

Schlussbericht zum Vorhaben

Thema:

FraxConnect

Zuwendungsempfänger:

**Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt
Baden-Württemberg**

Förderkennzeichen:

2219WK19X4

Laufzeit:

01.09.2020 bis 31.05.2024

Datum der Veröffentlichung:

11.09.2024



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

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 und nukleare Sicherheit (BMU) 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

I	Ziele	1
1	Ausgangslage	1
2	Stand der Technik	3
3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
II	Ergebnisse	8
AP 1:	Koordination und Kommunikation; intern und extern	8
1	Technische Maßnahmen	8
2	Organisatorische Maßnahmen.....	9
3	Erfahrungen	13
AP 2:	Ökonomische Analyse – Entscheidungs- und Anpassungshilfen	17
1	Analyse der monetären Folgen des Eschentriebsterbens	17
1.1	Waldwachstumskundliche Simulationen.....	17
1.1.1	Mortalität von ETS-betroffenen Beständen.....	20
1.2	Monetäre Bewertung der Modellbestände	24
1.3	Berechnung des jährlichen Holzproduktionswerts der Modellbestände	29
2	Ergebnisse der Analyse der monetären Folgen des Eschentriebsterbens.....	29
2.1	Vorratsentwicklung.....	30
2.2	Entwicklung des Mitteldurchmessers.....	31
2.3	Bruttoerlös	32
2.4	Erntekosten	33
2.5	Erntekostenfreier Erlös	34
2.6	Annuitätsverlauf	35
3	Einordnung der verwendeten Methoden, Verfahren und Ergebnisse.....	38
3.1	Waldwachstumskundliche Simulation.....	38
3.2	Mortalitätsmodell	38
3.3	Monetäre Bewertung der Modellbestände	40
3.4	Ergebnisse	40
4	Entscheidungsunterstützungsinstrument – monetäre Folgen des Eschentriebsterbens.....	42
4.1	Technische Umsetzung	42
4.2	Benutzeroberfläche	45
5	Analyse der nicht-monetären Folgen des Eschentriebsterbens	49
5.1	Referenzpunktmethodik	49
6	Ergebnisse der Analyse der nicht-monetären Folgen des Eschentriebsterbens.....	52
6.1	Ökosystemleistungen ohne Einfluss des Eschentriebsterbens	52
6.2	Ökosystemleistungen unter Einfluss des Eschentriebsterbens	54
7	Einordnung der verwendeten Methoden, Verfahren und Ergebnisse.....	55
7.1	Referenzpunktmethodik	55
7.2	Ergebnisse	56

8	Entscheidungsunterstützungsinstrument – nicht-monetäre Folgen des Eschentriebsterbens.....	56
8.1	Technische Umsetzung	57
8.2	Benutzeroberfläche	57
9	Zusammenfassung.....	58
	AP 3: Wissenstransfer und Strategieentwicklung	60
	AP 4: Beiträge zu den Unterverbänden 2, 3 und 5.....	62
	AP 5: Datenbank.....	63
1	Datenbankenwicklung.....	63
2	Empfehlungen	66
III	Verwertung	67
1	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten	67
2	Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten	67
3	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit.....	68
4	Erkenntnisse von Dritten	68
IV	Veröffentlichungen	69
	Literaturverzeichnis	71

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Forschungsverbünde.....	9
Abbildung 2: Grundüberlegung zur Bewertung der ökonomischen Folgen des ETS	17
Abbildung 3: Mortalitätsverlauf des Eschentriebsterbens (Bestandesalter > 30 Jahre).....	22
Abbildung 4: Prozessablauf der Simulation von Eschenbeständen mit und ohne Einfluss des ETS.....	23
Abbildung 5: Prozentualer Industrieholzanteil des Holzeinschlages vor und nach Eintritt des ETS	25
Abbildung 6: Holzerntekosten für die Aufarbeitung des anfallenden Hiebvolumens ohne ETS.....	28
Abbildung 7: Beispiel für die Vorratsentwicklung des verbleibenden Bestandes ohne ETS	30
Abbildung 8: Vorratsentwicklung des verbleibenden Bestandes mit ETS	30
Abbildung 9: Entwicklung des Mitteldurchmessers des verbleibenden Bestandes ohne ETS.....	31
Abbildung 10: Entwicklung des Mitteldurchmessers des verbleibenden Bestandes mit ETS	31
Abbildung 11: Entwicklung Bruttoerlöses des verbleibenden Bestandes ohne ETS.....	32
Abbildung 12: Entwicklung Bruttoerlöses des verbleibenden Bestandes mit ETS	33
Abbildung 13: Entwicklung der Erntekosten des verbleibenden Bestandes ohne ETS	33
Abbildung 14: Entwicklung der Erntekosten des verbleibenden Bestandes mit ETS	34
Abbildung 15: Entwicklung des Erntekostenfreien Erlöses des verbleibenden Bestandes ohne ETS.....	34
Abbildung 16: Entwicklung des erntekostenfreien Erlöses des verbleibenden Bestandes mit ETS	35
Abbildung 17: Annuitätsverlauf ohne ETS	36
Abbildung 18: Annuitätsverlauf mit ETS	36
Abbildung 19: Übersicht über die Entwicklung des jährlichen Holzproduktionswerts (Annuität).....	37
Abbildung 20: Schematischer Aufbau des Tools zur Analyse der monetären Folgen des ETS	43
Abbildung 21: Front End und Back End des Tools	45
Abbildung 22: Startseite des Analysetools für die monetäre Analyse des ETS	46
Abbildung 23: Startseite -Parametereinstellung	46
Abbildung 24: Ergebnisansicht – Annuitätenrechner	47
Abbildung 25: Ergebnisansicht – Bestandesentwicklung	48
Abbildung 26: Ergebnisansicht – Ergebnisgraphiken (Auszug).....	48
Abbildung 27: Erfüllungsgrade der Baumart Esche für die betrachteten ÖSL	52
Abbildung 28: Einfluss der Flächengewichtung auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL	53
Abbildung 29: Einfluss des Diversifizierungseffekts auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL.....	53
Abbildung 30: Auswirkungen des ETS auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL nach 10 Jahren.....	54
Abbildung 31: Auswirkungen des ETS auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL nach 30 Jahren.....	55
Abbildung 32: Schematischer Aufbau des Tools zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS.....	57
Abbildung 33: Oberfläche des Tools zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS	58
Abbildung 34: Ankündigung des Seminars der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.....	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der fachübergreifenden Themen in der Online-Reihe „Wen's betrifft“	11
Tabelle 2: Basiseinstellungen bei der waldwachstumskundlichen Simulation der Modellbestände	18
Tabelle 3: Beispiel für die Überführung der Durchforstungsstärke in prozentuale Eingriffsintensitäten	19
Tabelle 4: Eingriffsstärken der drei Szenarien für Bestände der dGz-Stufe 6.....	19
Tabelle 5: Eingangsgrößen und verwendeten Studien zur Berechnung des Mortalitätsverlauf des ETS.....	21
Tabelle 6: Beispielhafter Mortalitätsverlauf eines 50-jährigen Eschenbestands der dGz-Stufe 6.....	23
Tabelle 7: Aushaltungsbesonderheiten bei der Verwendung des Programms Holzernte 8.2	24
Tabelle 8: Sortieranweisung bei der Verwendung des Programms Holzernte 8.2.....	25
Tabelle 9: Güteverteilung vor und nach Eintritt des ETS.....	26
Tabelle 10: Verwendete Holzpreise	26
Tabelle 11: Verwendete Teilarbeiten	27
Tabelle 12: Vergleich der durchschnittlichen Erntekosten der verschiedenen Modellvarianten mit den gemittelten Erntekosten aus dem Testbetriebsnetz BMEL	27
Tabelle 13: Holzerntekosten für Bestände mit und ohne ETS.....	28
Tabelle 14: Werte eines 50-jährigen Ausgangsbestand der dGz-Stufe 7	29
Tabelle 15: Übersicht über die Herkunft der ausgewerteten Forsteinrichtungsdaten	42
Tabelle 16: Bestandesweise hinterlegte Datensätze.....	44
Tabelle 17: Quellen für die für die Einschätzung der Baumarteneignung und betrachtete Bezugsgrößen ..	49
Tabelle 18: Eignung der Bestandestypen zur Erfüllung der Ökosystemleistungen.....	50
Tabelle 19: Risikowerte der Baumarten.....	51
Tabelle 20: Baumartenzusammensetzung fiktiver Forstbetriebe	54
Tabelle 21: Datenbankstruktur mit Schemata und Erläuterungen.....	64

I Ziele

1 Ausgangslage

Vor dem Hintergrund der wachsenden Auswirkungen des Klimawandels sowie der steigenden Anforderungen an die Funktionen des Waldes in Deutschland stellt die Planung forstlicher Maßnahmen eine zunehmend komplexe Aufgabe dar. Vielerorts wird die Entscheidungsfindung durch die Etablierung gebietsfremder Arten oder Pathogene wie dem Erreger des Eschentriebsterbens (ETS) - *Hymenoscyphus fraxineus* - zusätzlich erschwert. Aufgrund der existenziellen Bedrohung der Baumart Esche durch diesen Erreger wurde das Demonstrationsvorhaben „FraxForFuture“ ins Leben gerufen. Dieses Verbundvorhaben hat das Ziel, den Erhalt der Wirtschaftsbaumart Esche zu ermöglichen.

Das Eschentriebsterben ist hierbei durch zwei Symptom-Gruppen charakterisiert: (1) das namensgebende Absterben von Trieben in der Krone von außen nach innen und (2) Stammfußnekrosen in Verbindung mit Fäuleerscheinungen an Stammfuß und Wurzelwerk. In Kombination führen diese Symptome häufig zum Absterben der betroffenen Bäume.

Aufgrund der rasch fortschreitenden Befallsdynamik kann es insbesondere bei anfangs hohen Eschenanteilen zur Auflösung des Bestandesgefüges und nach Auflichtung zu einem dichten Bewuchs mit Gräsern, krautigen Pflanzen und Sträuchern kommen. Hohe Mortalitätsraten, vorzeitige Entnahmen mit schwächeren, weniger wertvollen Holzsortimenten, die Notwendigkeit vorzeitiger Verjüngung geschädigter Flächen sowie ein steigender Aufwand für Maßnahmen der Verkehrs- und Arbeitssicherheit wirken sich letztendlich sehr negativ auf das Betriebsergebnis betroffener Forstbetriebe und Waldbesitzer aus. Gleichzeitig hat das ETS aufgrund der ökologischen Bedeutung der Esche weitreichende Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft eschenreicher Wälder. Die stärksten Folgen ergeben sich für Tier- und Pflanzenarten, die direkt oder indirekt auf die funktionalen Eigenschaften der Esche angewiesen sind. Insbesondere in vormals eschenreichen Beständen hat dies erhebliche negative Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen betroffener Bestände. Hierzu zählen bspw. Bodenschutz, Wasserrückhalt sowie Kohlenstoffspeicherung.

Das Verbundvorhaben FraxForFuture war in verschiedene Einzelvorhaben aufgeteilt. Der vorliegende Abschlussbericht stellt das Ergebnis des Teilprojekts „FraxConnect“ dar, welches als zweigeteiltes Vorhaben in fünf Arbeitspakete gegliedert war:

- AP 1 Koordination und Kommunikation
- AP 2 Ökonomische Analyse - Entscheidungs- und Anpassungshilfen
- AP 3 Wissenstransfer und Strategieentwicklung
- AP 4 Beiträge zu den Unterverbänden 2, 3 und 5
- AP 5 Datenbank

Mit dem Verlängerungs- und Aufstockungsantrag vom 07.07.2022 wurde der ursprüngliche Arbeitsplan angepasst. Die beiden thematischen Schwerpunkte wurden an der FVA Baden-Württemberg von zwei Abteilungen bearbeitet. Die AP 1, 4 und 5 oblagen einschließlich der Gesamtleitung des Demonstrationsvorhabens der

Abteilung Waldschutz (Jörg Grüner, Fachgebiet Phytopathologie; Bearbeitung Feray Steinhart und Tim Burzlaff). Die Abteilung Forstökonomie hat AP 2 und 3 bearbeitet (Bearbeitung: Aaron Westhauser und Martin Jacobs). Alle Bearbeitenden waren an der Berichtserstellung und an Nachbeantragungen beteiligt.

Im Rahmen der **Projektkoordination** wurde eine intensive Vernetzung der Teilprojekte aus den Bereichen Forstpathologie, Forstpflanzenzüchtung, Monitoring, Waldbau und Virologie hergestellt und damit weitreichende Synergien geschaffen. Zudem erfolgten Organisation, Planung und Dokumentation der regelmäßigen Treffen des Koordinationskreises, bestehend aus allen Unterverbündleitenden mit Stellvertretungen. Die Teilnahme an Treffen der Unterverbünde diente der Sicherung von Informationen und Informationsweitergabe, z.B. im Zuge der Erstellung von Zwischenberichten.

Zu den **Kommunikationsaufgaben** zählte der Kontakt mit dem Projektträger (insbesondere den fachlichen Bearbeiter:innen/Referent:innen und der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit). Damit war FraxConnect regelmäßig Ansprechpartner für den Projektträger und Multiplikator in das Gesamtvorhaben hinein. Zur Information der allgemeinen und fachlichen Öffentlichkeit zum Projekt allgemein und zu den einzelnen Teilvorhaben wurde eine Webseite entwickelt, die auch zur Präsentation der Ergebnisse (wissenschaftliche Veröffentlichungen, Medienbeiträge, Abschlussarbeiten) genutzt wurde; über ein Kontaktformular war die Kontaktaufnahme mit FraxForFuture möglich. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurden Anfragen von SWR und ARD für Beiträge in Funk und Fernsehen bearbeitet; auch ein Beitrag für die Gartenschau Balingen wurde von FraxConnect in Zusammenarbeit mit FraxPath (TV 4.3) entwickelt und realisiert.

Für das AP 3 **Wissenstransfer** wurden von FraxConnect mehrere Veranstaltungen geplant und durchgeführt:

- a) projektintern die Online-Reihe und das Präsenztreffen in Kassel, der Praxistransferworkshop und die Abschlussveranstaltung
- b) für ein größeres Publikum ein FVA-Kolloquium (online) und die Wissenschaftliche Tagung in Präsenz in Göttingen im Rahmen der Deutschen Pflanzenschutztagung einschließlich des Tagungsbands

Bei verschiedenen Tagungen und anderen Veranstaltungen lieferte FraxConnect auch inhaltliche Beiträge (FoWiTa, IUFRO, Waldklimafonds-Themennachmittag, Waldklimafonds-Kongress, FraxForFuture-Statusseminar). Wichtige inhaltliche und koordinierende Aufgaben hat FraxConnect im Rahmen der Handlungsempfehlung in Zusammenarbeit mit FraxSilva und FraDiv übernommen. Dazu gehörten der Praxistransferworkshop, die Einbindung der Praxisvertreter:innen oder die Kommunikation mit dem Projektträger bzw. der Agentur bei der technischen Umsetzung.

Im AP 4 wurden zusammen mit anderen Teilvorhaben der FVA zwei Untersuchungsflächen in Baden-Württemberg eingerichtet. Hier hat FraxConnect insbesondere verschiedene Ausschreibungen und Vergaben (Zaunbau auf IBF) für FraxMon übernommen. Außerdem gab es Unterstützung bei der Flächeneinrichtung der IBF.

Im Verlauf der Projektlaufzeit kam mit dem AP 5 die Erstellung einer webbasierten **Datenbank** für das Gesamtvorhaben hinzu. Dazu wurden unter anderem die Ausschreibung vorbereitet und durchgeführt, Geldmittel eingeworben (insbesondere Restmittel bei den übrigen Teilvorhaben aber auch eine Aufstockung bei der FNR), die Einarbeitung in das gewählte Datenbankformat PostgreSQL vorgenommen, ein Datenbankmodell erstellt, die Datentypen bei den Teilprojekten erhoben und schließlich die Programmierung durch einen externen Auftragnehmer koordiniert und begleitet.

Die Durchführung der **ökonomischen Analyse** war Inhalt des AP 2. Bisherige Forschungen zum ETS legten den Schwerpunkt unter anderem zunächst auf den unmittelbaren waldbaulichen Umgang mit den Folgen des ETS, während die ökonomischen wie auch ökologischen Folgen des ETS aus forstbetrieblicher Sicht noch nicht systematisch und wissenschaftlich erforscht worden waren. Für Forstbetriebe mit hohen Anteilen der Baumart Esche, insbesondere im Privat- und Kommunalwald, sind die Folgen weitgehender Ausfälle der Baumart allerdings von höchster Bedeutung. Hinzu kommt, dass klassische forstliche Planungswerkzeuge vor dem Hintergrund des ETS an Gültigkeit verlieren. Neben der Analyse der ökonomischen wie auch ökologischen Folgen des ETS auf Forstbetriebsebene ist somit die Entwicklung neuer Instrumente, die Forstbetriebe im Umgang mit den Folgen des ETS unterstützen, von besondere Bedeutung. Ein nützliches Planungswerkzeug können dabei sogenannte Entscheidungsunterstützungssysteme (Decision Support Systems, DSS) sein. Visualisierenden DSS kommen dabei eine besondere Bedeutung zu, da durch die Selektion, Umwandlung, Modellierung und Berechnung komplexer Aspekte Entscheidungsträgern zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt werden, und der Entscheidungsprozess so maßgeblich unterstützt werden kann.

Im Rahmen des AP 2 steht unter anderem die Analyse der sich ergebenden monetären und nicht-monetären Konsequenzen des ETS auf Betriebsebene im Mittelpunkt. Weiterhin soll ein für den deutschen Raum gültiges DSS entwickelt werden, das die betroffenen Betriebe, insbesondere im Privat- und Kommunalwald, dabei unterstützt, die monetären wie auch nicht-monetären Folgen des ETS fallbezogen einzuordnen. Die Integration der entwickelten DSS in die Entscheidungsfindung soll hierbei zu einem optimierten und wissenschaftlich fundierten Umgang mit den Folgen des ETS beitragen.

2 Stand der Technik

Im Rahmen der Projektkoordination erfolgte eine intensive Nutzung verschiedenster digitaler Plattformen und Kanäle für den Gesamtverbund oder als Werkzeuge im alltäglichen Arbeiten:

- Nextcloud mit 25 GB Speicherplatz für Dokumentenaustausch (Unterverbünde und Teilvorhaben) und Ablage von Besprechungsprotokollen sowie allgemeingültigen Dokumenten
- Videokonferenzplattform „Webex“ (Lizenz durch FVA Baden-Württemberg)
- Webbasierter Kalender entwickelt von der Teamup Solutions AG (<https://www.teamup.com/>, kostenfreie Version) Unterkalender: Meetings, Tagungen, Feldarbeit, Bonituren, Befliegungen
- Digitales Whiteboard „Miro“ (<https://miro.com/de/>, kostenfreie Version mit nur einem Zugang) für die Vorbereitung und Strukturierung von Besprechungen, Veranstaltungen sowie zur Protokollierung während Besprechungen
- Plattform zur Einbindung von Publikum „Mentimeter“ (<https://www.mentimeter.com/>, kostenfreie Version) für die Abstimmung bei der wissenschaftlichen Tagung am 27.09.2023
- Professionelle Onlinebefragung SoSci Survey (<https://www.soscisurvey.de/>, kostenfreie Version) für die Rückmeldungen aus FraxForFuture zu den praxisrelevanten Empfehlungen
- Projektwebseite www.fraxforfuture.de: Typo3 CMS – freies Content-Management-System für Websites (Erstellung und Verwaltung durch Auftragnehmer WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR)
- Datenbankverwaltung und SQL-Client-Softwareanwendung „DBeaver“ (<https://dbeaver.io/>, kostenfreie Version) für das Backend der FraxForFuture Datenbank

- Dokumentation der Datenbankentwicklung mit dem Auftragnehmer WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR durch Nutzung von „Confluence“ (Atlassian, Lizenz von WWL)

Im Bereich der monetären Bewertung und des forstbetrieblichen Managements kann die Abteilung Forstökonomie und Management auf eine mehr als 30-jährige Tradition verweisen. Es liegen umfangreiche Erfahrungen im Themenkomplex von Opportunitätskosten von naturschutzfachlich bedingten Restriktionen vor. So konnte beispielsweise auf Methoden zur Bewertung von Schäden aus vorherigen Projekten wie FFH-Impact, ReForMa oder ViWalDi zurückgegriffen werden. Die Analyse der monetären und nicht-monetären Folgen des ETS erforderte somit nicht notwendigerweise die Entwicklung völlig neuer Analysemethoden. Vielmehr ging es darum, ein Verfahren zu entwickeln, das bestehende Methoden und Anwendungen kombiniert und damit die Analyse der Folgen des ETS ermöglicht. Nachfolgend werden daher zunächst einige Analysemethoden beschrieben, die bereits vor dem Projekt auch im forstlichen Kontext entwickelt wurden. Hierzu zählen:

- waldwachstumskundliche Simulationsmodelle
- Mortalitätsmodelle
- Modelle zur Berechnung von Volumen und Marktwerten des anfallenden Holzes
- monetäre Bewertungskonzepte zur Bewertung von Einschränkungen der forstlichen Produktion

Waldwachstumskundliche Simulationsmodelle

Mit waldwachstumskundlichen/waldbaulichen Simulationsmodellen lassen sich unterschiedliche Szenarien erstellen, die sich aus einer unterschiedlichen Behandlung von Beständen ergeben und unter waldbaulicher oder auch betrieblicher Sicht bewertet werden können.

Ein gängiges waldbauliches Simulationsmodell ist die Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung WEHAM. Basierend auf den Daten der jeweils aktuellen Bundeswaldinventur werden Holzaufkommen und die künftige Waldentwicklung eingeschätzt. Des Weiteren beschäftigt sich WEHAM mit der Nachhaltigkeitsbewertung alternativer Waldbehandlungs- und Holzverwendungsszenarien unter besonderer Berücksichtigung von Klima- und Biodiversitätsschutz. (Quelle: <https://www.weham-szenarien.de/>).

Auch der Waldwachstumssimulator SILVA der TU München ist ein bekannteres Simulationsmodell, mit dem sich die Auswirkungen verschiedener Behandlungsvarianten auf längere Zeiträume simulieren lassen. Mit dem Waldwachstumssimulator SILVA lassen sich verschiedene Waldumbau-Szenarien modellieren und so Durchforstungen sowie daraus resultierende Entwicklungen simulieren. So können Entscheidungen zur betrieblichen Entwicklung unterstützt werden. (Quelle: <https://www.waldwachstum.wzw.tum.de/forschung/modelle/silva/>)

Ein weiteres waldbauliches Simulationsmodell ist der „Forest Simulator“. Bei diesem Simulator handelt es sich um einen einzelbaumbasierten Simulator, der zur Prognose der Entwicklung einzelner Waldbestände geeignet ist. Aufgrund kleinteiliger Einstellungsmöglichkeiten ist es möglich, individuell Behandlungsstrategien umzusetzen und zu bewerten. Hinzu kommt, dass dieser Simulator durch eine Schnittstelle den Export und Import von Dateien ermöglicht. (Quelle: <https://www.nw-fva.de/veroeffentlichen/software/forestsimulator>)

Mortalitätsmodelle

Die Mortalität von Bäumen ist einer der Schlüsselprozesse in der Walddynamik. Da allerdings eine Vielzahl sich untereinander beeinflussender Faktoren an diesem Prozess beteiligt sind, ist es sehr schwierig, Mortalitätsprozesse abzubilden. Dennoch wurden in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene empirische (statische) Mortalitätsmodelle entwickelt, mit deren Hilfe Mortalitätsraten sowie die Mortalitätswahrscheinlichkeit berechnet werden können. Während Mortalitätsraten die Mortalität oftmals auf Bestandesebene mithilfe erhobener Daten analysiert, ist mit der Modellierung der Mortalitätswahrscheinlichkeit von Einzelbäumen auch eine Aussage über die zukünftige Entwicklung unter Berücksichtigung neuer oder sich ändernden Variablen möglich. Da es eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle gibt, wird im Folgenden lediglich auf zwei Modelle näher eingegangen.

Ein gängiges Verfahren zur Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit/Mortalitätswahrscheinlichkeit ist die Überlebensanalyse nach Kaplan-Meier, mit deren Hilfe die Zeit bis zum Eintritt eines bestimmten Ereignisses, z. B. das Absterben eines Baumes, analysiert werden kann. Mithilfe einer sogenannten Kaplan-Meier-Kurve wird dabei die Überlebensrate bzw. Mortalitätsrate grafisch dargestellt.

Ein weiteres Verfahren, das häufig zur Modellierung des Einflusses von Pathogenen auf Pflanzen angewandt wird, sind zwei oder drei parametrische zeitabhängige Modelle. Diese Modelle wurden bereits erfolgreich zur Modellierung von Nekrosen, die in Verbindung mit dem Eschentriebsterben auftreten, sowie zur Bestimmung des Mortalitätsverlaufs von Beständen unter Einfluss des ETS verwendet (Holb et al. 2005; Shearer et al. 2007; Enderle et al. 2017, Coker et al. 2019).

Modelle zur Berechnung von Volumen und Marktwerten

Für die wirtschaftliche Holzproduktion ist es von grundlegender Bedeutung, die bei einer Holzernte anfallenden Sortimente, deren Menge und Marktwerte sowie die bei der Aufarbeitung anfallenden Holzerntekosten richtig abschätzen zu können. Für die Sortierung, Voluminierung und Berechnung der Holzerntekosten liegen daher unterschiedliche computergestützte Modelle vor. Diese Modelle bedienen sich dabei meistens vorgelagerter Waldwachstumssimulationen, mit deren Hilfe Zeitreihen aufgebaut werden, woraus sich auf die Erwartungsmenge des Holzes und damit auf die Erträge schließen lässt. Bekannte Simulationsmodelle sind z. B. das Forstbetriebs-Simulationsmodell FBSM, oder WEHAM.

Weiterhin gibt es Modelle, mit deren Hilfe es möglich ist, die Einteilung von einzelnen Bäumen oder ganzen Beständen in verschiedenen Sortimente zu simulieren. Solche Sortierungssimulatoren, wie z.B. SorSim, sind in Kombination mit Holzerntemodellen, wie z.B. dem Holzernteproduktivitätsmodell HeProMo, ein wichtiges Hilfsmittel für die Vor- bzw. Nachkalkulation von Hieben und die nachgelagerte Holzvermarktung.

(Quellen: <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/forsttechnik-und-holzernte/kalkulationshilfen/der-sortierungssimulator-sorsim>; <https://www.wsl.ch/de/projekte/weiterentwicklung-des-planungsinstrumentshepromo-2021-2024/>)

Auch das Programm HOLZERNTTE bietet eine rechnergestützte Entscheidungshilfe für die Holzernte und Holzvermarktung. Das modular aufgebaute Programm enthält dabei vielfältige Möglichkeiten zur Einstellung der Sortenwahl und -aushaltung, der Güteanteile, der Holzpreise und der Lohnformen sowie der dazugehörigen Aufarbeitungsverfahren. Im Mittelpunkt steht die Herleitung des erntekostenfreien Erlöses. Das Programm ist

sowohl zu Herleitung der Grundlagen für das betriebliche Controlling als auch für Zwecke der Waldbewertung geeignet. (Quelle: <https://www.fva-bw.de/daten-tools/tools/programm-holzernte-82>)

Monetäre Bewertungsmethoden

Im Bereich der Waldbewertung gibt es eine Reihe Methoden, wie beispielsweise der Bewertung des Bestandeswerts mithilfe des Abtriebswerts, des Rentierungswerts, des Bestandeskostenwerts oder des Bestandserwartungswerts. Diese klassischen Verfahren sind allerdings vor dem Hintergrund eines Pathogenes und damit der Abweichung vom Normalzustand nur bedingt geeignet. Aufgrund der zunehmenden Anzahl an Umständen, die zu einer Einschränkung der forstlichen Produktion führen, wurden unterschiedliche Methoden zur monetären Bewertung dieser Einschränkungen entwickelt. Dem Ertragswertprinzip folgend kann beispielsweise mithilfe des Grenzpreises der zu erwartende zukünftige Nutzen einer Handlung bestimmt werden und somit mit dem Nutzen einer alternativen Handlung verglichen werden.

