbäum
2023	15.12.2023	15.12.2023	WMS Possen	x			Joscha Menge, Dörte Stützner (Unterauftragnehmerin)	Dreharbeiten für Kurzvideos
2023	18.12.2023	18.12.2023	FA Heiligenstadt, FA Marksuhl		x	x	Jonas Niemöller, Tim Baroth, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	19.12.2023	19.12.2023	FA Schotten		x	x	Jonas Niemöller, Tim Baroth, Prakash Basnet	Auswahl und Scan von Versuchsbäumen
2023	20.12.2023	20.12.2023	Göttingen, Aufnahmestudio ForstErklärt	x		x	Martina Mund, Dominik Seidel, Jan Hüsing (ForstErklärt, Unterauftragnehmer)	Absprache und Aufzeichnung Einführungs-Podcastfolge für BucheAkut- Podcastreihe mit professioneller Unterstützung von ForstErklärt
2024	11.01.2024	11.01.2024	FA Marksuhl		x	x	Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth, Prakash Basnet	Fällung Versuchsbäum und Winterbonitur
2024	16.01.2024	16.01.2024	FA Jesberg		x		Jan Tropf, Jonas Niemöller, Tim Baroth	Fällung Versuchsbäume und Winterbonitur
2024	19.01.2024	19.01.2024	FA Reinhardshagen, FA Hann. Münden		x		Jan Tropf, Jonas Niemöller	Winterbonitur

2024	30.01.2024	30.01.2024	Frielendorf		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf	Probebaumfällung, Winterbonitur (K8)
2024	02.02.2024	02.02.2024	Harste	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath, Prakash Basnet	Bonitur & Scan Level-II Harste
2024	01.02.2024	01.02.2024	Schotten		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf, Tim Baroth	Probebaumfällung (K3)
2024	06.02.2024	06.02.2024	Bühren		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf, Tim Baroth	Probebaumfällung, Winterbonitur (K11)
2024	07.02.2024	07.02.2024	Solling	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath, Prakash Basnet	Bonitur & Scan IP02, IP03
2024	05.02.2024	05.02.2024	Dingelstädt		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf, Tim Baroth	Probebaumfällung, Winterbonitur (K17)
2024	08.02.2024	08.02.2024	Bruchhausen-Vilsen		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf	Probebaumfällung, Winterbonitur (K15)
2024	09.02.2024	09.02.2024	Hann. Münden		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf	Winterbonituren (K9, K11)
2024	13.02.2024	13.02.2024	Solling	X		X	Joscha Menge, Lilith Ickrath,	Bonitur Level II Solling. Scanner defekt
2024	14.02.2024	14.02.2024	Bad Berka	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath,	Bonitur und Probebaumauswahl K23
2024	21.02.2024	21.02.2024	Weimar/Bad Berka	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath, Prakash Basnet	Bonitur und MLS und TLS auf K23 K24 und K18
2024	22.02.2024	22.02.2024	Weimar	x	X	x	Jonas Niemöller, Jan Tropf, Tim Baroth, Joscha Menge, Lilith Ickrath	Probebaumfällung (K23), Bonitur und Baumauswahl auf K22, K21
2024	23.02.2024	23.02.2024	Melsungen, Withenhausen	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath	Bonitur & Scan K4 und K7 auf IP1 Nur Bonitur da zu windig
2024	26.02.2024	26.02.2024	Buchbach, Gera, Poxdorf, Tautenburg	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath	Bonitur & Scan K20, K21, IP16, K22
2024	27.02.2024	27.02.2024	Hamel	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath, Prakash Basnet	Bonitur & Scan K12. K13, K14, K16

2024	28.02.2024	28.02.2024	Hofgeismar, Zierenberg	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath	Bonitur & Scan K01, Zierenberg
2024	29.02.2024	29.02.2024	Bad Orb, Lampertheim, Krofdorf, Frankenberg	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath	Bonitur & Scan Level-II Spessart, Lampertheim, Krofdorf, K2
2024	29.02.2024	29.02.2024	Melsungen, Witzenhausen, Dingelstädt		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf	Winterbonituren (K7, K4, K17)
2024	01.03.2024	01.03.2024	Kellerwald-Jesberg	X		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath	Bonitur & Scan Kellerwald, IP13, IP14
2024	04.03.2024	04.03.2024	Hann. Münden, Bad Alsfeld, Meiningen	x		x	Joscha Menge, Lilit Ickrath	Bonitur & Scan K9, K10, IP12, IP11
2024	05.03.2024	05.03.2024	Meiningen, Vessertal, Hainich-GTH	x		x	Joscha Menge, Lilith Ickrath	Bonitur & Scan IP09, Vessertal, IP15, Hainich
2024	12.03.2024	12.03.2024	Possen, Nordhausen, Thale, Celle	x			Joscha Menge	Nur Bonitur IP04, L2 Possen, L2 Harz, IP10
2024	13.03.2024	13.03.2024	Celle, Unterlüss, Hameln	x			Joscha Menge	Nur Bonitur L2 Luess, IP07, IP06
2024	13.03.2024	13.03.2024	Gera, Tautenburg		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf, Tim Baroth	Probebaumfällung, Winterbonitur (K21, K22)
2024	08.03.2024	08.03.2024	Uslar, Harste		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf	Auswahl von Wildlingen für Infektionsversuch
2024	19.03.2024	19.03.2024	Uslar, Harste		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth, Daniel Gaunitz, Martina Hille	Werben von Wildlingen für Infektionsversuch
2024	15.07.2024	24.07.2024	Gesamtes Untersuchungsgebiet	x			Joscha Menge, Emma Trostmann	Sommerbonituren auf allen 16 IP
2024	18.07.2024	18.07.2024	Schotten, Frielendorf		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K8, K3)
2024	19.07.2024	19.07.2024	Hann. Münden, Bühren		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K9, K10, K11)
2024	22.07.2024	23.07.2024	Weimar, Tautenburg, Gera, Gräfenthal,		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K4, K19 – K23)

			Eisenach, Witzenhausen					
2024	26.07.2024	26.07.2024	Reinhardshagen		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur (K1)
2024	29.07.2024	29.07.2024	Bruchhausen-Vilsen, Bad Eilsen		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K15, K16)
2024	31.07.2024	31.07.2024	Frankenberg, Jesberg		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K2, K5, K6)
2024	01.08.2024	01.08.2024	Melsungen		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonitur (K7)
2024	05.08.2024	05.08.2024	Hessisch Oldendorf, Auental		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K12 – K14)
2024	06.08.2024	06.08.2024	Dingelstädt, Leinefelde, Helbedündorf		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Sommerbonituren (K17, K18, K24)
2024	08.08.2024	08.08.2024	Gräfenthal		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Begutachtung Windwurf & Probenahme (K20)
2024	23.08.2024	23.08.2024	Hann Münden	x			Emma Trostmann, Martina Mund	Vorbereitung Praxisseminar Hann.M.
2024	12.12.2024	12.12.2024	Hann. Münden		X		Jonas Niemöller, Jan Tropf, Steffen Bien	Probenahme, Winterbonitur (K9, K10)
2024	19.12.2024	19.12.2024	Bühren		X		Jonas Niemöller, Tim Baroth	Winterbonitur K11
2024	Zwischen März und Oktober wöchentliche Fahrten ans Gewächshaus für den Diplodia Infektionsversuch		Vaake		X		Jonas Niemöller, oder Tim Baroth, oder Xn Tropf	Kontrolle der Feuchtwerte der infizierten Probepflanzen und Anpassung der Tröpfchenbewässerung