Eine weitere Methode zur Bewertung von Nutzungseinschränkungen stellt das Annuitätenkonzept nach Möhring und Rüping (2006) dar. Im Sinne einer Annuität wird hierbei der jährliche Holzproduktionswert in Euro je Hektar und Jahr ermittelt. Das Bewertungskonzept verfolgt dabei das Ziel, den Ertragsverlust als Folge von Abweichungen oder Störungen einer betriebswirtschaftlich optimalen Waldbewirtschaftung zu bestimmen.

Nicht-monetäre Bewertungsmethoden

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und den steigenden Anforderungen der Gesellschaft an die Multifunktionalität unsere Wälder gewinnt nicht nur die Bereitstellung, sondern auch die Bewertung von unterschiedlichen Ökosystemleistungen (ÖSL) an Bedeutung. Es ist mittlerweile Stand des Wissens, dass hierbei nicht von einer sogenannten Kielwassertheorie ausgegangen werden kann. Das heißt, dass zumindest teilweise die unterschiedlichen ÖSL in Wechselwirkungen zueinanderstehen und somit auch Zielkonflikte bestehen können.

Inzwischen gibt es eine Reihe von Methoden zur Bewertung vielfältiger Zielsetzungen unter Berücksichtigung multikriterieller Systeme. Eine Methode, die im forstlichen Bereich vermehrt Beachtung gefunden hat, ist die sogenannte Referenzpunkt-Methodik nach Estrella et al. (2014). Die Methodik wurde bereits von Knoke & Kienlein (2020) für den forstlichen Bereich adaptiert und angewendet.

3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Bei dem Projekt handelte es sich um ein Verbundprojekt. Eine sehr enge Zusammenarbeit erfolgte mit den Kolleg:innen von FraDiv, einem Projekt zur Bedeutung des Eschentriebsterbens für die Biodiversität von Wäldern und Strategien zu ihrer Erhaltung in Schleswig-Holstein. Das Projekt FraDiv hat an der FraxForFuture Online-Reihe teilgenommen und sich an zwei Terminen vorgestellt. Weiterhin war das Projekt an allen Arbeiten zum Praxistransfer beteiligt (Erarbeiten der Handlungsempfehlung, Praxisworkshop, wissenschaftliche Tagung). Der Workshop der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein wurde von FraDiv organisiert.

Für die Erstellung der Broschüre mit „Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben“ wurden verschiedene Praxisvertreter:innen eingebunden. Axel Pampe, Forstamtsleiter bei den Niedersächsischen Landesforsten, Forstamt Reinhausen, hat im Rahmen einer Exkursion in seinem Amtsbezirk in Eschenbestände wertvolle Einblicke und Diskussionsgrundlagen geliefert. Als geladener Gast beim Praxisworkshop sowie bei der wissenschaftlichen Tagung hat er wiederholt die notwendige Praxissicht dargestellt.

Er und weitere Praxisvertreter:innen haben im Rahmen der Lektoratsrunde wichtige Impulse für die Broschüre geliefert.

ForstBW, der Staatsforstbetrieb des Landes Baden-Württemberg, hat zwei Flächen in Baden-Württemberg für Untersuchungen in FraxForFuture zur Verfügung gestellt. Dankenswerterweise haben die Forstbezirke während der Projektlaufzeit auf forstbetriebliche Maßnahmen verzichtet und den Aufbau von Zäunen gestattet.

Das Team der Landesgartenschau Balingen hat eine Zusammenarbeit angefragt, weil im Bereich des Gartenschaugeländes Eschen gepflanzt wurden. Um die Besuchenden zu Esche und Eschentriebsterben zu informieren, wurde FraxConnect eine kleine Ausstellungsfläche in einem Pavillon zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen der ökonomischen Bewertung der Folgen des ETS und zur Erstellung des Entscheidungsunterstützungsinstruments wurden die Forsteinrichtungsdaten von bundesweit 14 Forstbetrieben ausgewertet. Zusätzlich erfolgte eine Umfrage bei einer Reihe von Forstbetrieben aus ganz Deutschland zu deren Erfahrung im Umgang mit Eschen, die von Stammfußnekrosen betroffen sind.

Das Entscheidungsunterstützungsinstrument zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS wurde bei zwei Forstbetrieben in Baden-Württemberg vorgestellt und die Forstbetriebe wurden in die Weiterentwicklung miteinbezogen.

II Ergebnisse

AP 1: Koordination und Kommunikation; intern und extern

Zur Umsetzung der Aufgaben hinsichtlich Koordination und Kommunikation wurden sowohl technische als auch organisatorische Maßnahmen entwickelt, aufgebaut bzw. umgesetzt. Aus den Maßnahmen lassen sich generelle Empfehlungen für zukünftige Vorhaben ableiten.

1 Technische Maßnahmen

Der **Cloudspeicher** wurde von FraxConnect unter Nutzung der Hardware, der Zugangsrechte und Regeln der FVA bzw. BitBW betrieben. Dadurch mussten Tätigkeiten zum Management des Speichers insb. Zugangsrechte für Dritte von FraxConnect übernommen werden. In der Grundausstattung des Cloudspeichers sind 5 GB enthalten. Dies hat sich als zu gering gezeigt. Bereits nach einigen Monaten wurde auf 25 GB erhöht. Für die Projekte zur Fernerkundung im Unterverbund FraxMon war selbst diese Größe nicht ausreichend. Die Forschungsprojekte haben mit großen Bilddaten gearbeitet, für die das IFF eine andere Lösung gefunden hat.

Insgesamt hat sich die gemeinsame und zentrale Verwaltung von Dateien als essentiell herausgestellt und die gemeinsame Arbeit vereinfacht. Selbstverständlich hat jede:r Kolleg:in parallel eine individuelle on-premise-Datenhaltung betrieben; offensichtliche Hemmnisse in der Zusammenarbeit sind dadurch aber nicht entstanden.

Nach Ende der Projektlaufzeit müssen nun Regelungen gefunden werden, die die dauerhafte Sicherung und Erreichbarkeit wichtiger Daten sicherstellen.

Terminkalender: Eine der ersten Initiativen von FraxConnect bezog sich auf die Einrichtung eines gemeinsamen Kalenders, um beispielsweise Probenahme-Termine im Feld oder online-Treffen transparent zu gestalten. Der Terminkalender wurde über einen externen, kostenfreien webbasierten Dienst organisiert (Teamup-Kalender) und war über den internen Bereich der Projektwebseite zugänglich. Da die Projektteilnehmenden sich zuerst im internen Bereich einloggen und anschließend den Link zum Kalender aufrufen mussten, schien die Überwindung zur Kalendernutzung hoch. Die meisten Termine wurden von FraxConnect hinterlegt. An diesem Beispiel zeigt sich, wie wichtig eine einheitliche gemeinsame Arbeitsumgebung für die Zusammenarbeit in einem verteilten Verbund ist. Der Kalender als solcher ist nur ein Beispiel, aber Funktionen wie Chat, permanent verfügbare Videokonferenz-Plattform, großer Cloudspeicher oder andere Dienste hingegen wären wichtig und hilfreich.

FraxConnect hat eine **Projektwebseite** erstellt (www.fraxforfuture.de) und dabei sowohl die redaktionelle Betreuung als auch die technische Umsetzung in einem Content-Management-System (Typo3) übernommen. Lediglich die Initialisierung des CMS und die laufende Wartung sowie sicherheitstechnische Aktualisierung erfolgte durch einen Dienstleister. Die Inhalte kamen von FraxConnect oder aus den einzelnen Teilvorhaben. Die zugelieferten Texte wurden von FraxConnect in enger Rücksprache mit den Teilvorhaben redaktionell aufbereitet. Dadurch bildet die Webseite eine stilistische Einheit. Inhaltliche Unschärfen in den Texten aus den Teilvorhaben bzw. missverständliche Formulierungen konnten von FraxConnect aufgrund eigener fachlicher Expertise identifiziert und ausgemerzt werden.

Über ein Kontaktformular war es möglich, Nachrichten an FraxForFuture zu schreiben. Diese wurden von FraxConnect entweder direkt beantwortet oder an entsprechende Personen weitergeleitet. Insgesamt sind auf diesem Weg 19 Anfragen (Stand: 06.02.2024) eingegangen.

Bevor die Projektwebseite veröffentlicht wurde, hat FraxConnect auf der Webseite der FVA eine Seite mit grundlegenden Informationen zu FraxForFuture und den einzelnen Unterverbänden erstellt (www.fva-bw.de/fraxforfuture).

2 Organisatorische Maßnahmen

FraxConnect hat gleich zu Beginn der Laufzeit die Entwicklung von **Plattformen zur Verbundkommunikation** vorrangig betrieben. Die intensive Vernetzung der Partner im Projekt aus den Bereichen Forstpathologie, Forstpflanzenzüchtung, Monitoring, Waldbau und Virologie zur Schaffung von Synergien war von Anfang an die wichtigste Aufgabe von FraxConnect (Abbildung 1). Es galt die thematische Breite des Demonstrationsvorhabens zu überblicken und möglichst für alle Beteiligten greifbar zu machen. Zudem war die Entwicklung von Online-Formaten unter Pandemie-Bedingungen besonders wichtig (s.u.).

Regelmäßige **Treffen des Koordinationskreises** bestehend aus allen Unterverbandleitenden mit Stellvertretungen wurden von FraxConnect organisiert, geplant und dokumentiert. Insgesamt fanden 19 Besprechungstermine statt. Die hohe Frequenz von Besprechungen (die Treffen habe deutlich häufiger stattgefunden als im ursprünglichen Antrag vorgesehen) hat dazu beigetragen, dass die Projektsteuerung sehr effizient abgelaufen ist. Alle Unterverbände konnten zeitnah informiert, in Entscheidungen eingebunden bzw. an ihnen substantiell beteiligt werden. Da die einzelnen Treffen (weitgehend online) jeweils max. zwei Stunden dauerten, waren sie auch als solche effizient. Zentrale Erfolgsfaktoren waren die sorgfältige Vorbereitung jeden Treffens durch FraxConnect mit abgestimmter und umsetzbarer Agenda, die konzentrierte Arbeitsweise aller Teilnehmenden und die zeitnahe Erstellung knapper, aussagekräftiger Protokolle.

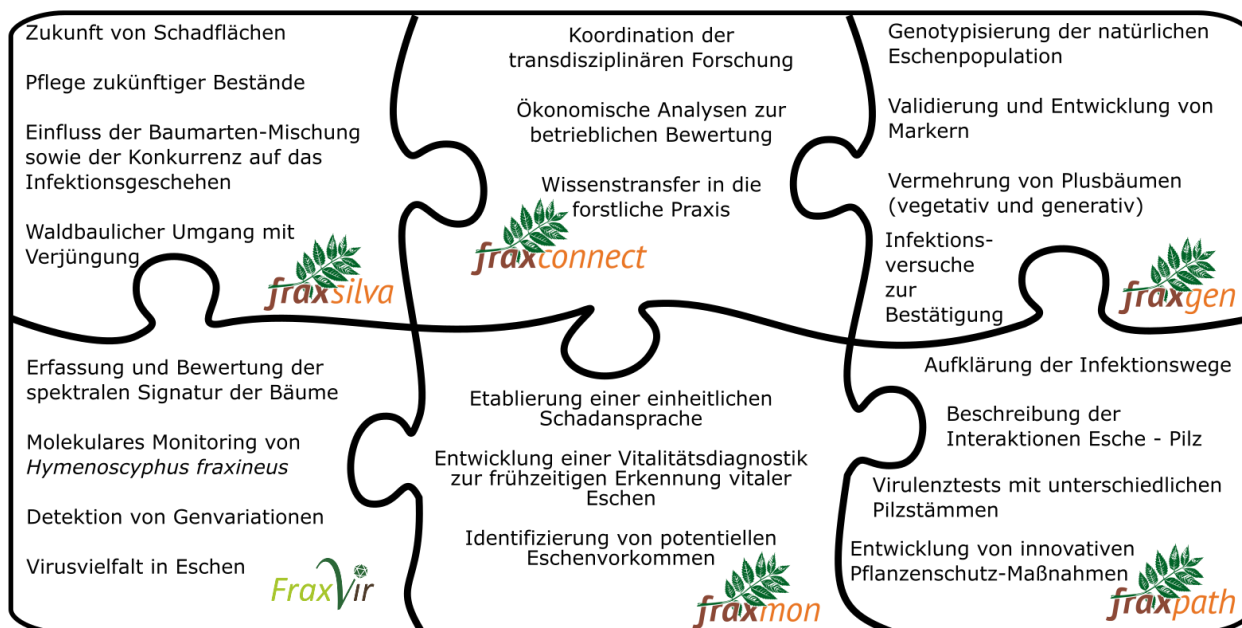


Abbildung 1: Übersicht der Forschungsverbände

Die Teilnahme von FraxConnect an den **Unterverbundtreffen** hat Informationsfluss und -weitergabe gesichert. Inhaltliche Anknüpfungspunkte zwischen Teilvorhaben konnten erkannt und entsprechende Kontakte vermittelt werden. Der zeitliche Aufwand dieser Teilnahmen hat sich durchaus bezahlt gemacht, weil FraxConnect so schnell und umfassend den notwendigen Einblick in die Unterverbünde und Teilvorhaben gewonnen hat. Insgesamt hat FraxConnect an ca. 30 solcher Meetings teilgenommen.

Die Teilnahme an den online durchgeführten Unterverbundtreffen durch FraxConnect hat zu Beginn der Projektlaufzeit das Ziel verfolgt, die Menschen und Themen von FraxForFuture kennenzulernen. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass dieses Vorgehen auch zum Aufbau gegenseitigen Vertrauens beigetragen hat. FraxForFuture war ein sehr großes Verbundvorhaben, dessen Forschende sich vielfach bei Projektstart nicht persönlich gekannt haben. Zwar gab es punktuell bereits kleine Netzwerke, das große Netzwerk hat sich erst im Laufe der Zeit gebildet. Die Unterverbundtreffen als solche waren eine wichtige Plattform zur Koordination und Kommunikation auf der operativen Ebene der Verbundforschung. Davon hat FraxForFuture sicherlich sehr profitiert. Mit fortgeschrittener Laufzeit haben die Unterverbünde die unmittelbare Information und Möglichkeit für Rückfragen an FraxConnect sehr zu schätzen gelernt und intensiv genutzt.

Im Bereich der **Öffentlichkeitsarbeit** hat FraxConnect streng genommen keine explizite Strategie verfolgt, sondern war lediglich reaktiv. Dies hatte vor allem Kapazitätsgründe sowohl bei FraxConnect als auch bei den Teilvorhaben. Für eine zielgerichtete und erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit braucht es neben den Kontakten zu den Medien vor allem die ‚publikationswürdigen‘ Inhalte. Die hätten von den Teilvorhaben identifiziert werden müssen, damit FraxConnect diese entsprechend aufbereiten hätte können.

Aus einer Pressemitteilung der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit der FVA zu Beginn von FraxForFuture haben sich eine Reihe von journalistischen Beiträgen ergeben, die intensiv von FraxConnect begleitet worden sind. In der weiteren Projektlaufzeit haben sich aus diesen persönlichen Kontakten weitere Beiträge entwickelt.

Das Team der Gartenschau Balingen hat FraxForFuture als Expert:innen in Sachen Eschentriebsterben recherchiert und Kontakt aufgenommen. Aus diesem Kontakt haben sich ebenfalls mehrere Beiträge zur Öffentlichkeitsarbeit ergeben. FraxForFuture war schließlich mit einer Dauerausstellung in Form eines Posters und einer Vitrine vor Ort präsent; hinzu kam ein Abendvortrag zum Thema durch Jörg Grüner.

Die ausgeführten Fälle zeigen, dass FraxConnect von Zufällen oder Initiativen Dritter abhängig war bei der Öffentlichkeitsarbeit, weil eigene aktive Maßnahmen wie Pressemitteilungen oder andere Wege zur Kontaktaufnahme mit Journalist:innen aufgrund von begrenzten Kapazitäten nicht umgesetzt wurden.

Verteilt über die Projektlaufzeit hat FraxConnect zahlreiche **Veranstaltungen** initiiert, organisiert und/oder durchgeführt. Besonderes Augenmerk sollen die spezifischen Herausforderungen durch die Corona-Pandemie bekommen. In diesem Kontext hat sich schnell herausgestellt, dass etablierte und im Antrag formulierte Austauschformate in Präsenz nicht umsetzbar waren. Auch die große geografische Distanz zwischen den Teilvorhaben musste angemessen berücksichtigt werden. Deshalb hat FraxConnect einige Anpassungen am Antrag vorgenommen. So wurden viele der geplanten Präsenztreffen in online-Formate modifiziert. Auch nach Ende der Pandemie wurden etablierte und erfolgreiche Formate online fortgesetzt; einige der ursprünglich geplanten Präsenztreffen konnten realisiert werden. Folgende Zusammenstellung fasst dies zusammen:

- **Online-Reihe** zur Information über die Arbeitspläne und später Arbeitsfortschritte der Unterverbünde bzw. Teilvorhaben erfolgte im Wesentlichen unidirektional: Diese Webex-Treffen wurden von FraxConnect initiiert und organisiert. Die inhaltliche Ausgestaltung und Durchführung oblag den Unterverbänden, die ggf. von FraxConnect unterstützt wurden. In mehrstündigen Online-Veranstaltungen haben die Teilvorhaben der Unterverbünde ihre Arbeiten als Power-Point-gestützten Vortrag präsentiert. Die Zuhörenden hatten Gelegenheit für Fragen, gelegentlich sind sogar kurze Diskussionen entstanden. Insgesamt haben so alle Unterverbünde je zwei (FraxPath drei) Termine bestritten.
- Die Online-Reihe **„Wen’s betrifft“** zur Information und Diskussion über spezifische Aspekte der Forschungen bzw. Querschnittsthemen, die mehrere Arbeitsgruppen betreffen und/oder nur einen Ausschnitt der Beteiligten an FraxForFuture interessieren war hingegen multidirektional konzipiert. Dauer (max. eine Stunde) und Terminierung (meist freitags mittags) der Treffen sowie Diskussionsleitung durch Forschende mit expliziter Fachkompetenz aus den Reihen von FraxForFuture trugen zu einer intensiven Arbeitskultur bei. Die Auswahl der Themen dieser Reihe lag anfangs weitgehend bei FraxConnect, ebenso die Initiierung dieser Reihe. Im Laufe der Zeit haben sich dann Kolleg:innen mit Vorschlägen zu Themen beteiligt. In der Vorbereitung der einzelnen Veranstaltungen kam es zu intensiven inhaltlichen Vorabsprachen mit der Diskussionsleitung. So beruht das Konzept auf einem kurzen Impulsvortrag (20-30 min). Im Anschluss an den Impuls war dann stets ein großer Zeitraum für Diskussionen eingeplant. Im Nachgang wurde von den federführenden Teilvorhaben gemeinsam mit FraxConnect ein Protokoll des Treffens verfasst.

Zur Vorbereitung der Zuhörenden wurden die thematischen Stichpunkte der Veranstaltung vorab kommuniziert. So wurde einerseits sichergestellt, dass niemand sich Zeit für einen Vortrag nehmen würde, der nicht relevant für die eigene Arbeit ist, andererseits aber auch, dass wirkliche Interessent:innen sich zuschalten. Insgesamt war dieses Format ausgesprochen erfolgreich. Aus den Treffen sind zahlreiche Impulse zur Zusammenarbeit entstanden oder doppelte Aktivitäten wurden vermieden. Folgende Themen wurden im Rahmen der Reihe „Wen’s betrifft“ bearbeitet:

Tabelle 1: Übersicht der fachübergreifenden Themen in der Online-Reihe „Wen’s betrifft“

Thema	Verantwortlich und Moderation
Next Generation Sequencing (NGS)	Ewald Langer, Ludmila Lysenko (FraxPath)
Verjüngung	Johannes Osewold, Ralf Nagel, Holger Fischer (FraxSilva)
Plastizität	Niels Müller, Melina Krautwurst (FraxGen)
Histologie und Morphologie	Marius Möhring (FraxMon)
Boniturdaten	Sandra Peters (FraxPath)
Phänologie und Physiologie	Henriette Häuser, Ralf Kätzel (FraxMon)
Handlungsempfehlungen zum ETS	Aaron Westhauser (FraxConnect), Johannes Osewold (FraxSilva)
Möglichkeiten zur Bekämpfung von <i>H. fraxi-neus</i>	Tobias Lutz, Linus Hohenwarter, Valentin Burghard (FraxPath)
Folgeanträge	Tim Burzlaff, Feray Steinhart (FraxConnect)
FraxForFuture Datenbank	Feray Steinhart, Tim Burzlaff (FraxConnect)

FraxConnect hat wiederholt **Beiträge zu Tagungen** und anderen Veranstaltungen geliefert:

- Deutsche Pflanzenschutztagung (DPST) 2021 (online) und 2023
- Forstwissenschaftliche Tagung 2021 (online) und 2023
- IUFRO Conference Division 7 – Forest Health Pathology and Entomology 2021
- Waldklimafond-Themennachmittag (online) 2022
- Waldklimafonds Kongress 2022
- FraxForFuture Statusseminar 2023

Die Beiträge hatten vorrangig zum Ziel, die Information zu streuen, dass es den Verbund gibt und dass in Deutschland am Thema „Eschentriebsterben“ in einer sehr umfassenden Form geforscht wird. Die Idee war auch, in Kontakt mit möglichen Kooperationspartnern zu kommen und zu netzwerken. Ein konkretes Ergebnis dieser Aktivitäten war der Kontakt zu Mariella Marzano aus Edinburgh, die dann schließlich als Keynote-Speakerin bei unserer eigenen Tagung aufgetreten ist. Dieser Anknüpfungspunkt stammt aus der Postersession anlässlich der IUFRO-Tagung in Lissabon, bei der eine schottische Arbeitsgruppe aufgefallen war, die thematisch passen könnte. Die Teilnahme am WKF Themennachmittag erfolgte auf Einladung der FNR, ebenso die Präsentation beim WKF-Kongress und beim Statusseminar.

Neben den Online-Veranstaltungen gab es auch drei Präsenzveranstaltungen, die von FraxConnect initiiert, organisiert und durchgeführt wurden:

- Präsenztreffen in Kassel 2022
- Praxisworkshop in Freiburg 2023
- Abschlussveranstaltung und wissenschaftliche Tagung in Göttingen als Teil der Deutschen Pflanzenschutztagung 2023

Insbesondere die Präsenzveranstaltung in Kassel war von herausragender Bedeutung für die Vernetzung der Forschenden. Nachdem wegen der Pandemie eine erste komplett durchgeplante Veranstaltung kurzfristig im Dezember 2021 abgesagt werden musste, war die einige Monate (Mai 2022) später mögliche Durchführung das vielfach erste persönliche Zusammentreffen der Beteiligten. Der organisatorische und finanzielle Aufwand für diese Veranstaltung waren außergewöhnlich hoch—besonderer Dank gilt den Projektbetreuern beim Projektträger für die offene und flexible Kommunikation während der Organisation der Veranstaltung! Das Kernstück der Veranstaltung waren Workshops zu insgesamt sieben Themen. In allen Workshops ging es im Wesentlichen um die Möglichkeit zur Vernetzung und zum persönlichen Kennenlernen. Die Ergebnisse der verschiedenen Workshops wurden im Anschluss im Plenum vorgestellt und diskutiert. Außerdem war Zeit für parallel stattfindende Unterverbundtreffen eingeplant.

Beim Praxisworkshop ist es gelungen, eine echte Workshop-Atmosphäre zu schaffen. Die Veranstaltung war in der Rückschau ein großer Erfolg. Für das eintägige Treffen wurden von FraxConnect Leitfragen entwickelt, die in Kleingruppen intensiv diskutiert werden konnten. Die Ergebnisse der Kleingruppen wurden abschließend im Plenum diskutiert. Für die Arbeit an der Broschüre haben sich daraus wichtige Impulse ergeben. Die Bereitschaft der Kolleg:innen aus FraxForFuture, sich die Zeit zu nehmen für konkrete Sacharbeit unter Verzicht auf die möglicherweise erwartete ‚Vortragsatmosphäre‘ wurde im Nachgang lobend erinnert. Dies zu erreichen

war vermutlich deshalb möglich, weil FraxConnect es in der vorangegangenen Projektlaufzeit gelungen ist, Vertrauen bei den Kolleg:innen in die Konzepte und Vorbereitung von Veranstaltungen aufzubauen.

Die Anbindung der beiden letzten ursprünglich im Antrag geplanten Veranstaltungen (FraxForFuture-Abschlussveranstaltung und FraxForFuture-Tagung) an die Deutsche Pflanzenschutztagung war eine gute Entscheidung. Vorbereitung und Umsetzung der beiden Veranstaltungen waren zwar noch immer immens aufwendig, es konnten aber viele logistische Aufgaben wie Catering, Raumsuche, Anmeldung, Rechnungsstellung etc. an das Organisationsteam der DPST abgegeben werden. Es ist aber vor allem gelungen, das Thema Eschentriebsterben sehr prominent zu platzieren und es war vielen Kolleg:innen möglich, zeiteffizient ihre Netzwerke zu betreiben.

Der Fokus der Abschlussveranstaltung lag auf Posterpräsentationen der Teilvorhaben zum Verwertungsplan und Unterverbundtreffen. Es war die letzte Möglichkeit für Projektmitarbeitende, sich in großer Runde auszutauschen. Zudem war auch Zeit für ein Treffen zum Thema Folgeantrag eingeplant. Die wissenschaftliche Tagung war als Vortragsveranstaltung mit vier Keynotes und Vorträgen aus verschiedenen Teilvorhaben aus FraxForFuture konzipiert. Zum Abschluss gab es Zeit für eine moderierte Podiumsdiskussion mit eingeladenen Gästen. Die wissenschaftliche Tagung war als Parallelsession der DPST organisiert somit auch für Besuchende der DPST geöffnet. Zwei Vertreterinnen des Projektträgers haben sowohl an der Abschlussveranstaltung als auch an der wissenschaftlichen Tagung teilgenommen.

FraxConnect hat für die wissenschaftliche Tagung einen Tagungsband mit umfangreichen Abstracts erstellt. Die Druckversion wurde im Rahmen der Tagung an Teilnehmende verteilt.

3 Erfahrungen

Insgesamt zeigt sich, dass ein Koordinationsprojekt wie FraxConnect für einen Verbund der Größe von FraxForFuture mit derart vielen Teilvorhaben und verschiedenen thematischen Schwerpunkten unbedingt eingeplant werden muss. FraxConnect war mit 1,5 Stellen der hohen Eingruppierung E13 ausgestattet, was aber keinesfalls zu groß dimensioniert war. Als besondere Stärke hat sich für FraxForFuture herausgestellt, dass Bearbeiterin und Bearbeiter unterschiedliche Schwerpunkte abdecken, wodurch sie sich sehr gut ergänzen konnten. Gleichzeitig waren sie aber auch gewillt und in der Lage, sich in die Expertise des jeweils anderen einzudenken. Daraus ergibt sich die Erkenntnis, dass ein Koordinationsprojekt gern mit zwei Personen besetzt werden sollte, weil dies hinsichtlich des Kompetenzspektrums Komplementaritätseffekte erwarten lässt. Insbesondere die Dynamik von Forschungsverbänden verlangt weiterhin nach einer Koordination, die von Personen umgesetzt wird, die verschiedene persönliche Merkmale aufweisen:

- **Kommunikation:** Hier geht es vor allem um proaktives Handeln und Empathie. Bei so vielen Menschen, wie sie in FraxForFuture mitgearbeitet haben, sind auch viele verschiedene Charaktere und Typen vertreten. Ein Koordinationsprojekt muss mit all diesen Menschen kommunizieren und versuchen, alle auch adäquat anzusprechen.
- **Fachlichkeit:** Der fachlich versierte aber unabhängige Blick auf die Forschungsprojekte hat zu Synergien geführt. Dadurch konnten rechtzeitig mögliche Fehlentwicklungen erkannt und thematisiert

werden. Dabei sollte sich das Fachverständnis möglichst auf viele Themen eines Verbundes erstrecken. Dies bedeutet schon fast zwangsläufig, dass Erfahrung und ‚Dienstalter‘ ein wichtiges Auswahlkriterium bei der Einstellung von Mitarbeiter:innen sein müssen.

- Durchsetzung: An gewissen Stellen im Prozess könnte es in Forschungsverbänden zu Verteilungskämpfen um Ressourcen kommen. Hier braucht es Personen, die mit einem Blick von außen eine Vermittlerfunktion übernehmen können. Bei FraxForFuture war dies der Fall bei der Nachbeantragung von Mitteln für die Datenbank-Entwicklung und der Vorgabe des Projektträgers, bereits in der frühen Projektlaufzeit Restmittel zu akquirieren.
- Kreativität: Forschung und Prozesse generell sind nicht vorhersagbar, Anpassungen sind impliziert. Hier braucht es Menschen, die neben vielen persönlichen Erfahrungen auch die Fähigkeit haben, neue Wege zu denken, um die Ziele des Vorhabens zu erreichen. Bei FraxForFuture war dies besonders wichtig wegen der Auswirkungen der Pandemie, als die geplanten Austauschformate wegen der Restriktionen nicht realisierbar waren und rasche Innovation gefordert war.
- Einmischung: Dies geht einher mit Selbstbewusstsein. Eine gute Koordination braucht Menschen, die sich trauen, auch gegen Widerstände oder Bedenken Entscheidungen vorzubereiten und zu vertreten.

Zudem sollten die Personen möglichst keine Ambitionen für eigene Forschung haben. Andernfalls ist nämlich zu erwarten, dass sie sich selbst oder ihr institutionelles Umfeld sie oft von den Aufgaben der Projektkoordination ablenken lassen. Hinzu kommt, dass die Personen in der Koordination weitgehend unabhängig agieren können sollten. Diese Unabhängigkeit betrifft vor allem den Umgang mit hierarchischen Strukturen und resultierenden Abhängigkeiten. Konkret hat FraxConnect regelmäßig mit den Leitenden der Unterverbände gesprochen und diese in Entscheidungsprozesse eingebunden. Dabei sind wichtige Impulse oft von FraxConnect ausgegangen. Das darf keinesfalls bedeuten, dass die Koordination ihre eigene Agenda verfolgt, wohl aber, dass sie sich die Freiheiten nimmt, aktiv zur Strategie eines Forschungsprozesses in einem großen Forschungsverbund beizutragen.

Die Projektkoordination darf dabei nicht als erweiterte Ressource der Forschungsprojekte bzw. als Entlastung des wissenschaftlichen Personals von unangenehmen Aufgaben verstanden werden. Hier hilft seitens des Projektträgers die substanzielle Ausstattung der Verbundkoordination mit Personalmitteln, um erfahrene und gestandene Personen von außerhalb der etablierten institutionellen Netzwerke gewinnen zu können. Konkret: Die Aufstockung der Stelle einer:s Nachwuchswissenschaftler:in zur Koordination kann erfolgreich ausgehen, ist aber vergleichsweise ungewiss und deshalb ggf. keine gute Strategie. Projektträger sollten in Anträgen auf derartige Konstruktionen achten und ggf. gegensteuern.

Die häufigen Treffen des Koordinationskreises waren wichtig und keinesfalls ‚vertane Zeit‘. Als besonderes Erfolgskriterium hat sich die Frequenz der Treffen herausgestellt und ihre konsequente zeitliche Begrenzung auf max. zwei Stunden. Weiterhin wurden präzise und realistische Tagesordnungen erstellt und rechtzeitig kommuniziert. Dies hat die Akzeptanz gestärkt und die zeitnahe Information Aller gewährleistet. Zudem haben sich keine Informationsdefizite aufgebaut und die Mitglieder des Koordinationskreises waren unmittelbar im Koordinationsprozess eingebunden. In den Anträgen waren ein oder zwei jährliche Koordinationstreffen vorgesehen, in der Rückschau war dies kein guter Ansatz—die Umsetzung in FraxForFuture hat ein deutlich besseres Vorgehen aufgezeigt.

Auch sind die gemachten Erfahrungen bzgl. Veranstaltungen möglicherweise gute Vorbilder für zukünftige Verbände (siehe Tabelle 2): intensive und strategische Nutzung von Online-Formaten unter Beachtung der Notwendigkeit von Austausch zwischen den Forschenden auch online bzw. zur Anregung von bilateralen Kontakten; Präsenzformate sollten vor allem dazu genutzt werden, die Vernetzung zu fördern. Die reine Vermittlung von Informationen in Form von Vorträgen oder Präsentationen lassen sich online mittlerweile meist zumindest genauso gut realisieren—oft eher besser (z.B. die Möglichkeiten von Aufzeichnungen nutzen). Aus Sicht eines Projektträgers könnte die bei FraxForFuture eher zufällig¹ entstandene Kooperation mit anderen Institutionen (hier: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft) eine gute Chance darstellen, Reichweite zu erzielen und Netzwerke entstehen zu lassen. Bei der Umsetzung von ‚unvernetzten Insellösungen‘ entfallen diese positiven Aspekte.

Tabelle 2: Stärken und Schwächen der eingesetzten Kommunikationsformate

Format	Stärken	Schwächen	Bewertung
Präsenztagung	direkter persönlicher Austausch ,zufällige‘ Begegnungen und Impulse möglich	hohe Kosten hoher Organisationsaufwand	nach wie vor nötiges und sinnvolles Format, das aber von unidirektionaler zu multidirektionaler Kommunikation entwickelt werden sollte
Online—Inhaltsvermittlung	effizient durch Online-Format	Diskussionen und Vernetzung schwierig	Entspricht Erwartungshorizont vieler Wissenschaftler:innen und ‚holt sie ab‘
Online—Wen’s betrifft	effizient durch online und durch konsequente thematische Fokussierung bietet viele Kontaktmöglichkeiten	Themenfindung anspruchsvoll	erstaunlich erfolgreiches Format mit viel Potenzial besondere Bedeutung der Moderation durch inhaltlich kompetente Person
Online--Koordinationskreis	zeiteffizient; häufige Treffen möglich; gute Steuerung des Verbundes möglich	Aufwand für die Koordinator:innen	gute Gesprächskultur und vertrauensvoller Umgang trotz Distanz durch häufige regelmäßige Treffen

Die Teilnahme des Projektträgers an Veranstaltungen unterstützt dessen Einblick in das Verbundvorhaben und gibt eine gute Möglichkeit für wichtige Mitteilungen an die Projektnehmenden.

Die Nutzung digitaler Instrumente in FraxForFuture war nicht perfekt. Gut hat die Videokonferenz-Plattform Webex funktioniert (bereitgestellt durch die FVA-BW). Die Beantragung und Finanzierung einer projekt-eigenen Lizenz für einen solchen Dienst ist vorteilhaft, um flexibel agieren zu können. Die Bereitstellung des Cloud-Dienstes durch den landes-eigenen IT-Dienstleister BitBW war wichtig und sehr hilfreich. Allerdings hat eine solche Lösung, die auf Ressourcen beruht, die einzelne Projektpartner routinemäßig nutzen, einige Nachteile.

¹ Die Anbindung an die DPST war Folge von Terminengpässen im Sommer/Herbst des letzten Projektjahres: einige Kolleg:innen wollten sowohl FoWiTa als auch DPST besuchen, ein Zeitfenster für die noch zwei geplanten Veranstaltungen von FraxForFuture gab es deshalb bei vielen nicht mehr.

Vor allem sind die vollen Nutzungsrechte an die Rolle als Mitarbeiter:in bei dieser Institution gebunden. Möglicherweise lässt sich dieser Nachteil bereits während der Planungsphase zukünftiger großer Projekte auflösen, indem eine Institution auch die IT-Ressourcen für alle Beteiligten organisiert, ggf. müssen hierfür Finanzmittel eingeplant werden. Alternativ könnte auch auf kommerziell verfügbare webbasierte Dienst zurückgegriffen werden, wie <https://www.stackfield.com/de/> (All-in-One Collaboration Tool, Server in Deutschland, DSGVO-konform) oder <https://wechange.de/cms/>. Beide Dienste sind kostenpflichtig, entsprechende Finanzmittel müssten ebenfalls beantragt und genehmigt werden.

Der Projektträger kann entsprechende Hinweise an andere Antragsteller während der Skizzenphase geben und auf den großen Mehrwert einheitlicher digitaler Koordinations- und Kommunikationswerkzeuge hinweisen.

Für das Arbeitsfeld Öffentlichkeitsarbeit ist es notwendig, bei den einzelnen Teilvorhaben regelmäßig und aktiv Inhalte für den Wissenstransfer abzufragen. Inhalte für eine breite Öffentlichkeit müssen daraus identifiziert und entsprechend aufbereitet werden. Gemeinsam mit den Teilvorhaben muss eine Strategie entwickelt werden, die die verschiedenen Zielgruppen berücksichtigt. Daraus müssen zentral angepasste Maßnahmen entwickelt werden. Abhängig von den Kapazitäten wird die Umsetzung einzelner Maßnahmen priorisiert.

Ein deutlicher Schwachpunkt in den Anträgen von FraxForFuture ist das Fehlen einer explizit geplanten und zeitlich nachlaufenden Synthese der Ergebnisse. Jedes Teilvorhaben bzw. jeder Unterverbund liefert neben den wissenschaftlichen Publikationen einen begrenzten Abschlussbericht—es gibt aber keine umfassende Synthese, die die Ergebnisse verschiedener Unterverbünde in einer Übersicht zusammenstellt. Diese Aufgabe hätte bereits in der Antragsphase beachtet werden müssen; während der Laufzeit bzw. im Anschluss daran, waren keine Ressourcen verfügbar. Die Handlungsempfehlung von FraxConnect und FraxSilva hat einen Teil der Ergebnisse für die forstliche Praxis aufbereitet. Für andere Zielgruppen wie zum Beispiel angewandter Pflanzenschutz oder Naturschutz wurde keine Synthese erarbeitet. Als eher außenstehender Institution hätte dies dem Projektträger auffallen können/müssen und entsprechende Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Forschung hätten ergriffen werden können.

Großen und komplexen Verbänden würde es vermutlich gut tun, wenn es eine Vorlaufzeit gäbe, in der eine wissenschaftlich kompetente Person die Antragsphase koordinierte und inhaltlich reflektierte. Dadurch können Synergien geschaffen und die Effizienz der nachfolgenden Forschungsarbeit u.a. durch Harmonisierung gesteigert werden. So können von dieser Person beispielsweise Untersuchungsflächen ausgewählt und eingerichtet, Literaturrecherche betrieben und Standards definiert und so gemeinsame Ressourcen vorbereitend geschaffen werden.

AP 2: Ökonomische Analyse – Entscheidungs- und Anpassungshilfen

1 Analyse der monetären Folgen des Eschentriebsterbens

Der Ansatz für die Analyse der monetären Folgen des Eschentriebsterbens beruht auf einem Vergleich zwischen der Entwicklung von Eschenbeständen mit und ohne Einfluss des ETS (Abbildung 2). Die Idee dahinter ist, dass ausgehend von einem gemeinsamen Ausgangspunkt die Bestandesentwicklung eines Bestandes einmal mit und einmal ohne Einfluss des ETS simuliert und mit bestandesspezifischen Erlösen und Kosten monetär bewertet wird. Durch die Bewertung und den anschließenden Vergleich der beiden Varianten ist es dann möglich, eine Aussage über die ökonomischen Folgen des ETS zu treffen. Die notwendige Datengrundlage für diesen Vergleich setzt sich dabei aus drei Grundbausteinen zusammen:

1. Mithilfe eines waldwachstumskundlichen Simulators wird das Bestandesleben eines Eschenbestandes mit und ohne Einfluss des ETS über einen Zeitraum von 30 Jahren modelliert
2. Berechnung der erntekostenfreien Erlöse des verbleibenden und ausscheidenden Bestands
3. Überführung der erntekostenfreien Erlöse der Modellbestände in Annuitäten

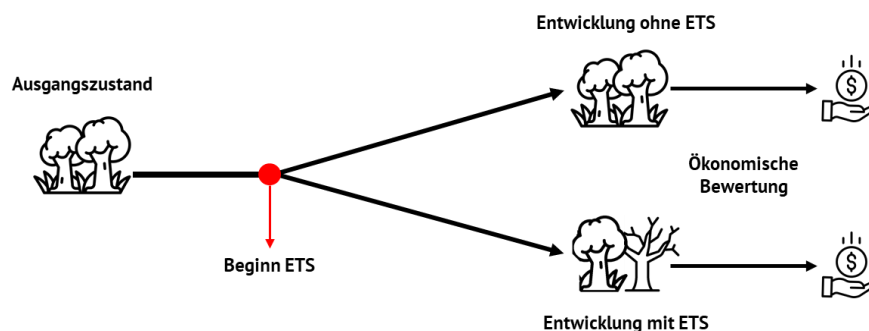


Abbildung 2: Grundüberlegung zur Bewertung der ökonomischen Folgen des ETS

1.1 Waldwachstumskundliche Simulationen

Für die Bestimmung der Folgen des Eschentriebsterbens auf Bestandesebene wurden mithilfe des von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt entwickelten waldwachstumskundlichen Simulators (ForestSimulator, Version 8.0.6) Eschenreinbestände (Ausgangsbestände) generiert. Die hierfür benötigten Eingangsgrößen wurden den in Deutschland verfügbaren Ertragstafeln für Eschenbestände nach Wimmenauer (1919) und Volquardt (1958) entnommen. Dabei wurde für jede dGz-Stufe (durchschnittlicher Gesamtzuwachs im Alter 100) ab dem Alter 30 bis zum Alter 120 ein Ausgangsbestand generiert. Insgesamt konnten so 100 Ausgangsbestände erstellt werden. Ausgehend hiervon wurde das Bestandesleben eines jeden Ausgangsbestands über einen Zeitraum von 30 Jahren in sechs Simulationsdurchläufen jeweils mit und ohne Einfluss des ETS modelliert. Die Simulationsperioden wurden dabei auf 30 Jahre begrenzt, um eine Entfernung des Modells von der Wirklichkeit zu verhindern.

Die im Simulator hinterlegte waldbauliche Behandlung der Bestände richtet sich an den Pflegegrundsätzen für die Bewirtschaftung von Eschenbeständen in Deutschland aus (MELF 2003; ML 2004; ForstBW 2014; MWU

2020). Hierfür wurde ein zweiphasiges Pflegekonzept angewandt, das sich aus einer Qualifizierungsphase und einer Dimensionierungsphase zusammensetzt. Die anzustrebende Zielstärke richtet sich am Leistungspotential des jeweiligen Standorts aus. Für die Umsetzung der unterschiedlichen Behandlungsregime im Simulator war es zunächst notwendig, die Reaktion des Programms auf unterschiedliche Parametereinstellungen zu testen. In vielfachen Probedurchläufen wurde untersucht, wie sich die Holzvolumina des verbleibenden und des ausscheidenden Bestands in Abhängigkeit der verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten entwickeln. Dabei wurden sowohl die Veränderung einzelner Parameter als auch die Veränderungen von gleichzeitig mehreren Parametern geprüft. Abschließend wurde für die verwendeten Szenarien diejenigen Kombinationen gewählt, die den in den Ertragstafeln hinterlegten Durchforstungsansätzen sowie den aktuellen waldbaulichen Behandlungskonzepten bestmöglich entsprechen. Tabelle 3 zeigt die allgemeinen Einstellungen, die bei der Modellierung der Bestände zum Einsatz kamen.

Tabelle 3: Basiseinstellungen bei der waldwachstumskundlichen Simulation der Modellbestände

dGz-Stufe	Zieldurchmesser [cm]	Max. Erntevolumen [Efm]	Z-Bäume je ha	Bedrängerentnahme	Durchforstungsintervall	Rückegassenabstand [m]
3	40-50					
4	40-50					
5	45-50					
6	50	80	80	1-2	5 Jahre	20
7	55					
8	60					

Die Umsetzung der in den Ertragstafeln angewandten Durchforstungsansätze erfolgte dabei durch die Überführung des ausscheidenden Bestandes in prozentuale Eingriffsintensitäten. Hierfür wurde ausgehend vom verbleibenden Bestand und der anteiligen Wuchsleistung über einen Zeitraum von zehn Jahren der Anteil des ausscheidenden Bestandes in Prozent berechnet (Tabelle 4).

Darauf aufbauend wurden drei Behandlungsszenarien erstellt, die sich durch die Eingriffsintensitäten unterscheiden. „Szenario 1“ basiert auf den empfohlenen Eingriffsintensitäten in den aktuellen waldbaulichen Behandlungskonzepten für Eschenbestände in Deutschland vor Eintritt des ETS. Der Fokus liegt somit auf der Produktion von hochwertigem Stammholz starker Dimensionen in mittlerer Produktionszeit. „Szenario 2“ stellt ein Szenario dar, das auf den zugrundeliegenden Eingriffsstärken nach Volquardts (1958) beruht und sich durch eine mittlere Eingriffsintensität auszeichnet. Aufbauend auf den in der Ertragstafel nach Wimmnenauer (1919) hinterlegten Eingriffsintensitäten wurde mit „Szenario 3“ noch eine zusätzliche Variante umgesetzt, die durch eine besonders zurückhaltende Eingriffsstärke gekennzeichnet ist. Mithilfe der drei Szenarien soll die Auswirkung des zugrundeliegenden Behandlungskonzepts auf die monetären Folgen des ETS untersucht werden. In Tabelle 5 werden beispielhaft die Unterschiede der Eingriffsstärke der drei Szenarien für Bestände der dGz-Stufe 6 nach Volquardts (1958) dargestellt.

Tabelle 4: Beispiel für die Überführung der Durchforstungsstärke in prozentuale Eingriffsintensitäten
 Hg (höhe Grundflächenmittelstamm); GWL (Gesamtwuchsleistung); VFM (Vorratsfestmeter); WL (Wuchsleistung); A WL (anteilige Wuchsleistung); A VFM (anteiliger Vorrat)

Ertragstafel nach VOLQUARDTS 1958 Ertragsklasse 6 dGz100								
Verbleibender Bestand							Ausscheidender Bestand	
Alter	Hg	GWL	VFM	WL	A WL	A VFM	VFM	Eingriffsintensität
30	15,1	103	86	61	30,5	116,5	28	24 %
40	19	192	147	55	27,5	174,5	36	21 %
50	22,3	283	202	46	23	225	40	18 %
60	24,9	369	248	38	19	267	37	14 %
70	26,9	444	286	31	15,5	301,5	31	10 %
80	28,3	506	317	21	10,5	327,5	30	9 %
90	29,4	557	338	16	8	346	27	8 %
100	30,2	600	354	11	5,5	359,5	24	7 %
110	30,9	635	365	8	4	369	21	6 %
120	31,5	664	373					

Tabelle 5: Eingriffsstärken der drei Szenarien für Bestände der dGz-Stufe 6

Ertragstafel nach VOLQUARDTS 1958 Ertragsklasse 6 dGz100								
Ausgangsbestand					Eingriffsintensität pro Simulationsdurchlauf in Vfm/ha ohne Zielstärkennutzung			
Alter	Stammzahl	Hg	Dg	Vfm/ha	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
30	1620	10,6	15,0	92	32	17	9	
40	840	16,0	18,8	151	36	19	9	
50	568	20,6	21,9	205	35	18	8	
60	448	24,3	24,4	252	31	16	8	
70	366	27,7	26,3	292	28	15	7	
80	288	31,8	28,1	325	26	14	7	
90	234	36,0	29,5	358	23	12	6	
100	230	36,3	29,9	364	21	11	6	
110	216	37,6	30,5	375	20	11	5	
120	198	39,3	31,1	382	20	11	5	

1.1.1 Mortalität von ETS-betroffenen Beständen

Für die Modellierung des Bestandeslebens von Beständen unter Einfluss des ETS wurde das von Coker et al. (2019) entwickelte Mortalitätsmodell verwendet, mit dessen Hilfe die Mortalitätsrate eines Eschenbestandes ab dem Zeitpunkt der Erstinfektion über einen Zeitraum von 30 Jahren prognostiziert werden kann. Die wesentliche Grundannahme des Modells (1) ist dabei, dass die Mortalität (P_D) direkt von der Zeit abhängig ist, die ein Bestand dem Einfluss des ETS ausgesetzt ist.

$$(1) P_D = \frac{a}{1+10^{b(c-t)}}$$

a = obere Kurve der Asymptote

b = Steigung der Kurve

c = Wendepunkt

t = Dauer in Jahre

Als Eingangsparameter zur Ermittlung des Mortalitätsverlaufs wurden europaweite Studien zur Mortalitätsentwicklung von Eschen unter dem Einfluss des ETS ausgewertet. Zusätzlich wurden Daten, die im Rahmen der Waldzustandserhebung in Baden-Württemberg erhoben worden waren, analysiert. Insgesamt konnten so Daten zu 61 Untersuchungsgebieten aus 13 Ländern gewonnen werden. Da verschiedene Studien eine altersabhängige Dynamik des Eschentriebsterbens nachweisen konnten (Marçais et al. 2017; Enderle et al. 2018; Klesse et al. 2020), wurden die Ergebnisse der Literaturstudie hinsichtlich des Bestandesalters in zwei Gruppen unterteilt. Zusätzlich wurde zwischen Studien unterschieden, die auf Versuchsflächen durchgeführt wurden, die vor dem Auftreten des Eschentriebsterbens bzw. nach dem Auftreten des Eschentriebsterbens in einer Region eingerichtet wurden. Hintergrund für diese Einteilung sind die deutlich voneinander abweichenden Mortalitätsraten zwischen Studien, die auf Versuchsflächen und Studien, die in natürlichen Beständen durchgeführt wurden. Die hier gesichteten Studien, die auf Versuchsflächen durchgeführt wurden, verzeichneten signifikant höhere Mortalitätsraten. Dabei wiesen Versuchsflächen, die erst nach dem ersten Auftreten des Eschentriebsterbens in einer Region eingerichtet wurden, nochmals höhere Mortalitätsraten auf. Aus diesen Gründen wurden die Studien in die folgenden vier Gruppen unterteilt.

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| • Bestandesalter < 30 | Studienanzahl n = 11 |
| • Bestandesalter ≥ 30 | Studienanzahl n = 35 |
| • Versuchsfläche vor ETS | Studienanzahl n = 11 |
| • Versuchsfläche nach ETS | Studienanzahl n = 4 |

Aufgrund der vorhandenen Daten konnte in Folge der oben erläuterten Einteilung nur für Bestände mit einem Bestandesalter ≥ 30 Jahre ein ausreichend großer Datensatz generiert werden, um den Mortalitätsverlauf über einen Zeitraum von 30 Jahren zu berechnen. Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die verwendeten Studien. Laut dem hier verwendeten Modell liegt die Mortalität nach einem Zeitraum von 30 Jahren in bei 61 % (Abbildung 3). Mithilfe des Outputs des Modells ist es möglich, ausgehend von einem beliebigen Ausgangsbestand die Mortalität nach n Jahren zu berechnen. Bezugsgröße ist dabei jeweils die Stammzahl zu Beginn der Betrachtungsperiode.

Tabelle 6: Eingangsgrößen und verwendeten Studien zur Berechnung des Mortalitätsverlauf des ETS

Land	Zeit seit Erstdiagnose ETS [Jahre]	Untersuchte Individuen [n]	Mortalität [%]	Quellen
BE	6	572	2%	Sioen et al. 2017
CH	8	201	1%	Queloz et al. 2017
CH	8	712	2%	Queloz et al. 2017
DE	15	511	10%	WZE-Daten Baden-Württemberg
DE	10	585	6%	Lenz et al. 2016
DE	10	230	7%	Lenz et al. 2016
DE	11	592	19%	Enderle et al. 2017
DE	8	358	22%	Enderle et al. 2017
DE	10	318	2%	Enderle et al. 2017
DE	10	116	4%	Enderle et al. 2017
DE	13	60	30%	Enderle et al. 2017
DE	14	220	25%	Enderle et al. 2017
EE	12	168	17%	Drenkhan et al. 2017
EE	11	66	39%	Löhmus et al. 2014
EE	11	33	48%	Löhmus et al. 2014
EE	12	577	35%	Rosenvald et al. 215
GB	6	141	20%	Coker et al. 2019
GB	6	697	0%	Coker et al. 2019
GB	6	760	1%	Coker et al. 2019
GB	6	726	2%	Coker et al. 2019
GB	6	362	8%	Coker et al. 2019
GB	6	705	1%	Coker et al. 2019
GB	6	474	13%	Coker et al. 2019
GB	6	932	5%	Coker et al. 2019
GB	6	171	2%	Coker et al. 2019
GB	6	96	0%	Coker et al. 2019
IT	5	386	0%	Giongo et al. 2017
LT	13	1218	57%	Pliura et al. 2017
LT	20	857	61%	Pliura et al. 2017
LV	16	340	69%	Matisone et al. 2018
NO	11	67	42%	Timmermann et al. 2017
NO	11	52	23%	Timmermann et al. 2017
NO	11	34	3%	Timmermann et al. 2017
NO	11	32	0%	Timmermann et al. 2017
SE	14	330	11%	Bengtsson et al. 2017

Rechenbeispiel:

Wie viele Individuen eines Bestandes (N = 2500) sind nach 8 Jahren abgestorben?

$$(2) 7,13 \% = \frac{0.614}{1+10^{0.22(12.1-8)}}$$

$$(3) Mortalität_{(t=8)} = 0,0713 * 2500$$

$$(4) Mortalität_{(t=8)} = 178$$

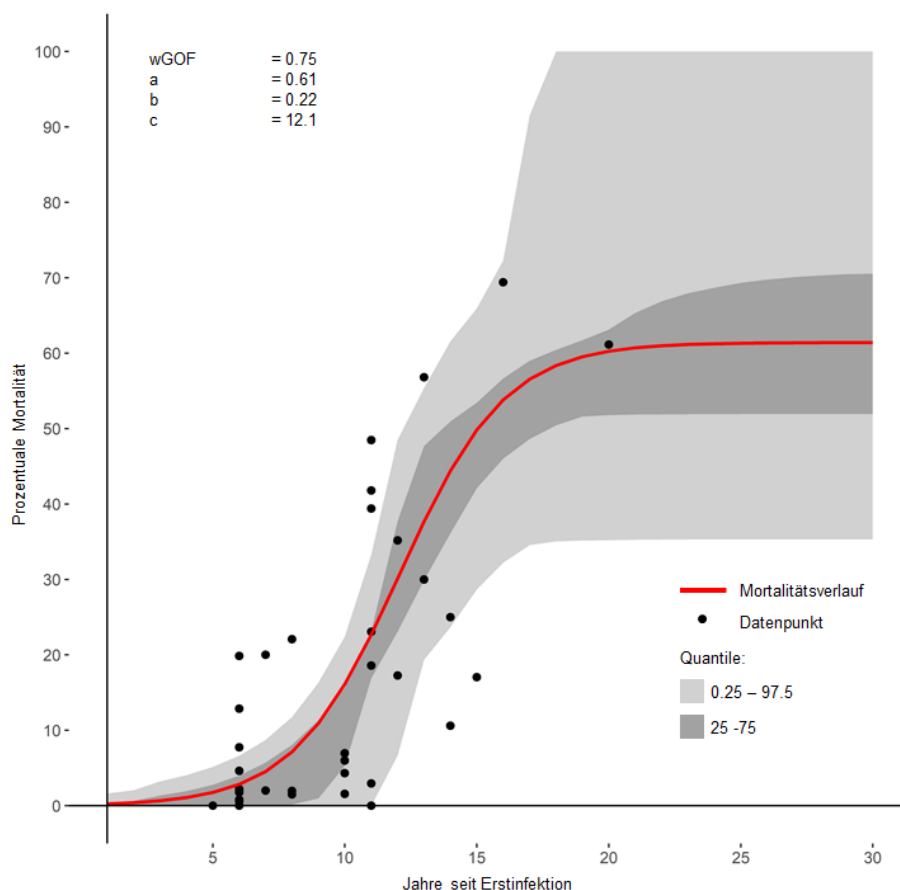


Abbildung 3: Mortalitätsverlauf des Eschentriebsterbens (Bestandesalter > 30 Jahre)

Das Diagramm zeigt den Mortalitätsverlauf nach der Erstinfektion mit dem Erreger des Eschentriebsterbens über einen Zeitraum von 30 Jahren. Der Output des Modells gibt eine Anpassungsgüte (wGOF) von 0.75 an. Die Steigung der Kurve (b) wird mit 0.22, der Wendepunkt bzw. der Punkt mit der höchsten Steigung (c) wird mit 12.1 und der obere Punkt der Asymptote (a) wird mit 0.61 angegeben.

Die Auswirkung dieses Mortalitätsverlaufs wird in Tabelle 7 beispielhaft für einen 50-jährigen Eschenbestand der dGz-Stufe 6 dargestellt. Ausgehend von einer Stammzahl von 564 Individuen je Hektar entspricht die Mortalität nach 30 Jahren 347 Individuen bzw. 61 %.

Tabelle 7: Beispielhafter Mortalitätsverlauf eines 50-jährigen Eschenbestands der dGz-Stufe 6

Jahre seit Erstinfektion	Alter	Stammzahl [N]	Mortalität [N]	Gesamt Mortalität in %
0	50	564	0	0
5	55	554	10	2
10	60	473	81	16
15	65	283	190	50
20	70	224	59	60
25	75	218	6	61
30	80	217	1	61

Die Abbildung der Mortalität innerhalb des Simulators erfolgt über eine im Simulator integrierte Schnittstelle. Nach jedem Simulationsschritt wurde der zu bearbeitende Modellbestand über eine Exportfunktion in eine externe Datenbank importiert. Innerhalb dieser Datenbank wurde dann entsprechend des Mortalitätsverlaufs zufällig eine definierte Anzahl an Individuen als abgestorben gekennzeichnet. Danach wurde der Bestand über die Schnittstelle zurück in den Simulator geladen. Abbildung 4 zeigt den schematischen Prozessablauf der durchlaufenen Simulationsschritte mit ohne den Einfluss des ETS.

Die zugrundeliegende Mortalität führt dazu, dass bei der Simulation der Entwicklung der Modellbestände unter Einfluss des ETS die geplanten Eingriffe der unterschiedlichen Szenarien lediglich in den ersten zehn bis 15 Jahren nach Beginn des ETS zur Anwendung kommen. Sobald die Mortalität und die damit verbundene Reduktion der Stammzahl des verbleibenden Bestandes stark ansteigen, findet in der Regel kein geplanter Eingriff in diesen Beständen in Folge des ETS mehr statt. Ausgenommen hiervon ist die Nutzung heibsfreier Individuen.

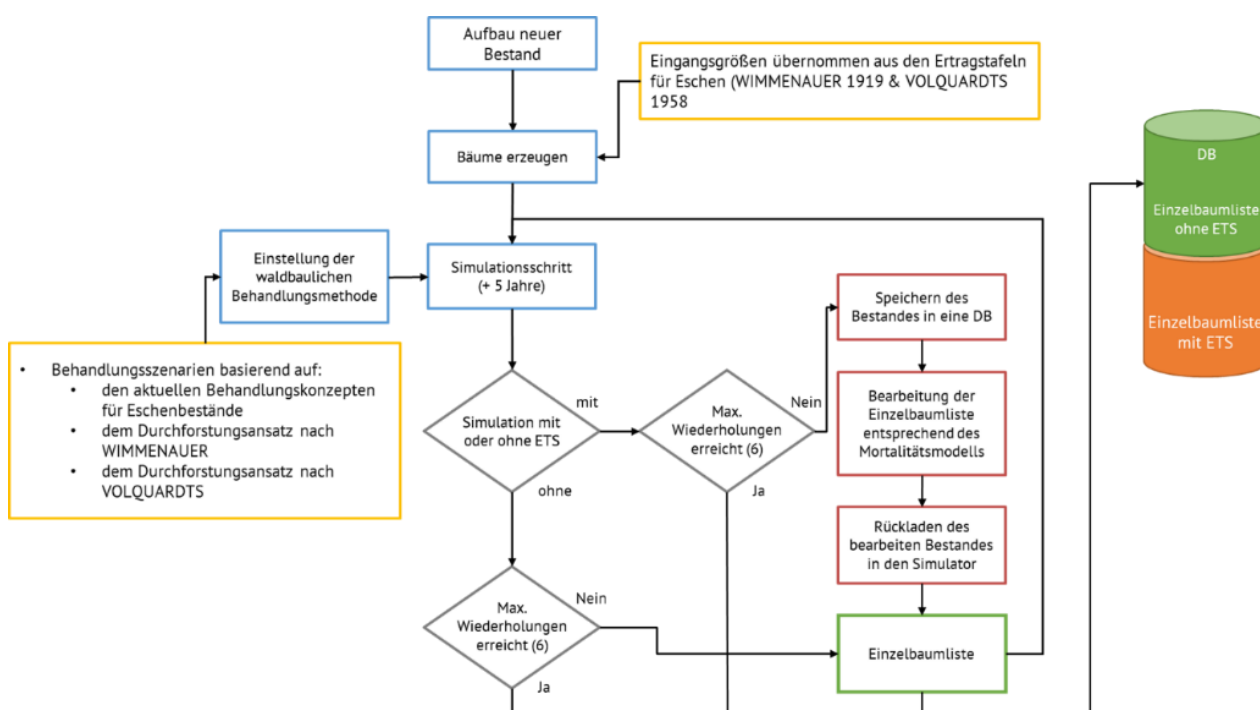


Abbildung 4: Prozessablauf der Simulation von Eschenbeständen mit und ohne Einfluss des ETS

1.2 Monetäre Bewertung der Modellbestände

Für die Berechnung der Kosten und Erlöse der simulierten Modellbestände wurde das Programm „Holzernte 8.2“ der FVA Baden-Württemberg verwendet. Das Programm ist schwerpunktmäßig für die Vor- und Nachkalkulation von Hieben, für die Holzvermarktung sowie für Zwecke der Waldbewertung bestimmt. Im Mittelpunkt steht hierbei die Herleitung des erntekostenfreien Erlöses (Deckungsbeitrag). Zu den wichtigsten Eingangsgrößen für die Bewertung der Modellbestände gehören dabei:

- Sortenwahl und -aushaltung (Losbildung)
- Güteverteilung
- Holzpreise, aufgeteilt nach Sorten und Stärkeklassen
- Produktivitätsdaten der Teilarbeiten für die Aufarbeitung des anfallenden Hiebsvolumens
- Lohn- und Sachkosten für die gewählten Arbeitsverfahren

Losbildung

Bei der Aushaltung der Einzelbäume wurden die in Tabelle 8 ersichtlichen Einstellungen verwendet. Es wird bis zur Derbholzgrenze aufgearbeitet, die maximale Transportlänge liegt bei 20 Metern. Da es im Zuge des ETS zunehmend zur Bildung von Stammfußnekrosen an geschädigten Eschen kommt, wurde bei der Aushaltung der Einzelbäume zwischen Individuen, die infolge des ETS geschädigt bzw. abgestorben sind, und vitalen Eschen unterschieden. Nach Rücksprache mit einer Reihe von Forstbetrieben aus ganz Deutschland zu deren Erfahrungen im Umgang mit Eschen, die von Stammfußnekrosen betroffen sind, wurde der durch Stammfußnekrosen betroffene Bereich (X-Holz Stammfuß - nicht verwertetes Derbholz aus dem Stammfußbereich) auf zwei Meter festgelegt.

Tabelle 8: Aushaltungsbesonderheiten bei der Verwendung des Programms Holzernte 8.2

Parameter	Wert
Formigkeit	mittelformig
Aufarbeitungszopf	7 cm
maximale Transportlänge	20 m
x-Holz lang bis BHD	7 cm
x-Holz Stammfuß ohne ETS	ohne
x-Holz Stammfuß mit ETS	2 m
Kronenbruch	ohne

Die weitere Losbildung wurde möglichst einfach gehalten (Tabelle 9). Anfallendes Industrieholz wurde zu 100 % als IN (Industrieholz normal) ausgewiesen. Auf die Aushaltung der Güte „D“ wurde in diesem Zusammenhang verzichtet, da sie, wie die Auswertungen der Holzeinschlagsstatistiken aus mehreren Bundesländern zeigte, mengenmäßig unerheblich ist. Vom Programm generierte Mengenanteile der Güte „D“ wurden daher der Güte „IN“ zugewiesen.

Tabelle 9: Sortieranweisung bei der Verwendung des Programms Holzernte 8.2

Sorte	Güte	Länge [m]	Rundung [m]	Durchmesser min [cm]		
				Fuß	Mitten	Zopf
Stammholz	A				35	
	B	3 bis 19,5	0,1		10	
	C				10	
Industrieholz lang	IN	3 bis 19,5				
Industrieholz kurz	IN	1 bis 3	0,1	7	7	7

Güteklasseneinteilung und Holzpreise

Eine zentrale Rolle für die monetäre Bewertung der Modellbestände nehmen die Verteilung der Mengenanteile je Güteklasse sowie die zugewiesenen Holzpreise je Güte und Stärkeklasse ein.

Neben der hohen Mortalität über alle Bestandesalter hinweg (NW-FVA 2016) kommt es in Folge des ETS auch zu einer deutlichen Zunahme an Verfärbungen oder anderen wertmindernden Schäden am Stammholz (NW-FVA 2016; ForstBW 2018; Lenz & Straßer 2019). Da dies sich auch auf die Verteilung der Mengenanteile je Güteklasse auswirkt, wurde zwischen der Güteverteilung vor Eintritt des ETS bzw. nach Eintritt des ETS unterschieden. Die Datengrundlage für diese Einteilung basiert dabei auf einer Auswertung der Einschlagsdaten der Staatswälder Baden-Württembergs, Hessens, Mecklenburg-Vorpommerns und Niedersachsens für die Jahre 2000-2021. Die Auswirkung des Eschentriebsterbens auf die Mengenanteile je Stärke und Güteklasse wird beispielhaft am prozentualen Anteil des Industrieholzes an der Gesamtheit des Holzeinschlages vor und nach Eintritt des Eschentriebsterbens in Abbildung 5 dargestellt. Tabelle 10 gibt einen Überblick über alle im Modell verwendeten Mengenverteilungen.

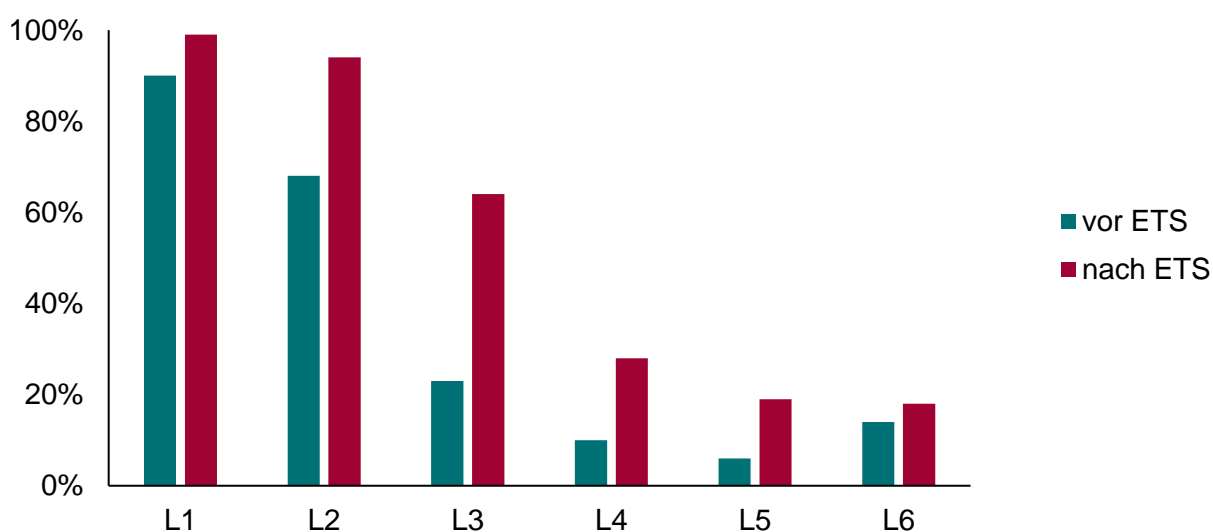


Abbildung 5: Prozentualer Industrieholzanteil des Holzeinschlages vor und nach Eintritt des ETS

Für die Ermittlung der Holzpreise wurde ebenfalls auf die Daten der oben genannten Staatswälder zurückgegriffen. Hierbei wurde allerdings nicht zwischen Daten, die vor bzw. nach Eintritt des ETS erhoben wurden, unterschieden, da es nur geringfügige Änderungen im Preisniveau für die jeweiligen Güte- und Stärkeklassen innerhalb der Daten gab. Für Stammholzsortimente wurde ein güte- und stärkeklassenabhängiger Preis ermittelt. Für Industrieholz wurde ein über alle Stärkeklassen hinweg gemittelter Wert verwendet (Tabelle 11).

Tabelle 10: Güteverteilung vor und nach Eintritt des ETS

Güteverteilung vor Eintritt ETS						
Güte	L1	L2	L3	L4	L5	L6
A				2 %	8 %	12 %
B	2 %	12 %	31 %	42 %	46 %	42 %
C	8 %	20 %	46 %	46 %	40 %	32 %
IN	90 %	68 %	23 %	10 %	6 %	14 %
Güteverteilung nach Eintritt ETS						
Güte	L1	L2	L3	L4	L5	L6
A				1 %	5 %	15 %
B		2 %	15 %	33 %	40 %	38 %
C		3 %	20 %	38 %	36 %	29 %
IN	100 %	95 %	65 %	28 %	19 %	18 %

Tabelle 11: Verwendete Holzpreise

Güte	L1	L2	L3	L4	L5	L6
A				187 €	192 €	220 €
B	57 €	62 €	84 €	121 €	145 €	161 €
C	53 €	57 €	71 €	86 €	96 €	101 €
IN			Ø 39 €			

Teilarbeiten und Holzerntekosten

Neben den verwendeten Güteverteilungen und Holzpreisen stellen die verwendeten Arbeitsverfahren und die damit einhergehenden Kosten die dritte und letzte zentrale Einflussgröße für die monetäre Bewertung der Modellbestände dar. Für die Aufarbeitung des anfallenden Hiebsvolumens wurden in enger Absprache mit der Abteilung Waldnutzung der FVA Baden-Württemberg drei Arbeitsverfahren definiert (Tabelle 12). Die Aufarbeitung bis zu einem BHD von 50 cm erfolgt hochmechanisiert. Oberhalb dieses Bereiches kommt ein motor-manuelles Verfahren zum Einsatz. Gerückt wird mit einem Forstspezienschlepper inklusive Spezialausrüstung, um den Einsatz sowohl im Schwachholz- wie auch im Starkholzbereich zu gewährleisten. Alle Holzerntemaßnahmen wurden als Regieeinsatz im Zeitlohn ausgeführt. Die Lohnnebenkosten wurden auf 150 % festgelegt. Die Produktivitätsdaten der mechanisierten Teilarbeiten (hochmechanisierte Holzernte und Rücken) wurden der „Informationsplattform Holzernteverfahren“ der FVA Baden-Württemberg entnommen. Die Leistungsdaten

für die motormanuelle Aufarbeitung basieren auf den „Zeitbedarfstafeln für die motormanuelle Holzernte“ des Kuratoriums für Waldarbeit und Forsttechnik (KWF). Die verwendeten Lohn- und Sachkosten stammen aus der AFL-Info 2020/21 (Arbeitsgemeinschaft forstwirtschaftlicher Lohnunternehmer).

Tabelle 12: Verwendete Teilarbeiten

Teilarbeit	Lose	Einsatzbereich BHD [cm]	Lohnkosten [€/h]	Sachkosten [€/MAS]
hochmechanisierte Holzernte (Harvester)	Stammholz B & C Industrieholz lang und kurz	7–50	17,86	163,-
motormanuelle Holzernte	Stammholz A-C Industrieholz lang und kurz	> 50	15,39	3,26
Rücken (Forstspezialschlepper mit Spezialausrüstung)	Stammholz A-C Industrieholz lang und kurz	Gesamt	17,86	102,-

Aufgrund des erhöhten Gefahrenpotentials in erkrankten und insbesondere in stark durch Stammfußnekrosen befallenen oder abgestorbenen Eschenbeständen sind bei sämtlichen Eingriffen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bzw. -minimierung umzusetzen. Dieser Mehraufwand führt zu deutlich höheren Erntekosten, die in gesunden Beständen so nicht anfallen würden. Daher wurde im Modell bei der Aufarbeitung zwischen Beständen mit und ohne ETS unterschieden. Im Modell wird der Mehraufwand durch einen erhöhten Kostenzuschlag abgebildet. Für die Überprüfung der Auswirkung unterschiedlicher Kostenzuschläge auf die durchschnittlichen Erntekosten wurde ein Beispieldatensatz erstellt, der auf den Ergebnissen der simulierten Modellbestände beruht. Mit dessen Hilfe war es möglich, die Holzerntekosten für die gesamte Bandbreite der in den Daten vorkommenden Stärkeklassen zu berechnen. Für die Kalibrierung der Ergebnisse wurden die durchschnittlichen Erntekosten der Modellvarianten mit den gemittelten Erntekosten aus dem Testbetriebsnetz des BMEL (Werte für Gesamtwald Baden-Württemberg, Durchschnitt der Jahre 1998-2018) verglichen. Der Vergleich zeigt, dass bei einem Kostenzuschlag von 10 % (Modellvariante M1) mit einer Abweichung von 2 % das Niveau der gemittelten Erntekosten aus dem Testbetriebsnetz erreicht wird (Tabelle 13).

Tabelle 13: Vergleich der durchschnittlichen Erntekosten der verschiedenen Modellvarianten mit den gemittelten Erntekosten aus dem Testbetriebsnetz BMEL

	Holzeinschlag [€/Efm]	Holzrücken [€/Efm]	Holzernte [€/Efm]	Unterschied zu TBN [%]
TBN 1998-2018	17,7	9,0	26,8	0 %
M1 Kostenzuschlag 0 %	13,2	10,6	23,8	-11 %
M1 Kostenzuschlag 10 %	14,5	11,7	26,2	-2 %
M2 Kostenzuschlag 20 %	15,9	12,7	28,6	7 %
M3 Kostenzuschlag 30 %	17,2	13,8	31,0	16 %
M4 Kostenzuschlag 40 %	18,5	14,8	33,3	25 %

Damit stellt die Modellvariante „M1“ ein aussagekräftiges Abbild der in der Praxis durchschnittlich anfallenden Erntekosten dar. Für die Bewertung der Modellbestände mit Einfluss des ETS wird neben einem erhöhten

Kostenzuschlag weiterhin unterstellt, dass sich mit zunehmendem Schädigungsgrad der Bestände (nach fünf und 15 Jahren ETS) auch der Aufwand für die Umsetzung von Maßnahmen zur Arbeitssicherheit entsprechend erhöht. Tabelle 14 zeigt die letztendlich verwendeten durchschnittlichen Erntekosten für Bestände mit und ohne ETS.

Tabelle 14: Holzerntekosten für Bestände mit und ohne ETS

	Holzeinschlag [€/Efm]	Holzrücken [€/Efm]	Holzernte [€/Efm]
Bestände ohne ETS	14,5	11,7	26,2
Bestände mit ETS – schwach geschädigt	15,9	12,7	28,6
Bestände mit ETS – stark geschädigt	18,5	14,8	33,3

In Abbildung 6 wird beispielhaft dargestellt, wie sich die Erntekosten abhängig von der jeweiligen Stärkeklasse und den verwendeten Teilarbeiten für die Variante ohne ETS zusammensetzen.

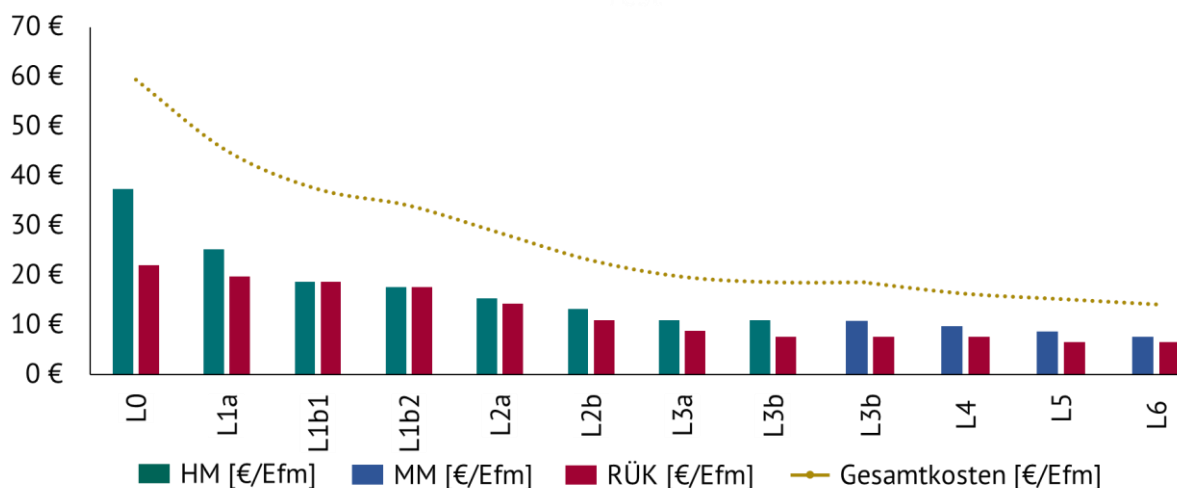


Abbildung 6: Holzernstkosten für die Aufarbeitung des anfallenden Hiebvolumens ohne ETS

In Grün werden die Kosten je Festmeter für die hochmechanisierte und in Blau die Kosten für die motormanuelle Aufarbeitung dargestellt. In Rot werden die Rückekosten abgebildet. Die Gesamtkosten für die Holzernte setzen sich aus der Summe der verwendeten Teilarbeiten zusammen. Die durchschnittlichen Erntekosten je Festmeter liegen bei 26,20 €

Berechnung der erntekostenfreien Erlöse

Für die Berechnung der erntekostenfreien Erlöse des verbleibenden und ausscheidenden Bestands werden auf Basis der oben dargestellten Parameter (Sortieranweisung, Güteverteilung, Holzpreise, Teilarbeiten und Kostenzuschläge) für jeden Modellbestand die anfallenden Sortimente, Holzvolumen, Holzerntekosten und Holzerlöse ausgegeben. Der erntekostenfreie Erlös ergibt sich dann aus der Differenz zwischen dem Bruttoerlös des verbleibenden bzw. ausscheidenden Bestandes und den für die Aufarbeitung notwendigen Aufarbeitungskosten.

Neben der Berechnung der erntekostenfreien Erlöse werden durch das Programm Holzernte in diesem Schritt zusätzliche Bestandesdaten für den verbleibenden und ausscheidenden Bestand berechnet. Hierzu zählen unter anderem die Stammzahl, die Mittelhöhe, der Mitteldurchmesser und der Vorrat.

1.3 Berechnung des jährlichen Holzproduktionswerts der Modellbestände

Die Berechnung der Annuitäten beruht auf den Ergebnissen der Sortierung mit „Holzernte 8.2“. Mit Hilfe des Bewertungsansatzes von Möhring und Rüping (2006) wurden die erntekostenfreien Erlöse der Modellbestände in eine Annuität überführt. Dabei wurde ein Kalkulationszinssatz von 1,5 % unterstellt. Der gewählte Zinssatz entspricht dabei dem für forstökonomische Betrachtungen üblicherweise gewählten Wert, der u. a. vom „Deutschen Forstwirtschaftsrat“ vorgeschlagen wird. Bedingt durch den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren wurde die Formel für die Berechnung des jährlichen Holzproduktionswerts für kürzere Zeiträume verwendet.

$$(5) a_n = \left(\frac{A_{x+n}}{(1+i)^n} + \sum_{a=x}^{x+n} \frac{D_a}{(1+i)^{a-x}} - A_x \right) \cdot \frac{i \cdot (i+1)^n}{(1+i)^n - 1}$$

- A_x = erntekostenfreier Abtriebswert zum Zeitpunkt x
- A_{x+n} = erntekostenfreier Abtriebswert zum Zeitpunkt $x+n$
- D_a = Durchforstungserträge
- i = Kalkulationszinssatz

Im Sinne des hier beschriebenen Ansatzes können für alle Szenarien mit und ohne ETS die jährlichen Holzproduktionswerte je Hektar ermittelt werden.

2 Ergebnisse der Analyse der monetären Folgen des Eschentriebsterbens

Aufgrund der Unterschiede, die zwischen den verschiedenen Behandlungsszenarien bestehen, der großen Anzahl an Ausgangssituationen (Bestandesalter und DGZ-Stufe) und dem Umstand, dass Holzträge je nach Bestandesalter und Baumart stark variieren, wird im Folgenden auf eine umfangreiche Darstellung aller Ergebnisse und Varianten verzichtet. Vielmehr werden anhand von mehreren Beispielen die grundsätzlichen Zusammenhänge sowie die Auswirkungen der modellspezifischen Unterschiede zwischen den drei Behandlungsszenarien auf die ökonomische Bewertung näher erläutert. Hierbei wird jeweils auf die Variante mit und ohne ETS näher eingegangen. Als Beispiel dient hierbei ein 50-jähriger Ausgangsbestand mit folgenden Eigenschaften (Tabelle 15).

Tabelle 15: Werte eines 50-jährigen Ausgangsbestand der dGz-Stufe 7

Ausgangsbestand	
dGz-Stufe	7
Alter	50
Stammzahl	426
Mittelhöhe	25
Mitteldurchmesser	25
Vfm/ha	250

2.1 Vorratsentwicklung

Abbildung 7 zeigt die Auswirkung der drei oben beschriebenen Behandlungsszenarien (Kapitel 1.1) auf die Vorratsentwicklung des verbleibenden Bestands ohne Einfluss des ETS über einen Zeitraum von 30 Jahren. Wie zu sehen ist, führt die geringere Eingriffsintensität für die „Szenarien 2 und 3“ zu einem deutlich stärkeren Vorratsaufbau im Vergleich zu „Szenario 1“, dessen Grundlage die Empfehlungen für die waldbauliche Behandlung von Eschenbeständen vor Eintritt des ETS in Deutschland bildet.

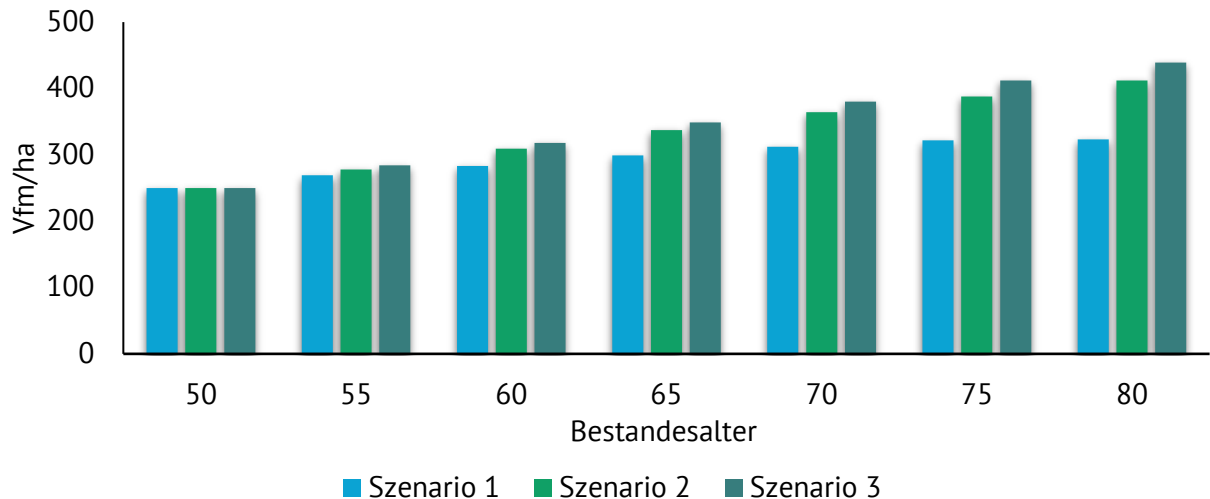


Abbildung 7: Beispiel für die Vorratsentwicklung des verbleibenden Bestandes ohne ETS

In Abbildung 8 ist die Vorratsentwicklung für die drei Behandlungsszenarien unter Einfluss des ETS dargestellt. Bedingt durch den Umstand, dass sich die gesamte Mortalität des ETS (61 %) auf die Stammzahl zu Beginn der Betrachtungsperiode bezieht, führt die stärkere Eingriffsintensität (entnommene Vfm/ha) unter „Szenario 1“ zu einer deutlich höheren Stammzahlreduktion im Vergleich zu „Szenario 2 und 3“.

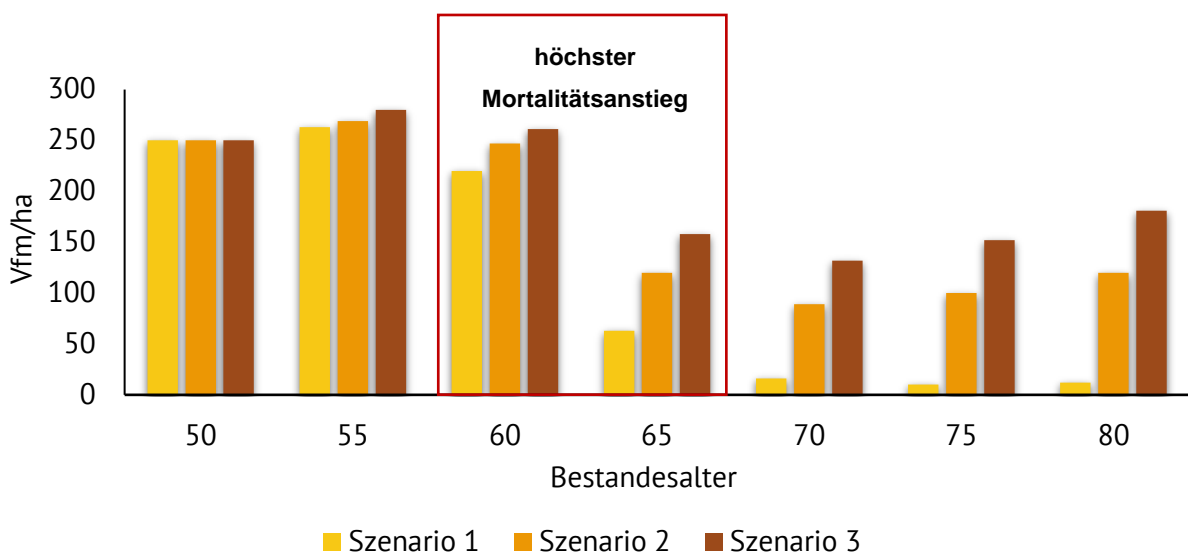


Abbildung 8: Vorratsentwicklung des verbleibenden Bestandes mit ETS

Zum Zeitpunkt des größten Mortalitätsanstiegs, also zwischen 10-15 Jahren nach Eintritt des ETS, liegt die Stammzahl für „Szenario 1“ bereits deutlich unter den Stammzahlen der beiden anderen Szenarien. Dieser Umstand führt folglich dazu, dass zum Ende des Betrachtungszeitraums für „Szenario 1“ weniger Individuen und damit Vfm/ha auf der Fläche verbleiben.

2.2 Entwicklung des Mitteldurchmessers

In Abbildung 9 ist die Entwicklung des Mitteldurchmessers für die drei Behandlungsszenarien ohne Einfluss des ETS dargestellt. Wie hier zu sehen ist, führen die niedrigeren Eingriffsintensitäten der „Szenarien 2 und 3“ in Folge einer weniger starken Freistellung des verbleibenden Bestandes zu einem geringeren Zuwachs, was wiederum in einem kleineren Mitteldurchmesser im Vergleich zu „Szenario 1“ resultiert.

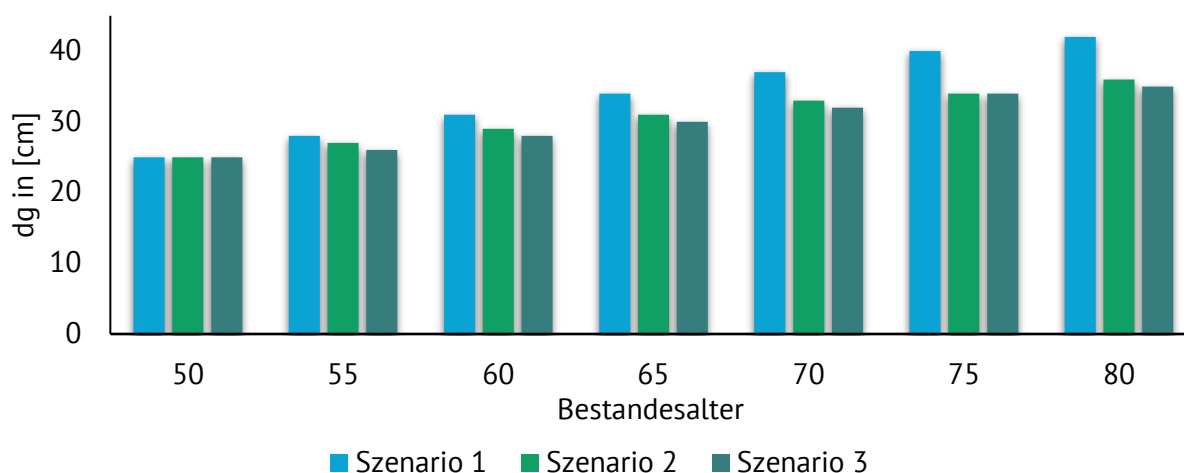


Abbildung 9: Entwicklung des Mitteldurchmessers des verbleibenden Bestandes ohne ETS

Betrachtet man nun die Entwicklung des Mitteldurchmessers unter Einfluss des ETS, so zeigt sich, dass der Mitteldurchmesser in allen drei Szenarien zwar stärker ansteigt, der Unterschied zwischen „Szenario 1“ und „Szenario 2 und 3“ allerdings weiterhin bestehen bleibt (Abbildung 10)

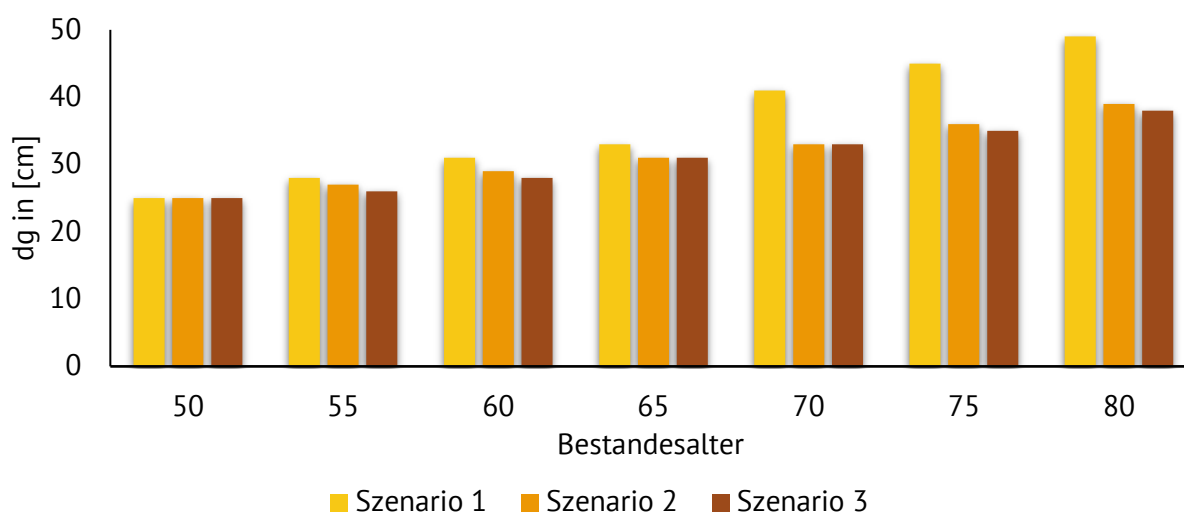


Abbildung 10: Entwicklung des Mitteldurchmessers des verbleibenden Bestandes mit ETS

2.3 Bruttoerlös

Wie sich das zugrundeliegende Behandlungsszenario auf den durchschnittlichen Bruttoerlös pro Erntefestmeter des verbleibenden Bestandes auswirken kann, zeigt Abbildung 11. Ausgehend von einem durchschnittlichen Bruttoerlös von 41 € je Erntefestmeter steigt der durchschnittlich erzielte Preis unter „Szenario 1“ nach 30 Jahren auf 62 € an. Für „Szenario 2“ und „Szenario 3“ liegt der Wert bei 50 € und 48 €. Die schnellere Wertsteigerung von „Szenario 1“ und der Unterschied zu den beiden anderen Szenarien ist ein direktes Resultat aus dem höheren Mitteldurchmesser (Abbildung 9) und der damit einhergehenden Verschiebung der Güte- und Mengenanteile je Stärkelasse des verbleibenden Bestandes (Tabelle 10) .

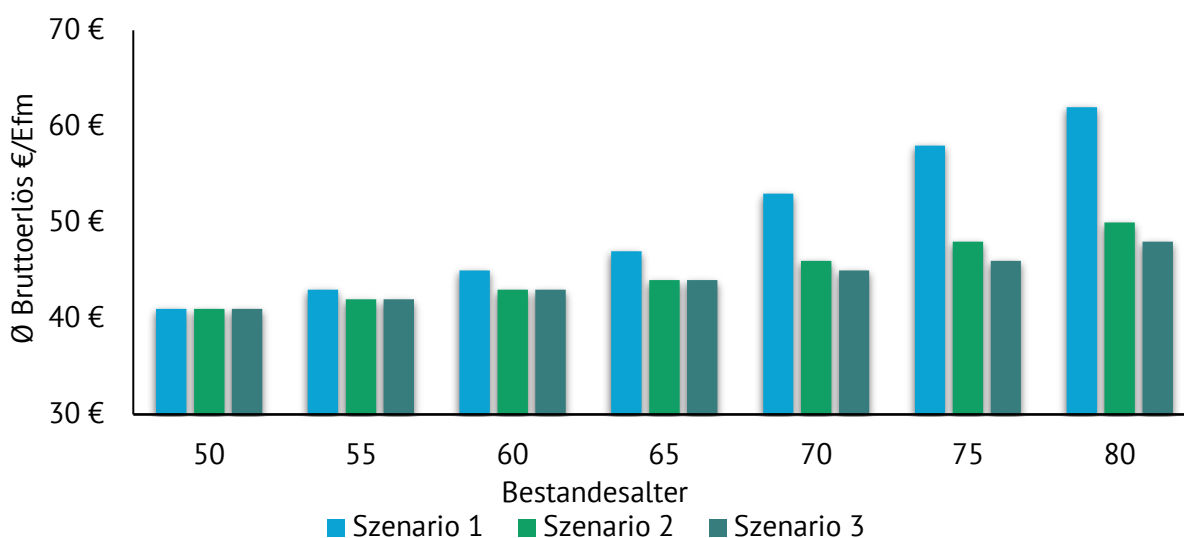


Abbildung 11: Entwicklung Bruttoerlöses des verbleibenden Bestandes ohne ETS

Der Einfluss des ETS auf den durchschnittlichen Bruttoerlös zeigt Abbildung 12. Hierbei sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen: Zunächst wirkt sich die unter Einfluss des ETS veränderte Verteilung der Mengenanteile je Güteklasse negativ auf den durchschnittlichen Bruttoerlös aus. Weiterhin wird der Anteil eines Bestandes, der in Folge des ETS ausscheidet, zufällig bestimmt. Das heißt, es kann durchaus sein, dass die besten bzw. schlechtesten Güteklassen in einem Bestand ausscheiden, was je nachdem einen negativen bzw. positiven Effekt auf den durchschnittlichen Bruttoerlös haben kann. Als letzter Punkt kommt noch hinzu, dass für alle Bäume, die an den Folgen des ETS abgestorben sind, der nutzbare Stammholzbereich durch Stammfußnekrosen um zwei Meter verringert ist.

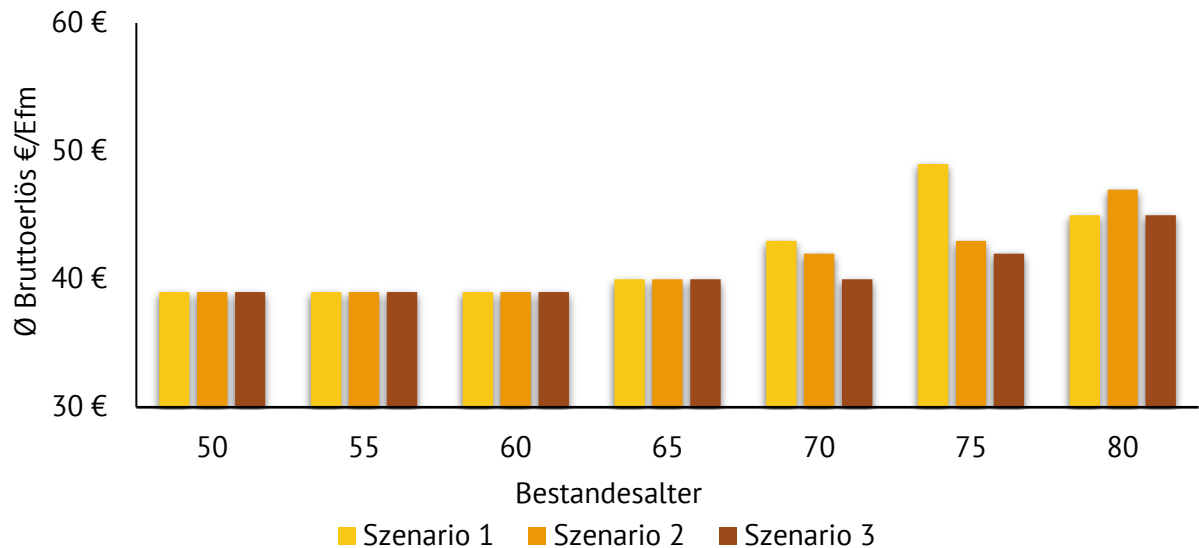


Abbildung 12: Entwicklung Bruttoerlöses des verbleibenden Bestandes mit ETS

2.4 Erntekosten

Wie sich das zugrundeliegende Behandlungsszenario auf die durchschnittlichen Erntekosten pro Erntefestmeter des verbleibenden Bestandes auswirken kann, zeigt Abbildung 13.

In Folge des Stück-Masse-Gesetzes kommt es in alle drei Szenarien zu sinkenden Erntekosten. Am stärksten ausgeprägt ist dieser Effekt für „Szenario 1“. Aufgrund der stärkeren Eingriffe und der daraus resultierenden größeren Durchmesserzunahme des verbleibenden Bestandes sinken die Erntekosten entsprechend stärker als für die beiden anderen Szenarien.

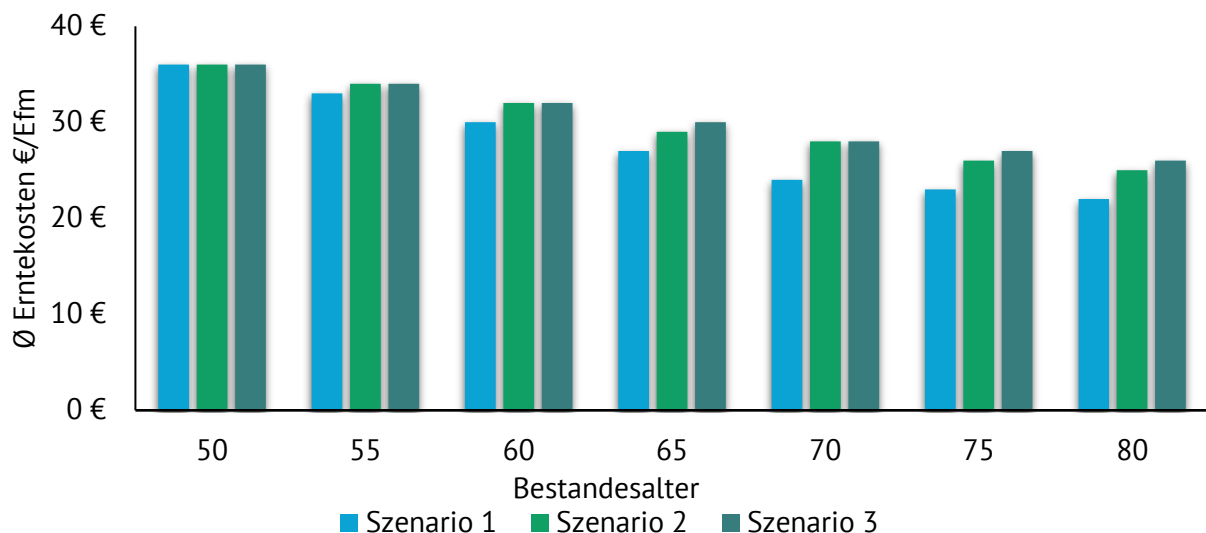


Abbildung 13: Entwicklung der Erntekosten des verbleibenden Bestandes ohne ETS

Für die Variante mit ETS kommt noch ein weiterer Faktor hinzu, den es bei der Betrachtung der durchschnittlichen Erntekosten zu berücksichtigen gilt. Aufgrund der zunehmenden Schädigung der Bestände im Verlauf des ETS und den damit erhöhten Ansprüchen an die Arbeitssicherheit kommt es zu erhöhten Erntekosten (Tabelle 14). Dabei steigen die Erntekosten nach fünf Jahren zum ersten und zum zweiten Mal nach 15 Jahren an, wenn die Schädigung der Bestände deutlich zunimmt (Abbildung 14).

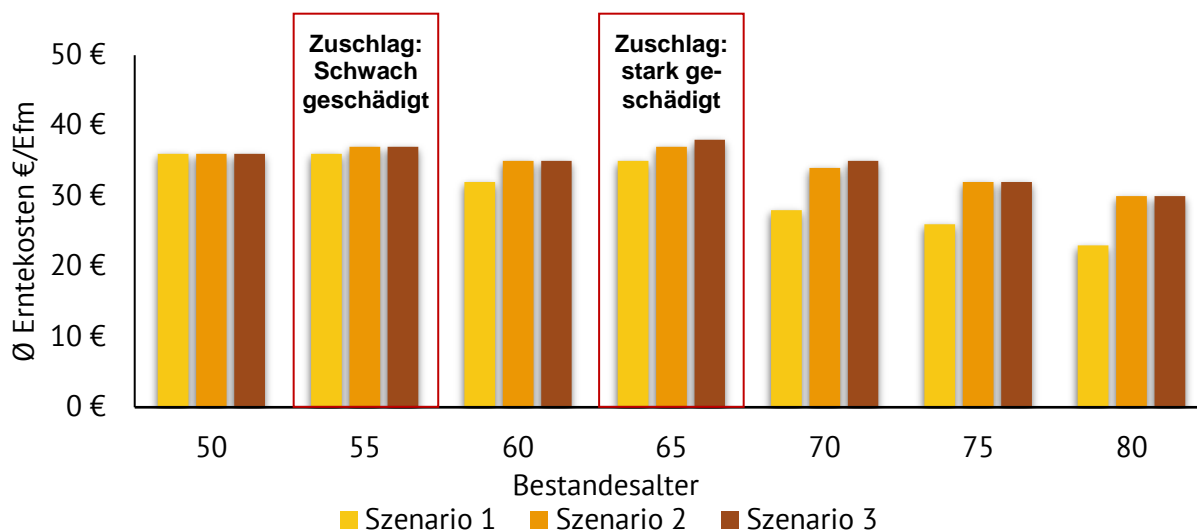


Abbildung 14: Entwicklung der Erntekosten des verbleibenden Bestandes mit ETS

2.5 Erntekostenfreier Erlös

Wie in den vorherigen Beispielen gezeigt werden konnte, kommt es in Folge der höheren Eingriffsintensität für „Szenario 1“ und dem damit verbundenen stärkeren BHD-Zuwachses des verbleibenden Bestandes zu einer erhöhten Wertsteigerung verglichen mit „Szenario 2 und 3“ (Abbildung 15).

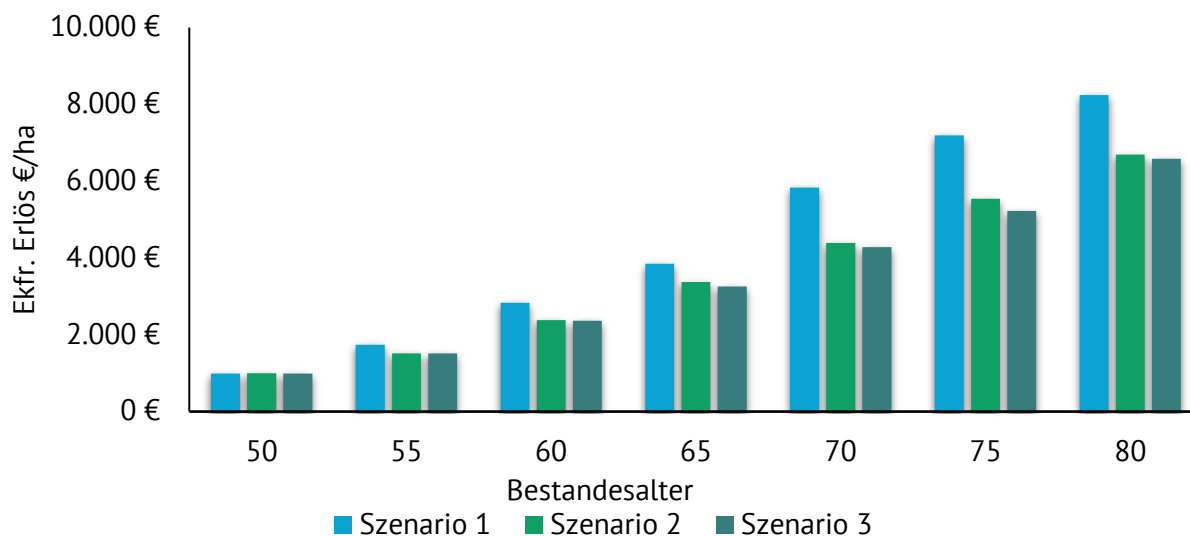


Abbildung 15: Entwicklung des Erntekostenfreien Erlöses des verbleibenden Bestandes ohne ETS

Wie zu erkennen ist, ist dieser Unterschied bereits nach fünf Jahren deutlich zu erkennen und wächst im Verlauf der Betrachtungsperiode von 30 Jahren merklich an. Ausgehend von einem erntekostenfreien Erlös des verbleibenden Bestands von knapp 1000 € erhöht sich dieser Wert des Bestandes für „Szenario 1“ auf ca. 8250 €. Im Vergleich dazu beläuft sich der Wert für „Szenario 2“ auf etwas unter 7000 €. Für „Szenario 3“ liegt der Wert sogar knapp 2000 € unter dem Wert von „Szenario 1“.

Unter Einfluss des ETS kommt es im Vergleich zu der Variante ohne ETS zu einer starken Reduktion der erntekostenfreien Erlöse (Abbildung 16). Der naheliegendste Grund liegt in der durch das ETS verursachten Mortalität und der damit einhergehenden vorzeitigen Nutzung großer Teile des Bestandes. Der hierdurch entstehende Wertverlust wird zusätzlich durch die Verschiebung der Mengen und Güteanteile je Stärkeklasse in Folge des ETS verstärkt (Tabelle 10). Verschärft wird dieser Umstand darüber hinaus durch die erhöhten Holzerntekosten in vom ETS betroffenen Beständen, was zu einer weiteren Verschlechterung der Kosten-Erlös-Situation beiträgt. Wie im Beispiel für die Vorratsentwicklung bereits aufgezeigt, kommt es in Kombination aus der durch das ETS verursachten Mortalität und der höheren Eingriffsintensität für „Szenario 1“ zu einem deutlich stärkeren Vorratsabbau im Vergleich zu „Szenario 2“ und „Szenario 3“. Wie in Abbildung 16 ersichtlich, führt dieser Umstand dazu, dass im vorliegenden Beispiel der erntekostenfreie Erlös des verbleibenden Bestandes für „Szenario 1“ merklich unterhalb des Wertes für „Szenario 2“ und „Szenario 3“ liegt.

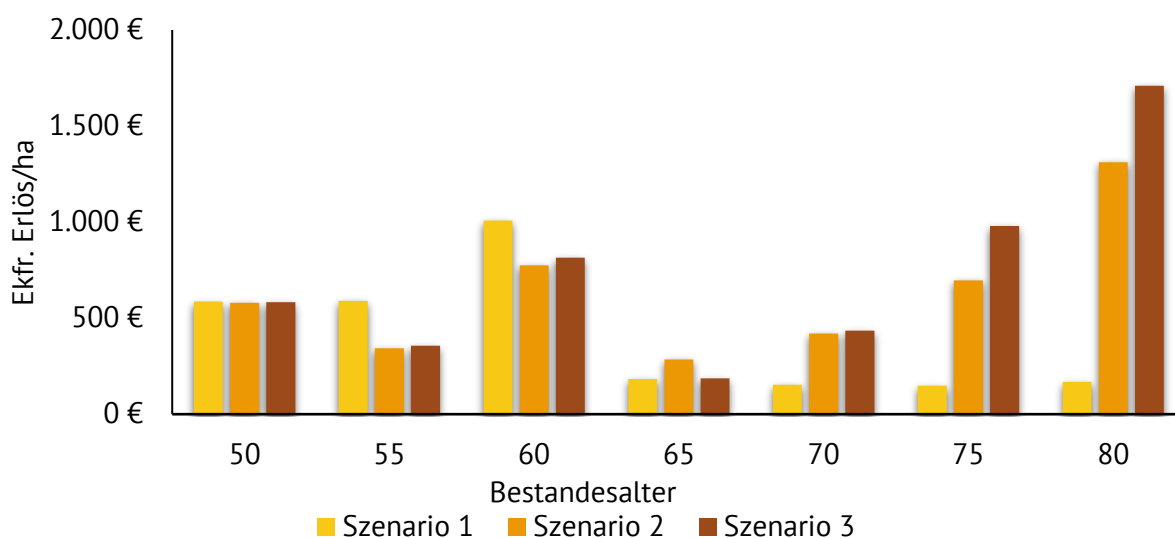


Abbildung 16: Entwicklung des erntekostenfreien Erlöses des verbleibenden Bestandes mit ETS

2.6 Annuitätsverlauf

Die Auswirkungen des zugrundeliegenden Behandlungsszenarios auf den Annuitätsverlauf über einen Zeitraum von 30 Jahren ohne ETS zeigt Abbildung 17. Obwohl der Ausgangsbestand für alle drei Behandlungsszenarien identisch ist, ist bereits nach fünf Jahren ein deutlicher Unterscheid von „Szenario 1“ gegenüber „Szenario 2“ und „Szenario 3“ zu erkennen. Dieser Trend setzt sich auch über den weiteren Betrachtungszeitraum fort. Wie in den vorherigen Abschnitten aufgezeigt, ist der Hintergrund hierfür, dass es durch die Anwendung von „Szenario 1“ im Verlauf des Betrachtungszeitraums zu einer deutlich höheren Wertsteigerung des

verbleibenden Bestandes kommt. Dies zieht folglich ebenfalls einen höheren erntekostenfreien Erlös des auscheidenden Bestandes nach sich, was wiederum in einer höheren Annuität mündet.

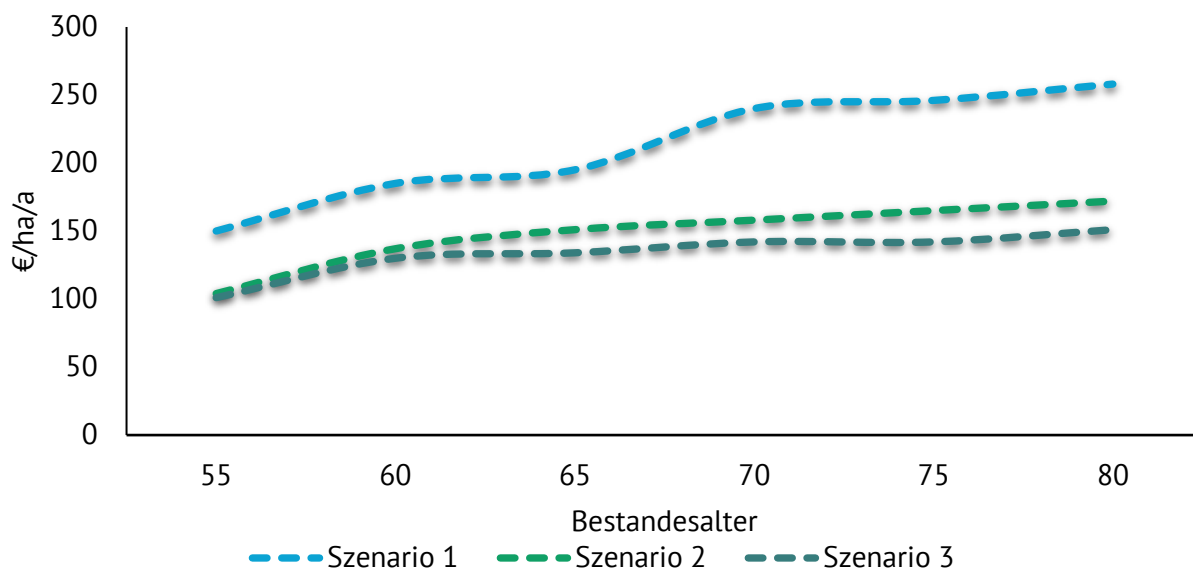


Abbildung 17: Annuitätsverlauf ohne ETS

Betrachtet man nun den Annuitätsverlauf unter Einfluss des ETS, so zeigt sich infolge der durch das ETS verursachten höheren Mortalität, der schlechteren Güteverteilung (Tabelle 10) und den erhöhten Erntekosten (Tabelle 14) ein deutlich anderes Bild (Abbildung 18). In den ersten zehn Jahren nach Beginn des ETS findet in allen Beständen zunächst eine deutliche Wertsteigerung statt. Die moderat einsetzende Mortalität in Kombination mit der planmäßigen Durchforstung resultiert in einem stärkeren BHD-Zuwachs und führt so folglich zu einer stärkeren Wertsteigerung als in der Variante ohne ETS.

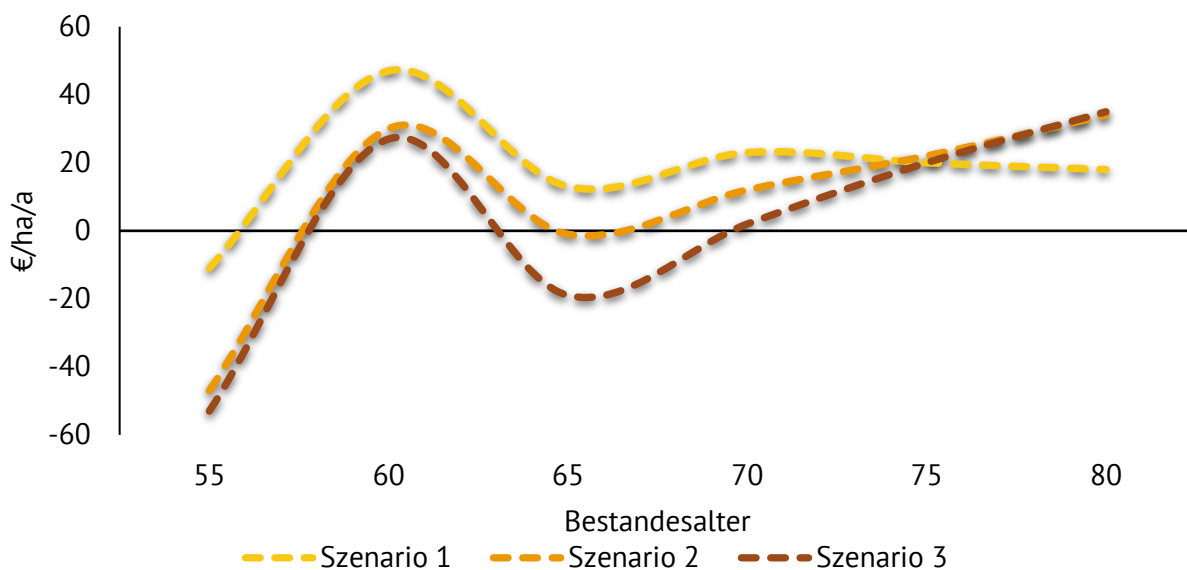


Abbildung 18: Annuitätsverlauf mit ETS

Nach diesem Zeitpunkt führen die steigenden Erntekosten und der rasch ansteigenden Moralität allerdings zu einem deutlichen Wertverlust. Zum Ende der Betrachtungsperiode kommt es schließlich für „Szenario 2“ und „Szenario 3“ zu einem erneuten Anstieg, der durch die geringere Eingriffsintensität und der Wertsteigerung des verbleibenden Bestandes zu begründen ist.

Wie groß die Unterschiede über die unterschiedlichen Bestandesalter und dGz-Stufen zwischen Beständen mit und ohne Einfluss des ETS tatsächlich sind, zeigt Abbildung 19. Zu sehen sind die Annuitäten zum Abschluss der Betrachtungsperiode von 30 Jahren für Modellbestände basierend auf der Ertragstafel nach Volquardts (1958). Für jede Alters- und dGz-Stufe wird dabei die Entwicklung eines Modellbestandes einmal mit und einmal ohne Einfluss des ETS abgebildet. Die Altersstufe gibt dabei das Alter des Bestandes zum Anfang der Betrachtungsperiode an. So zeigt beispielsweise der Wert im Alter 50 für die DGZ-Stufe 7, dass ausgehend von einem 50-jährigen Bestand nach einem Zeitraum von 30 Jahren die Annuität ohne Einfluss des ETS deutlich über der mit Einfluss des ETS liegt.

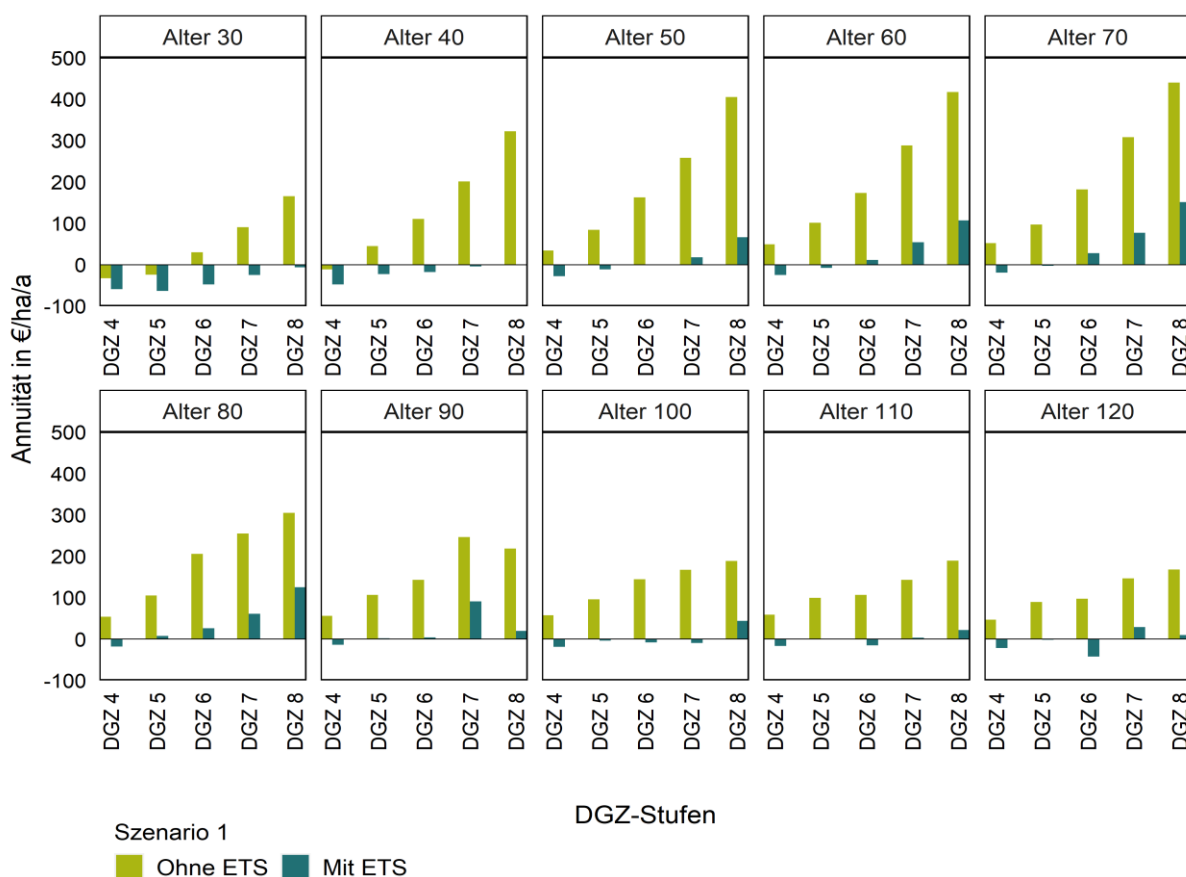


Abbildung 19: Übersicht über die Entwicklung des jährlichen Holzproduktionswerts (Annuität) Modellbestände basierend auf der Ertragstafel nach Volquardts (1958) und den dGz-Stufen 4 - 8. Für jede Altersstufe wird dabei die Entwicklung eines Modellbestandes über den Zeitraum von 30 Jahren und dGz-Stufe einmal mit und einmal ohne Einfluss des ETS abgebildet. Die Altersstufe gibt dabei das Alter des Bestandes zum Anfang der Betrachtungsperiode an. Das zugrundeliegende Behandlungsszenario („Szenario 1“) basiert auf den Empfehlungen zur Behandlung von Eschenbeständen in Deutschland vor Eintritt des ETS

3 Einordnung der verwendeten Methoden, Verfahren und Ergebnisse

Unter einem Modell versteht man die vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit. Idealerweise werden nur die Eigenschaften eines Systems in ein Modell aufgenommen, die im Zusammenhang mit einer zu beantworteten Problemstellung relevant sind (Lemm 1991). Wie groß der betrachtete Ausschnitt dabei ist bzw. welche Eigenschaften in ein Modell übernommen werden sollen, wird also maßgeblich durch die Grenzen des Modells festgelegt. Vor diesem Hintergrund ist es daher wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass es abhängig von der Fragestellung immer Aspekte geben wird, die von einem Modell nicht erfasst werden.

Aufgrund dieser Eigenschaften eines Modells dürfen die Ergebnisse, die durch die Modellierung gewonnen werden, nicht bedenkenlos auf die Wirklichkeit übertragen werden. Der Gültigkeitsbereich eines Modells ist somit auf die Eigenschaften und Parameter beschränkt, die innerhalb der Grenzen des Modells definiert sind. Bei der Verwendung bzw. Einordnung der Ergebnisse eines Modells ist es deshalb wichtig, sich diese Einschränkungen bewusst zu machen.

3.1 Waldwachstumskundliche Simulation

Der waldwachstumskundliche Simulator „Forest Simulator“ der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) wurde mithilfe von in Norddeutschland gelegenen Versuchsflächen parametrisiert. Die Wachstumsfunktionen basieren somit auf den Wuchsverhältnissen für Norddeutschland. Spezifische Wachstumsverhältnisse anderer Regionen Deutschlands wurden daher bei der Parametrisierung des Simulators nicht mitberücksichtigt. Da keine regionale Anpassung der verwendeten Wachstumskurven erfolgen konnte, kann es aufgrund der unterschiedlichen Wuchsbedingungen zu Abweichungen der Simulationsergebnisse von der tatsächlichen Entwicklung kommen. Da das Tool zur Analyse der monetären Folgen des ETS allerdings eine Anwendung für ganz Deutschland darstellt, sollte dieser Umstand bei der Einordnung der Ergebnisse entsprechen mitberücksichtigt werden.

Simulationseinstellungen

Die Simulation der Bestandesentwicklung der Modellbestände erfolgte auf Basis von gleichförmigen und gleichaltrigen Reinbeständen. Die Auswirkung des ETS auf mögliche Begleitbaumarten wurde nicht mitberücksichtigt. Ebenso wurde der Einwuchs von neuen Bäumen bei Ausfall der Esche über eine Verjüngungsschicht nicht miterfasst.

Die notwendigen Parameter für die Generierung eines neuen Ausgangsbestands wurde den Ertragstafeln nach Wimmenauer (1919) und Volquardts (1958) entnommen bzw. daraus abgeleitet. Als Eingangsgröße dienten neben dem Alter der Durchmesser des Grundflächenmittelstamms sowie der Durchmesser der hundert stärksten Bäume. Aufgrund des Alters der Ertragstafeln ist hierbei zu berücksichtigen, dass sich zum Zeitpunkt der Entwicklung der Ertragstafeln die damaligen Wuchsverhältnisse und Behandlungsmuster von den heutigen Verhältnissen unterscheiden.

3.2 Mortalitätsmodell

Für die Ermittlung des Mortalitätsverlaufs eines Eschenbestands unter Einfluss des ETS wurde das von Coker et al. (2019) entwickelte Modell verwendet. Eine zentrale Annahme des Modells ist dabei, dass der Anteil der gestorbenen Bäume direkt davon abhängig ist, wie lange ein Bestand dem Einfluss des ETS ausgesetzt ist.

Das heißt, mit zunehmender Dauer steigt die Mortalität entsprechend an. Demnach müsste die Mortalität in Folge des ETS im Laufe der Zeit 100 % erreichen. Eine Reihe von Studien konnte allerdings bereits nachweisen, dass aufgrund von genetischen Resistenzen einige Individuen zwar erkranken, aber nicht an den Folgen der Infektion sterben (Hopf et al. 2019, Klesse et al. 2020, Menkis et al. 2020). Auf Grundlage dieser Vorüberlegungen wurde von Coker et al. (2019) ein weiterer Parameter in das Modell integriert, der verhindert, dass eine Mortalität von 100 % erreicht werden kann.

Als Eingangsparameter zur Ermittlung des Mortalitätsverlaufs dienten die Ergebnisse einer Literaturstudie zur beobachteten Mortalität von Eschenbeständen unter dem Einfluss des ETS in Europa. Da verschiedene Studien eine altersabhängige Dynamik des Eschentriebsterbens nachweisen konnten (Marçais et al. 2017; Enderle et al. 2018; Klesse et al. 2020), wurden die Ergebnisse der Literaturstudie hinsichtlich des Bestandesalters in zwei Gruppen unterteilt. Es wurde zwischen Beständen < 30 Jahren und Beständen \geq 30 Jahren unterschieden.

Aufgrund der vorhandenen Datengrundlage konnte infolge der oben erläuterten Einteilung nur für Bestände mit einem Bestandesalter \geq 30 Jahre ein ausreichend großer Datensatz generiert werden, um den Mortalitätsverlauf zu berechnen. Doch selbst hier muss noch berücksichtigt werden, dass sich die Dynamik des ETS in einem 30-jährigen Eschenbestand zum Teil deutlich von der in einem 100-jährigen Bestand unterscheiden kann. Darüber hinaus liegen für den Zeitraum 15-30 Jahre nach Eintritt des ETS nur sehr wenige Eingangsgrößen (Studien) für das Modell vor (letzter Datenpunkt 20 Jahre nach ETS), weshalb für diesen Bereich vor allem eine Extrapolation auf Basis der Eingangsgrößen stattfindet.

Das Ergebnis des Mortalitätsmodells stellt eine mögliche Entwicklung des Verlaufs des ETS dar. Es ist keine Voraussage der tatsächlichen Entwicklung, da kein Modell die Komplexität aller Einflussfaktoren und deren Wechselbeziehungen abbilden kann. Klimatische und standörtliche Einflüsse auf den Verlauf des ETS wie z. B. extrem nasse vs. trockene Standorte oder ungünstige Witterungsbedingungen für die Sporenbildung wurden im Modell nicht berücksichtigt. Aber auch andere Faktoren wie die Änderung der Waldnutzung, die Entwicklung des Holzmarktes oder unterschiedliche Reaktionen der Waldbesitzer auf die Folgen des ETS können mittel- und langfristig nicht vorhergesagt werden und wurden daher ebenfalls nicht berücksichtigt.

Abbildung der Mortalität innerhalb des Simulators

Bei der Variante unter Einfluss des ETS wurde nach jedem Simulationsschritt zufällig eine definierte Anzahl an Individuen innerhalb eines Bestandes als abgestorben gekennzeichnet. Folglich fand nur eine Unterteilung zwischen vitalen und abgestorbenen Bäumen statt. Der Schadverlauf und der damit einhergehende Zuwachsverlust konnten bei der Simulation der Modellbestände nicht mit abgebildet werden.

Eine weitere Besonderheit, die es noch zu beachten gilt, ist, dass es infolge des ETS in stammzahlreichen Ausgangsbeständen zu einer vollständigen Bestandesauflösung kommen kann. Der Grund hierfür ist, dass zum einen die konkurrenzbedingte (natürliche) Mortalität in diesen Beständen relativ hoch ist. Weiterhin findet in den ersten zehn Jahren nach Beginn des ETS, wenn die Schäden noch gering sind, im Rahmen der planmäßigen Durchforstung der Bestände eine entsprechende Stammzahlreduktion statt. In Kombination mit der zusätzlichen Mortalität durch das ETS und dem Umstand, dass sich diese jeweils auf die Stammzahl zu Beginn der Betrachtungsperiode bezieht, kann es zu einer vollständigen Bestandesauflösung kommen.

3.3 Monetäre Bewertung der Modellbestände

Bei der Verwendung des Programms „Holzernte 8.2“ der FVA Baden-Württemberg sind für die sachgemäße Bedienung des Programms eine Reihe von unterschiedlichen Parametern zu bestimmen bzw. festzulegen. Neben der Loseinteilung und den Aushaltungsbesonderheiten haben vor allem die Güteverteilung, die Holzpreise und die gewählten Teilarbeiten mit ihren jeweiligen Kosten einen erheblichen Einfluss auf die monetäre Bewertung der Modellbestände. Nachfolgend auf spezifische Modellgrenzen hingewiesen, die durch die gewählten Einstellungen entstehen.

Losbildung

Bei der Losbildung wurde nur zwischen Stammholz und Industrieholz unterschieden. Energieholz wurde nicht erfasst.

Produktivitätsdaten der gewählten Teilverfahren

Die verwendeten Produktivitätsdaten für die hochmechanisierte Ernte wurden der „Informationsplattform Holzernverfahren“ der FVA Baden-Württemberg entnommen. Diese Werte basieren allerdings hauptsächlich auf der Auswertung von Produktivitätsdaten von Harvestern, die im Nadelholz eingesetzt wurden. Eine Recherche zu Produktivitätsdaten von Harvestern im Laubholz lässt allerdings den Schluss zu, dass je nach Bedingung ähnliche Leistungen erzielt werden könnten.

Kostenzuschläge der gewählten Teilverfahren

In der Praxis gibt es eine Reihe von unterschiedlichen standorts- und bestandesbezogenen Hiebsmerkmalen, aufgrund derer Zu- bzw. Abschläge vereinbart werden können. Die Kostenzuschläge für die Modellvarianten ohne ETS wurden dabei so gewählt, dass die durchschnittlichen Modellerntekosten den gemittelten Erntekosten aus dem Testbetriebsnetz des BMEL (aus Verfügbarkeitsgründen nur für das Teilkollektiv Baden-Württemberg) für die Jahre 1998-2018 entsprechen.

Die Bestimmung der verwendeten Kostenzuschläge für die Modellvarianten mit ETS erfolgte in enger Absprache mit der Abteilung Waldnutzung der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt. Auf konkrete Daten konnte in diesem Zusammenhang nicht zurückgegriffen werden, da hierzu derzeit keine systematischen Untersuchungen vorliegen.

3.4 Ergebnisse

Da die ökonomische Bewertung der Folgen des Eschentriebsterbens immer vor dem Hintergrund eines zu entwickelnden Entscheidungsunterstützungsinstruments durchgeführt wurden, war es von besonderer Bedeutung, möglichst unterschiedliche Szenarien und Ausgangssituationen in die Bewertung mit aufzunehmen. Eine pauschale Aussage über die ökonomischen Folgen des Eschentriebsterbens ist daher nur bedingt möglich, da die erwirtschafteten Beträge nicht nur von dem betrachteten Bestandesalter, den Holzerntekosten oder den zugrundeliegenden Holzpreisen abhängig sind, sondern auch durch die zugrundeliegenden Behandlungsszenarien beeinflusst werden. Unabhängig davon zeigen die durchgeführten Modellierungen allerdings, dass über alle Ausgangssituationen und Behandlungsszenarien hinweg die ökonomische Leistungsfähigkeit der Baumart Esche unter Einfluss des ETS deutlich abnimmt (Abbildung 19). Hauptverantwortlich hierfür ist die vorzei-

tige Entnahme von schwächeren, weniger wertvollen Holzsortimenten. Aber auch die steigenden Holzerntekosten aus Gründen der Arbeitssicherheit (Tabelle 14) tragen zu diesem erheblichen Wertverlust bei. Darüber hinaus zeigt sich, dass das zugrundeliegende Behandlungsszenario einen deutlichen Einfluss auf die Entwicklung der Bestände sowohl für die Variante mit als auch ohne ETS hat (Abbildungen 6 bis 17).

Vergleicht man die drei angewendeten Behandlungsszenarien ohne Einfluss des ETS, so zeigt sich, dass die aktuellen Empfehlungen zur waldbaulichen Behandlung von Eschenbeständen vor Eintritt des ETS („Szenario 1“) aus ökonomischer Perspektive die beste Option darstellen. Höher Eingriffsintensitäten (Tabelle 5) resultieren in einem stärkeren Durchmesserzuwachs (Abbildung 9) und führen dadurch zu einer positiven Verschiebung der Mengen und Güteanteile des verbleibenden Bestands. Infolgedessen kommt es zu einer deutlich höheren Wertsteigerung des verbleibenden Bestandes und den erwirtschafteten Erträgen aus dem ausscheidenden Bestand. Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren führt all dies dazu, dass unter Anwendung von „Szenario 1“ deutlich höhere Annuitäten erzielt werden als für die Szenarien, die auf den zugrundeliegenden Eingriffsintensitäten der Ertragstafeln nach Wimmenauer (1919) und Volquardts (1958) beruhen.

Unter Einfluss des ETS weisen die Ergebnisse allerdings darauf hin, dass Bestände die unter Verwendung von „Szenario 1“ gepflegt wurden, über die gesamte Betrachtungsperiode schlechter abschneiden als Bestände, die anhand von „Szenario 2“ oder „Szenario 3“ behandelt wurden. Durch den Umstand, dass sich die gesamte Moralität des ETS (61 %) auf die Stammzahl zu Beginn der Betrachtungsperiode bezieht, führt die stärkere Eingriffsintensität unter „Szenario 1“ zu einer deutlich höheren Stammzahlreduktion im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien. Da die Dynamik laut dem hier verwendeten Mortalitätsmodell in den letzten fünf bis zehn Jahren deutlich abnimmt (Abbildung 3), kommt es zum Ende der Betrachtungsperiode für „Szenario 2“ und „Szenario 3“ zu einer leichten Verbesserung, während unter „Szenario 1“ die Aussichten unverändert schlecht bleiben. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass das Potential des verbleibenden Bestandes, eine erneute Wertsteigerung zu generieren, direkt mit dem Alter und weiteren Standortfaktoren zusammenhängt. Nichtsdestotrotz legt dieses Ergebnis den Schluss nahe, dass ein zurückhaltender und umsichtiger Umgang mit vom ETS betroffenen Beständen aus ökonomischer Sicht vorteilhaft sein kann. Dieser Befund deckt sich darüber hinaus mit einem der Hauptgrundsätze vieler aktueller waldbaulicher Empfehlungen zum Umgang mit den Folgen des ETS, nach dem Eschen nur anhand von Vitalitätsaspekten und nach Möglichkeit nur aus Gründen der Verkehrs- und Standsicherheit sowie zur Vermeidung von Wertverlusten gefällt werden sollten (NW-FVA 2016; ForstBW 2018; Lenz & Straßer 2019).

4 Entscheidungsunterstützungsinstrument – monetäre Folgen des Eschentreibens

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse der sich ergebenden monetären Konsequenzen des ETS, hatte das Projekt zusätzlich das Ziel, ein für den deutschen Raum gültiges DSS zu entwickeln, das betroffenen Betriebe, insbesondere im Privat- und Kommunalwald, dabei unterstützt, die monetären Folgen des ETS fallbezogen einzuordnen.

4.1 Technische Umsetzung

Da das Tool zur Analyse der monetären Folgen des ETS einem möglichst großen Anwenderkreis zur Verfügung gestellt werden soll, gab es zwei Schwerpunkte, die bei der technischen Umsetzung des Tools im Fokus standen. Zum einen sollte das Tool eine einfache und unmittelbare Bedienung gewährleisten, zum anderen sollte für das Tool eine Softwarelösung gefunden werden, die einem breiten Nutzerkreis zur Verfügung steht und idealerweise ohne zusätzlichen Aufwand direkt verwendet werden kann.

Um eine für die Einzelbetriebe brauchbare Anwendung zu entwickeln und eine unmittelbare Bedienung zur gewährleisten, war es zunächst notwendig, die Datengrundlage zu klären, anhand welcher das Instrument später genutzt werden kann. Hierfür wurden die Forsteinrichtungsdaten der Betriebe/Forstbezirke, in denen die Untersuchungsflächen des Verbundvorhabens eingerichtet wurden, angefragt. Insgesamt wurden Daten aus 14 Forstbezirken/Revieren aufbereitet und ausgewertet (Tabelle 16).

Tabelle 16: Übersicht über die Herkunft der ausgewerteten Forsteinrichtungsdaten

Bundesland	Forstbezirk	Revier
Brandenburg	Landeswaldoberförsterei Reiersdorf	Stegelitz
Baden-Württemberg	FBEZ Unterland	Plattenwald
	FBEZ Mittleres Rheintal	Weisweil
Bayern	Forstbetrieb Kaisheim	Monheim
	Forstbetrieb Freising	Bruckberg
	Forstbetrieb Wasserburg a. Inn	Isen
Hessen	FoA Schotten	Schotten
Mecklenburg-Vorpommern	FoA Jägerhof	Karlsburg
Niedersachsen	FoA Münden	Mollenfelde
Sachsen	Stadtforsten Leipzig	Leutzsch
	Neustadt	Bienhof
Sachsen-Anhalt	FoA Ostharz	Huy
Thüringen	FoA Bad Berka	Ettersberg
	FoA Erfurt - Willrode	Schwanssee

Von dieser Auswertung ausgehend wurde das Tool hinsichtlich der Eingabeparameter, bestehend aus dem waldbaulichen Behandlungsszenario, der Bonität in Form der dGz-Stufe und der Vorratsmenge der Baumart Esche pro Hektar vor Eintritt des ETS auf die geringste noch notwendige Information vereinfacht. Hiermit wurde sichergestellt, dass das Tool ohne zusätzlichen Aufwand direkt auf Basis der Forsteinrichtungsdaten eines Betriebes eingesetzt werden kann. Aufbauend auf den Ergebnissen der oben beschriebenen Verfahren

konnte darüber hinaus das Tool als ein in sich geschlossenes System entwickelt werden. Dies hat den Vorteil, dass alle notwendigen Daten für die Analyse der monetären Folgen des ETS bereits implementiert sind. Somit ist das Tool nicht auf den Input von externen Daten angewiesen, die zuerst erhoben bzw. entsprechend aufbereitet werden müssten.

Die Anwendung durch einen breiten Kreis an Nutzenden wurde durch die Umsetzung des Tools mithilfe von „Microsoft Excel“ realisiert. Als das am weitesten verbreitete Tabellenkalkulationsprogramm bietet Excel den Vorteil, dass Nutzende des Tools sich nicht erst mit einer neuen Software vertraut machen müssen. Gleichzeitig ermöglicht Excel auf Basis der Programmiersprache „Visual Basic for Applications“ (VBA), sogenannte „Makros“ zu programmieren, die eine nutzerfreundliche Anwendung des Tools ermöglichen.

Da das Tool zur Analyse der monetären Folgen des ETS für die monetäre Bewertung der Folgen des ETS auf Betriebsebene entwickelt wurde, liegt der Fokus auf der Verarbeitung von jeweils einem Bestand und dessen Entwicklung über einen Zeitraum von 30 Jahren, einmal mit und ohne Einfluss des ETS. Die grundlegende Funktionsweise des Tools wird in Abbildung 20 dargestellt.

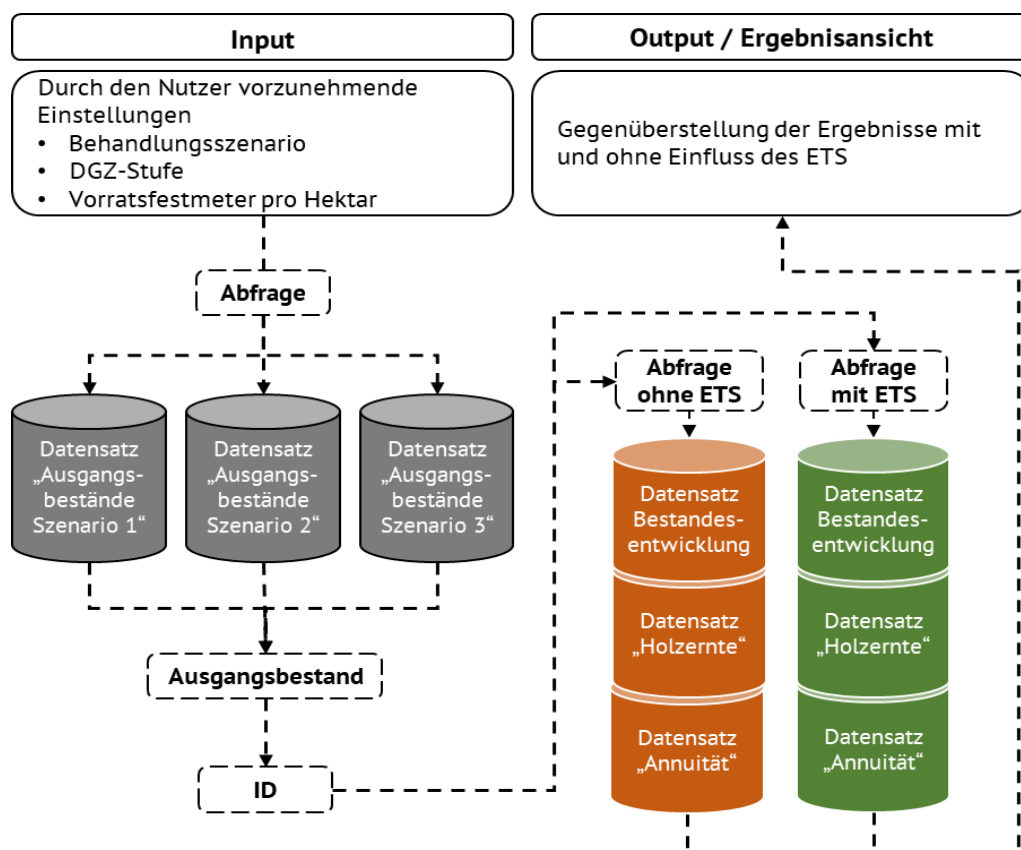


Abbildung 20: Schematischer Aufbau des Tools zur Analyse der monetären Folgen des ETS

Den Kern des Tools bildet eine auf drei Einstellungsparametern basierende Abfrageroutine. Die von den Nutzenden vorzunehmenden Einstellungen betreffen dabei das zugrundeliegende waldbauliche Behandlungsszenario, die Ertragsklasse in Form des durchschnittlichen Gesamtzuwachses in 100 Jahren (dGz-Stufe) sowie die Vorratsmenge der Baumart Esche pro Hektar eines Betriebes vor Eintritt des ETS (eigene Forstbetriebsdaten). Während die Einstellungsparameter für das Behandlungsszenario und die dGz-Stufe festlegen, in welchem Datenpool der entsprechende Ausgangsbestand ermittelt wird, dient der Wert für die Vorratsfestmeter

pro Hektar vor Eintritt des ETS zur Bestimmung des Ausgangsbestands innerhalb dieses Datenpools, der dem eingegeben Wert am ehesten entspricht.

Durch die interne Verknüpfung eines Ausgangsbestandes mit den entsprechenden Datensätzen ist es möglich, alle diesen Bestand betreffenden Daten abzurufen. Hierbei handelt es sich um die Ergebnisse der waldwachstumskundlichen Simulation und der monetären Bewertung der Bestände mit allen relevanten Informationen, die für die Analyse der monetären Folgen des ETS von Bedeutung sind. Hierzu zählen z. B. der jährliche Holzproduktionswert (Annuität) sowie bestandesbezogene Parameter für den verbleibenden und ausscheidenden Bestand. Eine Übersicht über die abgerufenen Datensätze gibt Tabelle 17: Bestandesweise hinterlegte Datensätze. Tabelle 17. Die Darstellung dieser Abfrage erfolgt innerhalb des Tools in tabellarischer bzw. graphischer Form.

Tabelle 17: Bestandesweise hinterlegte Datensätze.

* Datensätze sowohl für den verbleibenden und ausscheidenden Bestand

Ökonomische Informationen		
Bezeichnung	Einheit	Darstellung
jährlicher Holzproduktionswert	€/ha/Jahr	Tabelle & Diagramm
erntekostenfreier Erlös*	€/ha	Diagramm
Ø Bruttoerlös*	€/Efm	Diagramm
Ø Erntekosten*	€/Efm	Diagramm
Naturale Informationen		
Bezeichnung	Einheit	Darstellung
Stammzahl*	N/ha	Tabelle
Mittelhöhe*	m	Tabelle
mittlerer Durchmesser*	cm	Tabelle
Vorrat*	Vfm/ha	Tabelle & Diagramm
Mortalität	N/ha	Tabelle

Aufbau des Tools in Microsoft Excel

Der Aufbau des Tools in Microsoft Excel setzt sich aus einer Nutzeroberfläche (Front End) und einer dem Nutzer nicht zugänglichen im Hintergrund implementierten Datenstruktur (Back End) zusammen (Abbildung 21). Die Nutzeroberfläche besteht aus einer Startseite und aus drei Ergebnisansichten. Die Startseite dient dabei der Eingabe der notwendigen Einstellungen für die Abfrage der entsprechenden Datensätze und zur Navigation zu den Ergebnisansichten. Diese bestehen aus der Darstellung des jährlichen Holzproduktionswertes, der Bestandesentwicklung im Stil einer Ertragstafel und der graphischen Darstellung der wichtigsten Kenngrößen für die Analyse der monetären Folgen des ETS. Im Hintergrund liegen die Daten und die entsprechenden Abfrageroutinen und Makros, die für die Bedienung und Darstellung des Tools notwendig sind. Dieser Bereich ist den Nutzenden des Tools nicht zugänglich, da Änderungen an dieser Stelle erhebliche Funktionseinschränkungen in der Ausführung des Tools zur Folge haben können.

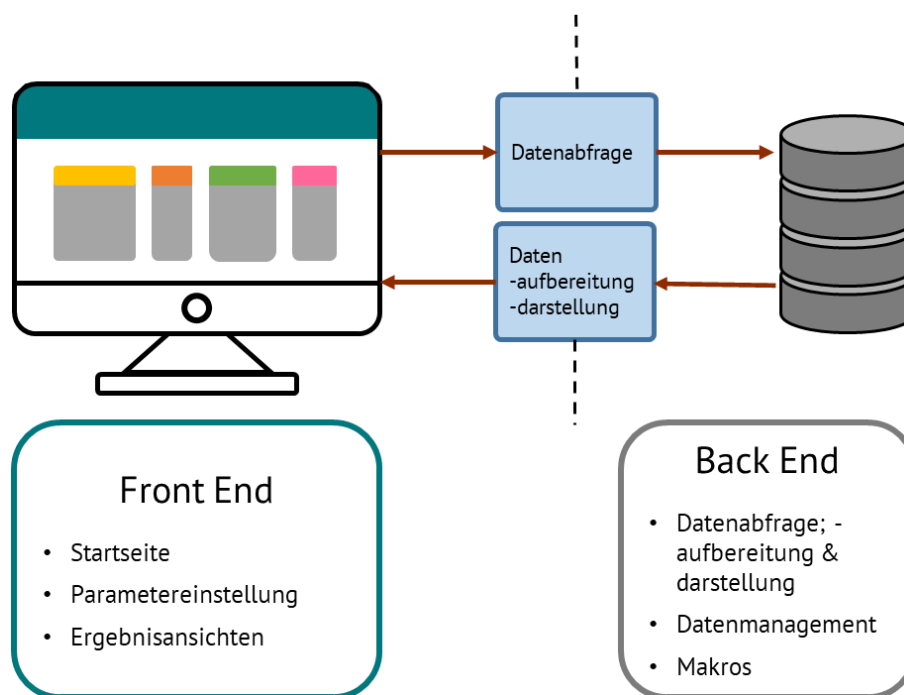


Abbildung 21: Front End und Back End des Tools

4.2 Benutzeroberfläche

Die Startseite des Tools unterteilt sich in zwei Abschnitte (Abbildung 22). Die obere Hälfte des Tools dient der Auswahl des Behandlungsszenarios, der dGz-Stufe und der Eingabe der Vorratsfestmeter pro Hektar. Der untere Teil setzt sich aus den Navigationsmöglichkeiten zu den jeweiligen Ergebnisansichten zusammen.

Parameter „Behandlungsszenario“

Die Auswahl des Behandlungsszenarios erfolgt über eine Dropdown-Liste (Abbildung 23). In dieser Liste stehen die drei waldbaulichen Behandlungsszenarios zur Auswahl. „Szenario 1“ basiert auf den empfohlenen Eingriffsintensitäten in den aktuellen waldbaulichen Behandlungsszenarios für Eschenbestände in Deutschland. „Szenario 2“ und „Szenario 3“ basieren auf den in den Ertragstabellen hinterlegten Eingriffsstärken nach Wimmenauer (1919) und Volquardts (1958). Diese Information kann zusätzlich innerhalb des Tools über den Button ⓘ oberhalb des Feldes „Behandlungsszenario“ aufgerufen werden.

Parameter „Durchschnittlicher Gesamtzuwachs im Alter 100 (dGz-Stufe)“

In der Dropdown-Liste für den Parameter „Durchschnittlicher Gesamtzuwachs im Alter 100“ kann die Bonität als Zuwachsleistung des Bestandes je Hektar im Alter 100 ausgewählt werden (Abbildung 23). Die Auswahl der dGz-Stufe bzw. Ertragsklasse reicht dabei von der dGz-Stufe 3 bis zur dGz-Stufe 8 und entspricht damit den Ertragsklassen, die in den Ertragstabellen nach Volquardts (1958) und Wimmenauer (1919) enthalten sind. Die dGz-Stufe 3 steht beispielsweise für einen Bestand mit einem Gesamtzuwachs im Alter 100 von 300 Vorratsfestmetern. Die dGz-Stufe 8 entspricht einem Gesamtzuwachs im Alter 100 von 800 Vorratsfestmetern bzw. einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von acht Vorratsfestmetern pro Hektar.

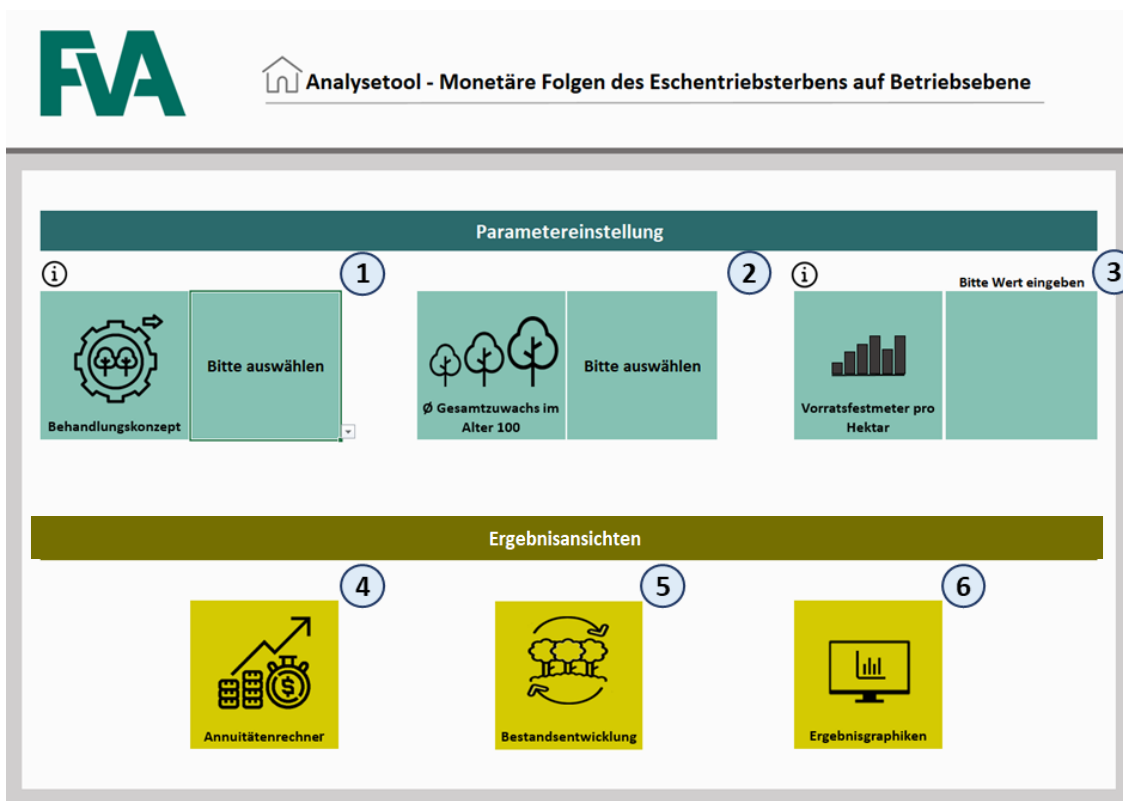


Abbildung 22: Startseite des Analysetools für die monetäre Analyse des ETS
 1) Auswahl des Behandlungsszenarios; 2) Auswahl der dGz-Stufe; 3) Eingabe der Vorratsfestmeter pro Hektar 4) Ergebnisansicht – Annuitätenrechner; 5) Ergebnisansicht – Bestandesentwicklung; 6) Ergebnisansicht – weiterführende Ergebnisgraphiken

Parameter „Vorratsfestmeter pro Hektar“

Nach der Auswahl eines Behandlungsszenarios und einer dGz-Stufe wird unterhalb des Feldes „Vorratsfestmeter pro Hektar“ ein Wertebereich angezeigt (Abbildung 23). Dieser Wertebereich wird dabei durch die Ausgangsbestände bestimmt, die auf den beiden Ertragstafeln nach Volquardts (1958) und Wimmenauer (1919) beruhen. Innerhalb dieses Bereiches kann ein beliebiger Wert eingetragen werden. Wird ein Wert außerhalb dieses Bereiches eingetragen, so erfolgt die Ermittlung auf Basis des kleinsten bzw. größten verfügbaren Wertes. Nach der Auswahl einer dGz-Stufe können bei Bedarf über die Auswahl des Buttons **i** oberhalb des Feldes „Vorratsfestmeter pro Hektar“ die für diese dGz-Stufe verfügbaren Ausgangsbestände angezeigt werden.

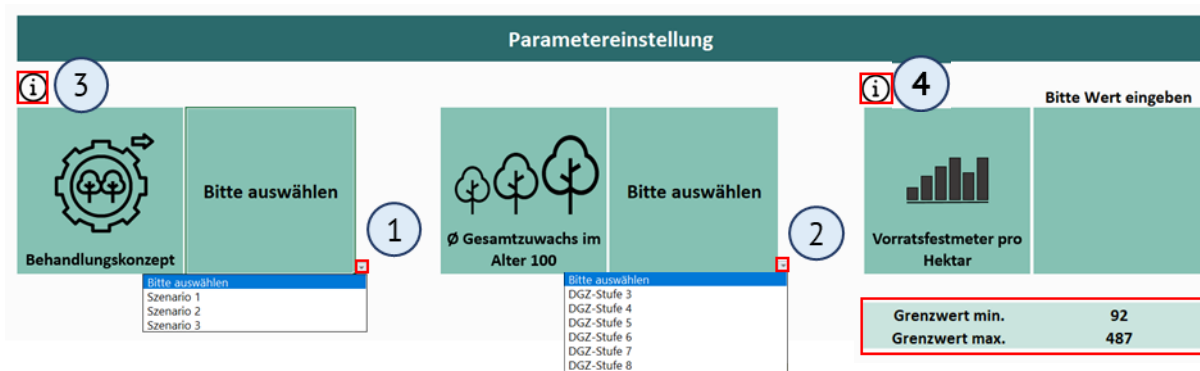


Abbildung 23: Startseite -Parametereinstellung
 1) Dropdownliste – Behandlungsszenario; 2) Dropdownliste – dGz-Stufe; 3) Zusätzliche Information – Behandlungsszenario; 4) Zusätzliche Information – Ausgangsbestände

Ergebnisansichten

Die Ergebnisansichten, bestehend aus dem Annuitätenrechner, der Bestandesentwicklung und den Ergebnisgraphiken, enthalten jeweils einen Teil der Daten, die für die Analyse der monetären Folgen des ETS von Bedeutung sind. Grundsätzlich werden sowohl die Daten für die Variante mit wie auch ohne ETS dargestellt.

Annuitätenrechner

Die Ansicht besteht aus zwei Wertetabellen für den jährlichen Holzproduktionswert in Euro pro Hektar und Jahr (Annuität) (Abbildung 24). Die obere Tabelle stellt dabei die Variante ohne ETS und die untere die Variante mit ETS dar. Die erste Spalte enthält das jeweilige Bestandesalter am Anfang, die Kopfzeile das Bestandesalter am Ende der Betrachtungsperiode, wobei die Betrachtungsperiode jeweils fünf Jahre bzw. ein Vielfaches davon umfasst. Rechts daneben ist der Annuitätenverlauf graphisch für die gesamte Betrachtungsperiode von 30 Jahren abgebildet. In Blau wird der Verlauf ohne und in Grün der Verlauf mit ETS dargestellt. Zusätzlich befinden sich oberhalb der Tabellen noch weitere Informationen bezüglich des gewählten Behandlungsszenarios, der gewählten dGz-Stufe, des Alters des ermittelten Ausgangsbestandes und des zugrundeliegenden Zinssatzes für die Berechnung des jährlichen Holzproduktionswerts.

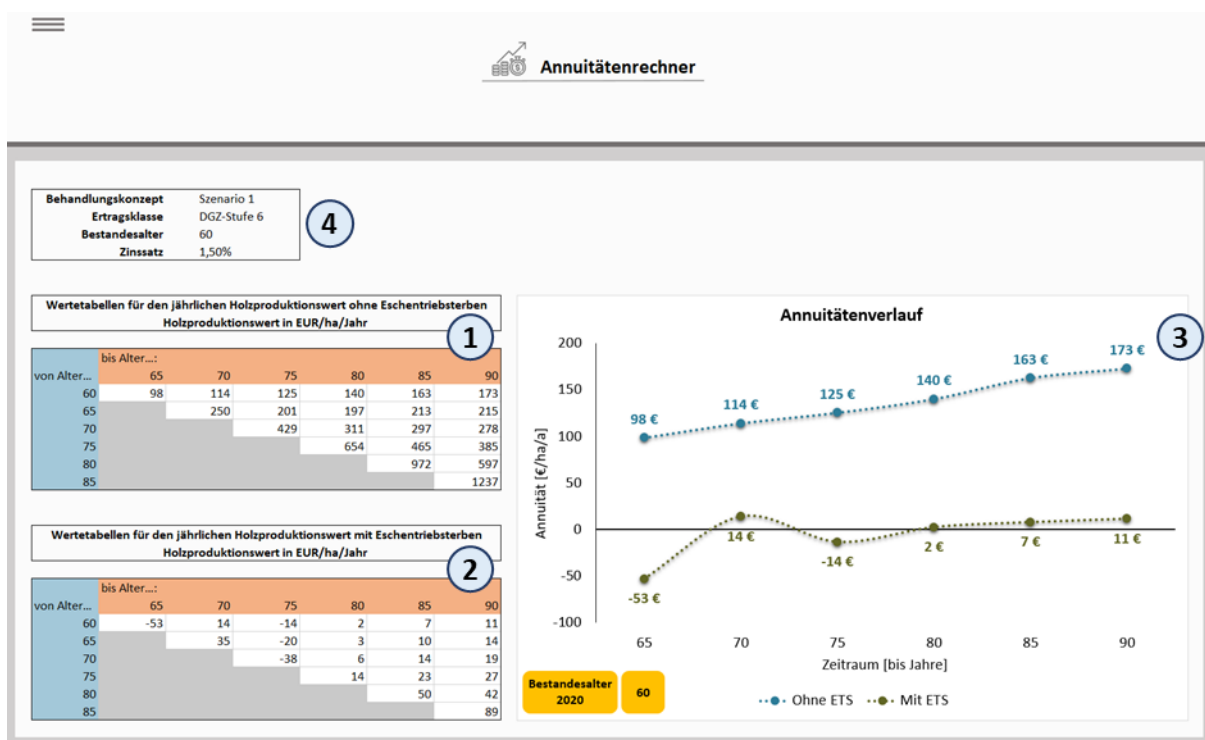


Abbildung 24: Ergebnisansicht – Annuitätenrechner

1) Wertetabelle für den jährlichen Holzproduktionswert ohne ETS; 2) Wertetabelle für den jährlichen Holzproduktionswert mit ETS; 3) Annuitätenverlauf für die gesamte Betrachtungsperiode von 30 Jahren; 4) Gewählte Kombination

Bestandesentwicklung

In dieser Ansicht werden die Bestandeswerte für die Bestandesentwicklung mit und ohne ETS dargestellt (Abbildung 25). Im Charakter einer Ertragstafel werden die Werte sowohl für den verbleibenden wie auch den ausscheidenden Bestand dargestellt. Auf der linken Seite wird die Bestandesentwicklung ohne den Einfluss des ETS dargestellt, dem gegenüber steht die Entwicklung unter Einfluss des ETS

Die dargestellten Werte umfassen dabei für den verbleibenden wie auch den ausscheidenden Bestand das Alter, die Stammzahl, die Mittelhöhe, den mittleren Durchmesser und den Vorrat in Kubikmeter pro Hektar.

In der Darstellung des ausscheidenden Bestandes gibt es zusätzlich die Information über die konkurrenzbedingte Mortalität, die im Betrachtungszeitraum aufgetreten ist. Die durch das ETS verursachte Mortalität ist hiermit nicht abgebildet. Diese ist in der Variante mit ETS in der Stammzahl des ausscheidenden Bestandes enthalten.

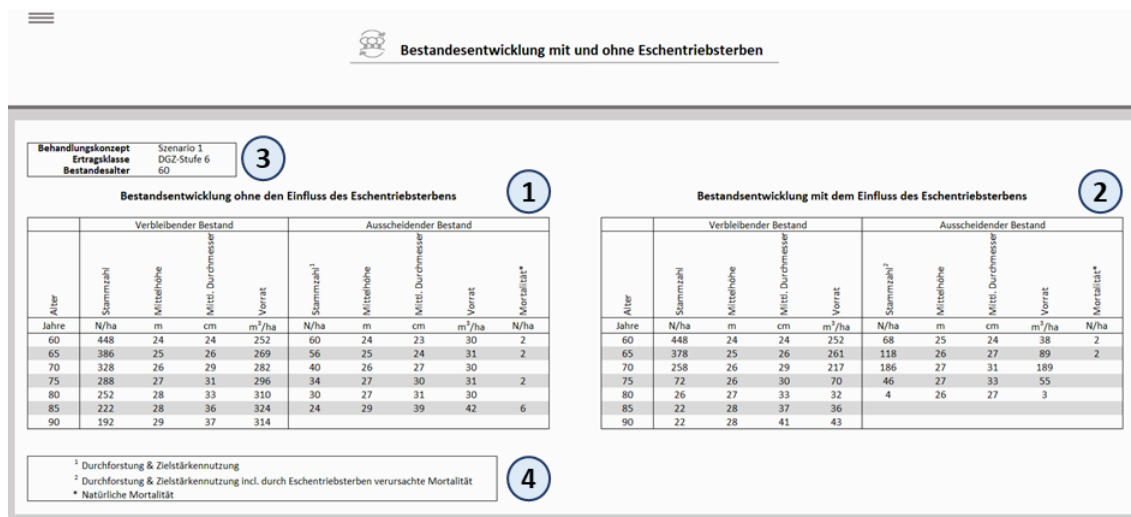


Abbildung 25: Ergebnisansicht – Bestandesentwicklung

1) Bestandesentwicklung ohne Einfluss des ETS; 2) Bestandesentwicklung unter Einfluss des ETS; 3) Gewählte Kombination 4) Zusätzliche Informationen zu den Spalten

Ergebnisgraphiken

Die letzte Ansicht umfasst insgesamt acht Diagramme, die weitere Kenngrößen für den verbleibenden und ausscheidenden Bestand liefern und in die Varianten mit und ohne Einfluss des ETS unterteilt sind (Abbildung 26). Bei den Diagrammen handelt es sich unter anderem um die graphische Darstellung der Vorratsentwicklung des verbleibenden Bestandes, aber auch weitere Kenngrößen wie die des erntekostenfreien Erlöses pro Hektar oder die durchschnittlichen Erntekosten werden hier dargestellt.



Abbildung 26: Ergebnisansicht – Ergebnisgraphiken (Auszug)

In Blau wird jeweils die Variante ohne Einfluss des ETS, in Grün die unter Einfluss des ETS dargestellt. 1) Graphiken für den verbleibenden Bestand; 2) Graphiken für den ausscheidenden Bestand; 3) Gewählte Kombination

5 Analyse der nicht-monetären Folgen des Eschetriebsterbens

Bei der Analyse der nicht-monetären Konsequenzen des ETS war es das Ziel, ein systemanalytisches Verfahren zu entwickeln. Die nicht-monetären Konsequenzen beziehen sich hierbei auf die Auswirkungen des ETS auf die Ökosystemleistungen (ÖSL) eines Forstbetriebes und werden als potenzielle Betriebsziele behandelt. Es sollte sich um ein visualisierendes Entscheidungsunterstützungsinstrument (Decision Support Tool) handeln, mit dem man der aus dem ETS resultierenden Unsicherheit bei langfristigen Entscheidungen begegnen kann.

5.1 Referenzpunktmethodik

Die Basis für die Analyse der nicht-monetären Folgen ist die Referenzpunkt-Methodik nach Estrella et al. (2014). Ein Referenzpunkt ist in diesem Zusammenhang der günstigste für ein Zielkriterium erreichbare Wert, den man auch als „idealen Wert“ beschreiben kann (Knoke & Kienlein 2020). Die Methodik wurde bereits von Knoke & Kienlein 2020 für den forstlichen Bereich adaptiert und angewendet und bildet die Grundlage für die Entwicklung dieses Decision Support Tools.

Im vorliegenden Anwendungsfall stellen die Ökosystemleistungen die potenziellen Zielkriterien, bestehend aus Biodiversität, Bodenschutz, Hochwasserschutz, Klimaanpassung, Kohlenstoff-Produktespeicher, Kohlenstoff-Waldspeicher und Zuwachs, dar. Eine vollständige Realisierung einer ÖSL ergibt den Referenzpunkt bzw. idealen Wert. Bezugsgrößen sind hierbei die Baumarten Fichte, Tanne, Kiefer, Douglasie, Buche, Eiche und Esche sowie die Möglichkeit der Flächenstilllegung, denen eine relative Eignung hinsichtlich der verschiedenen ÖSL zugewiesen wurde. Tabelle 18 zeigt, welche Indikatoren bei der Bewertung der unterschiedlichen ÖSL berücksichtigt wurden. Da es bisher keine einheitliche und wissenschaftliche Erhebung der aufgeführten Indikatoren für die angesprochenen Baumarten gibt, musste für die Einteilung der Baumarten auf unterschiedliche Quellen zurückgegriffen werden. Während für einige ÖSL (Zielkriterien) auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden konnte, z. B. für die ÖSL Zuwachs auf Zuwachswerte aus BWI-III-Daten – basiert die Grundlage für die Einteilung der Baumarten bezüglich der anderen ÖSL zum Teil lediglich auf einzelnen Veröffentlichungen bzw. eigenen Einschätzungen.

Tabelle 18: Quellen für die für die Einschätzung der Baumarteneignung und betrachtete Bezugsgrößen

Zielkriterium	Bezug	Quelle
Biodiversität	Eignung der Bestandestypen hinsichtlich Artenvielfalt	Eigene Literaturrecherche und Einschätzung (M. Jacobs)
Bodenschutz	Einteilung nach Schutz gegen Erosion und Rutschung	BML 2023
Hochwasserschutz	Einteilung nach Schaffung von Speicherkapazitäten	BML 2023
Klimaanpassung	Eignung gegenüber zunehmender Trockenheit	Wegmann 2009
Kohlenstoff-Produktespeicher	Stammholzanteile des verwertbaren Derbholzes	nicht publizierte Daten aus dem baden-württembergischen Testbetriebsnetz Kleinprivatwald
Kohlenstoff-Waldspeicher	Stammholzanteile des nicht verwertbaren Derbholzes	Nicht verwertetes Derbholz aus BWI-III-Daten
Zuwachs	Zuwachsleistung	Zuwachswerte aus der BWI III

Die Einteilung der Baumarten bezüglich ihrer Erfüllungsgrade je ÖSL erfolgte mit Referenztabellen. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen ÖSL zu ermöglichen, wurde den unterschiedlichen Baumarten hierfür ein relativer Erfüllungsgrad in Prozent zugewiesen. Der ideale Wert entspricht 100 % und der ungünstigste Wert 0 %. Alle anderen Niveaus der ÖSL werden dann – auf Basis von vorhandenen Daten oder Einschätzungen – auf der Prozentskala dazwischen aufgereiht, sodass standardisierte Zielkriterien entstehen (Knoke & Kienlein 2020). Hierbei gilt, dass es für jedes Zielkriterium eine Baumart gibt, die den idealen Wert erreicht. Gleichzeitig bedeutet dies, dass der Idealwert für mehrere Zielkriterien nicht durch eine einzige Baumart erreicht werden kann. So stellt die Eiche beispielsweise die ideale Baumart hinsichtlich des Zielkriteriums „Biodiversität“ dar, nicht jedoch für Zielkriterien wie „Zuwachs“ oder „Kohlenstoff-Waldspeicher“. Tabelle 19 gibt eine Übersicht über die hier gewählte relative Eignung der Baumarten hinsichtlich der verschiedenen Zielkriterien (ÖSL).

Tabelle 19: Eignung der Bestandestypen zur Erfüllung der Ökosystemleistungen

Zielkriterium	Eignung der Baumarten [%]
Biodiversität	Fichte 25, Buche 50, Tanne 60, Eiche 100 , Kiefer 60, Esche 90, Douglasie 0, Stilllegung 90, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 90
Bodenschutz	Fichte 0, Buche 75, Tanne 50, Eiche 100 , Kiefer 25, Esche 80, Douglasie 25, Stilllegung 90, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 90
Hochwasserschutz	Fichte 0, Buche 75, Tanne 50, Eiche 100 , Kiefer 25, Esche 80, Douglasie 75, Stilllegung 90, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 90
Klimaanpassung	Fichte 0, Buche 50, Tanne 70, Eiche 80, Kiefer 100 , Esche 50, Douglasie 50, Stilllegung 50, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 50
Kohlenstoff-Produktspeicher	Fichte 97, Buche 67, Tanne 88, Eiche 93, Kiefer 97, Esche 86, Douglasie 97 , Stilllegung 0, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 0
Kohlenstoff-Waldspeicher	Fichte 8, Buche 11, Tanne 8, Eiche 10, Kiefer 5, Esche 11, Douglasie 8, Stilllegung 100, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 100
Zuwachs	Fichte 90, Buche 65, Tanne 86, Eiche 44, Kiefer 50, Esche 47, Douglasie 100 , Stilllegung 0, Stilllegung (finanzielle Kompensation) 50

Risikofaktoren

Neben der Einteilung der Baumarten hinsichtlich ihrer relativen Eignung für die verschiedenen Zielkriterien, wurden den Baumarten zusätzlich baumartenspezifische Risikowerte zugewiesen. Betrachtete Risikofaktoren sind Sturm, Insekten, Trockenstress und das Eschentriebsterben. Jeder Baumart wird dabei ein Risikowert (R_{Ba}) zugeteilt, der zwischen 0 und 1 schwankt. Je geringer der Wert, desto höher das Risiko. Die Einteilung beruht auf einer Auswertung der Daten des (Schad-)Holzeinschlags für Deutschland (DEStatis) sowie auf einer Einteilung der Baumarten bezüglich ihres Sturmwurftrisikos (Kaulfuß 2012). Zusätzlich wurden die unterschiedlichen Baumarten in gefährdete und nicht gefährdete Baumarten unterteilt. Dies dient der Unterscheidung von beispielsweise standortgerechten und nicht standortgerechten Baumarten. Gefährdete Baumarten weisen dabei ein höheres Risiko in Bezug zu den genannten Risikofaktoren auf. Die im Modell verwendeten Risikowerte zeigt Tabelle 20.

Tabelle 20: Risikowerte der Baumarten

Baumarten	Risikowerte der Baumarten	Risikowerte der gefährdeten Baumarten
Fichte	0.8	0
Buche	0.95	0.7
Tanne	0.9	0.5
Eiche	0.99	0.8
Kiefer	0.95	0.6
Esche	0.95	0.7
Douglasie	0.9	0.4

Einfluss des ETS

Für die Modellierung der Auswirkungen des Eschentriebsterbens wurde das Mortalitätsmodell nach Coker et al. (2019) verwendet, das bereits für die Analyse der monetären Folgen des ETS verwendet wurde (Kapitel 1.1.1).

Flächengewichtung

Für die Ermittlung, zu welchem Anteil die derzeitige Baumartenzusammensetzung eines Betriebes die betrachteten Zielkriterien (ÖSL) erfüllt, wird zusätzlich eine Flächengewichtung der aktuellen Bauartenzusammensetzung durchgeführt. Hierfür wird ausgehend von der tatsächlichen flächigen Verteilung die Eignung der vorhandenen Baumarten für verschiedene Ökosystemleistungen anhand der Flächenanteile gewichtet, wobei sich alle Flächenanteile am Ende zu 100 % summieren müssen. Formel (6) und (7) zeigt beispielhaft die Berechnung der Flächengewichtung für das Zielkriterium Zuwachs.

$$(6) Zf_i = (rF_i) * Zl_i$$

$$(7) Zuwachs = Sum(ZF_E; ZF_B)$$

Zf_i = flächengewichteter Zuwachs pro Baumart

rF_i = durch Risiko reduzierte Fläche (Buche)

Zl_i = Zuwachsleistung in Prozent (Buche)

Diversifizierungseffekt

Die 1990 nobelpreisprämierte Portfoliotheorie von Markovitz (1952) besagt, dass eine Mischung von risikoarmen, aber ertragsschwachen Anlagen und risikoreicheren Investments mit höherer Ertragserwartung zu einer insgesamt optimierten Mischung führen kann. Dies bedeutet, dass die Risiken einzelner Anlagen im gesamten Portfolio geringer werden. Übertragen auf das vorliegende Modell heißt das, dass eine Verringerung des Risikos durch die Mischung verschiedener Baumarten erreicht wird. Hierbei gilt, je mehr Baumarten und je gleichmäßiger diese verteilt sind, desto geringer wird das Risiko. Mathematisch wird dies durch den Diversifizierungseffekt D dargestellt, der sich aus der Summe der Fläche der nicht gefährdeten Baumarten gF_{ng} geteilt durch die maximale Fläche der nicht gefährdeten Baumarten mF_{ng} berechnet.

$$(8) D = \frac{gF_{ng}}{(mF_{ng} \cdot 7)^2}$$

gF_{ng} = Flächensumme der nicht gefährdeten Baumarten

mF_{ng} = maximale Fläche der nicht gefährdeten Baumarten

Bestimmung der Erfüllungsgrade je Zielkriterium

Der maximal erzielte Erfüllungsgrad je Zielkriterium (ÖSL) wird durch die Flächengewichtung der jeweiligen Baumartenzusammensetzung und deren Eignung hinsichtlich der unterschiedlichen Zielkriterien bestimmt. Das Minimum hingegen wird durch das mit der Baumartenzusammensetzung verbundene Risiko ermittelt. Hierfür wird der Mittelwert aus den Risikowerten der jeweiligen Baumarten (R_{Ba}) und dem Diversifizierungseffekt D gebildet. Der dadurch entstehende Bereich zwischen Maximum und Minimum stellt somit die möglichen Ausprägungen der Zielerreichung zwischen dem Worst-Case- und Best-Case-Szenario dar.

6 Ergebnisse der Analyse der nicht-monetären Folgen des Eschtriebsterbens

Aufgrund der Unterschiede, die zwischen den verschiedenen Behandlungsszenarien bestehen, und der großen Anzahl an möglichen Baumartenzusammensetzungen und dem Umstand, dass je nach gewählten Einstellungsmöglichkeiten „gefährdet/ungefährdet“ die Ergebnisse stark variieren, wird im Folgenden wie bereits im Falle der monetären Folgen des ETS auf eine umfangreiche Darstellung aller Ergebnisse verzichtet. Vielmehr werden wiederum anhand von mehreren Beispielen die grundsätzlichen modellspezifischen Zusammenhänge näher erläutert.

6.1 Ökosystemleistungen ohne Einfluss des Eschtriebsterbens

In Abbildung 27 werden die relativen Erfüllungsgrade für die Baumart Esche und die betrachteten ÖSL (Zielkriterien) dargestellt. Da in diesem Beispiel die Erfüllungsgrade nur für eine einzige Baumart dargestellt werden, spielen die Flächengewichtung sowie der Diversifizierungseffekt keine Rolle. Die Maximalwerte entsprechen somit dem Leistungspotenzial, wie sie in Tabelle 19 angegeben sind. Gleiches gilt für das Minimum je Zielkriterium, das ebenfalls lediglich durch den baumartenspezifischen Risikowert (R_{Ba}) bestimmt wird.

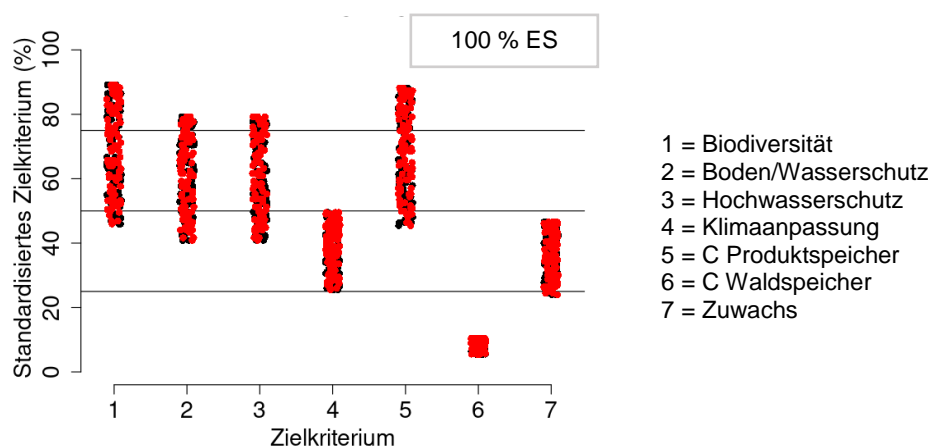


Abbildung 27: Erfüllungsgrade der Baumart Esche für die betrachteten ÖSL

Der Einfluss der Flächengewichtung zeigt Abbildung 28. Auf der linken Seite ist eine hypothetische Baumartenzusammensetzung von 90 % Esche und 10 % Buche zu sehen. Auf der rechten Seite ist die Verteilung genau umgekehrt. Wie hier zu sehen ist, verändern sich die Erfüllungsgrade in diesem Fall in Abhängigkeit des Leistungspotenzials der jeweiligen Baumarten, ihrem Anteil und des baumartenspezifischen Risikos. In diesem Beispiel kommt bereits der Diversifizierungseffekt zum Tragen. Bedingt durch die geringe Anzahl an Baumarten und der ungleichen Verteilung ist der Effekt allerdings entsprechend gering.

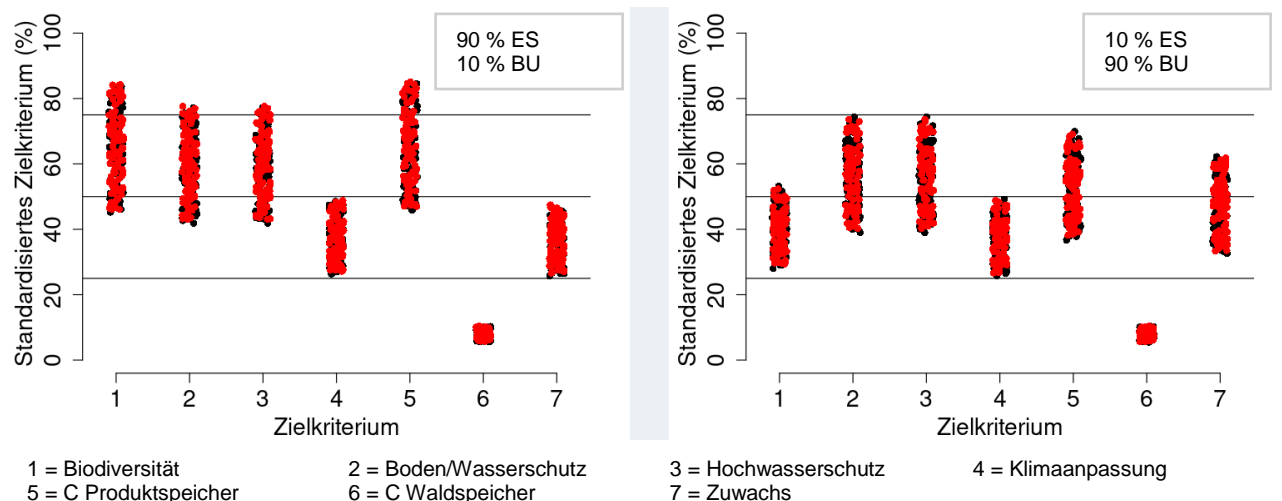


Abbildung 28: Einfluss der Flächengewichtung auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL

Der Einfluss des Diversifizierungseffekts wird in Abbildung 28 veranschaulicht. Auf der linken Seite ist eine hypothetische Baumartenzusammensetzung von 90 % Esche und jeweils 2,5% Buche, Eiche, Fichte und Tanne zu sehen. Dem gegenüber steht eine Baumartenzusammensetzung aus jeweils 20% Esche, Buche, Eiche, Fichte und Tanne.

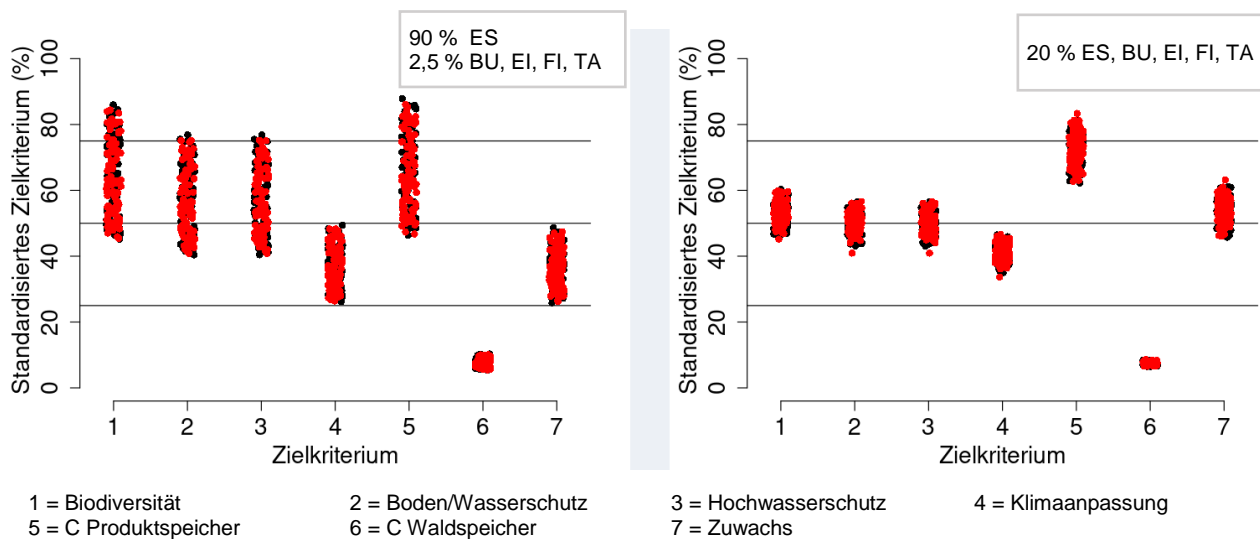


Abbildung 29: Einfluss des Diversifizierungseffekts auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL

Die Länge der Balken spiegelt dabei indirekt das Risiko wider, das mit der jeweiligen Baumartenzusammensetzung verbunden ist. Das heißt, der Einfluss des Diversifizierungseffekts wird nicht nur durch die Anzahl der Baumarten, sondern darüber hinaus maßgeblich durch deren Verteilung beeinflusst.

6.2 Ökosystemleistungen unter Einfluss des Eschentriebsterbens

Der Einfluss des ETS auf die relativen Erfüllungsgrade wird im Folgenden anhand von zwei fiktiven Forstbetrieben veranschaulicht. Tabelle 21 zeigt die angenommene Baumartenzusammensetzung für die beiden Betriebe.

Tabelle 21: Baumartenzusammensetzung fiktiver Forstbetriebe

	Anteil an der Gesamtfläche		
	Esche	Buche	Eiche
Forstbetrieb A	60 %	20 %	20 %
Forstbetrieb B	10 %	45 %	45 %

Um die Auswirkungen des ETS darzustellen, wird die Ausgangssituation des Betriebes mit (rote Punkte) und ohne Eschentriebsterben (schwarze Punkte) in einer Grafik dargestellt. Abbildung 30 zeigt, wie sich das ETS nach einem Zeitraum von zehn Jahren auf die unterschiedlichen ÖSL auswirkt. Bedingt durch den deutlich höheren Eschenanteil wirkt sich das ETS im Falle des Forstbetriebs A deutlich stärker auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL aus als im Falle des Forstbetriebs B.

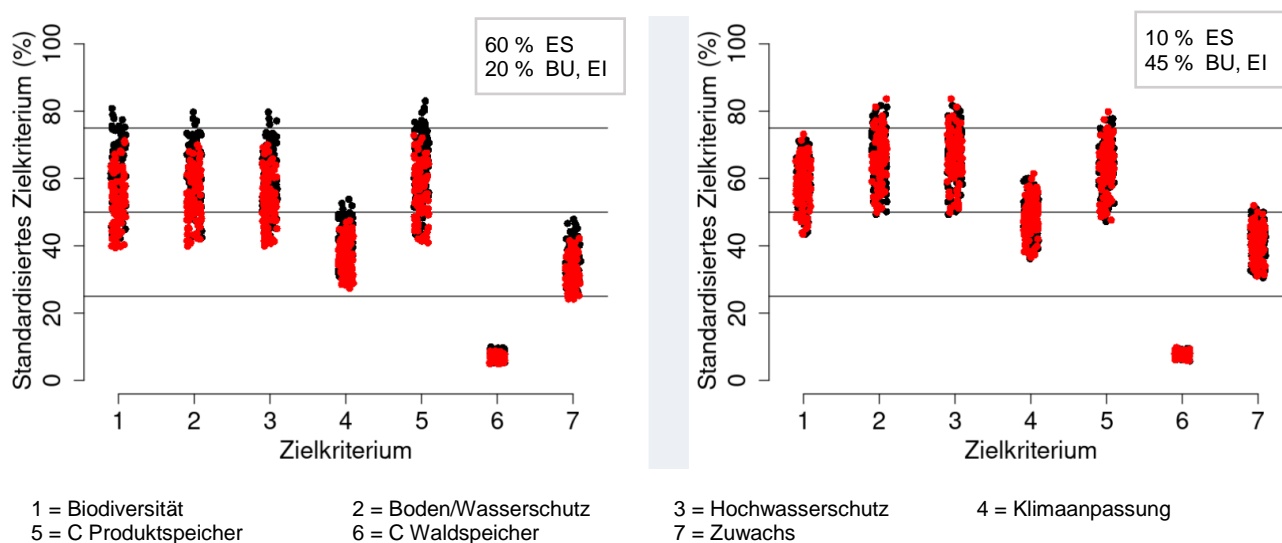


Abbildung 30: Auswirkungen des ETS auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL nach 10 Jahren.
In Rot wird der Zustand unter Einfluss des ETS und in Schwarz ohne Einfluss des ETS dargestellt.

Wie in Abbildung 31 zu sehen ist, verstärkt sich dieser Effekt nach einem Zeitraum von 30 Jahren ETS deutlich. Während im Falle von Forstbetrieb B die Auswirkungen auf die Erfüllungsgrade der entsprechenden ÖSL relativ moderat bleiben, zeigt sich, dass im Falle eines deutlich höheren Eschenanteils die Folgen des ETS gravierende Ausmaße annehmen können.

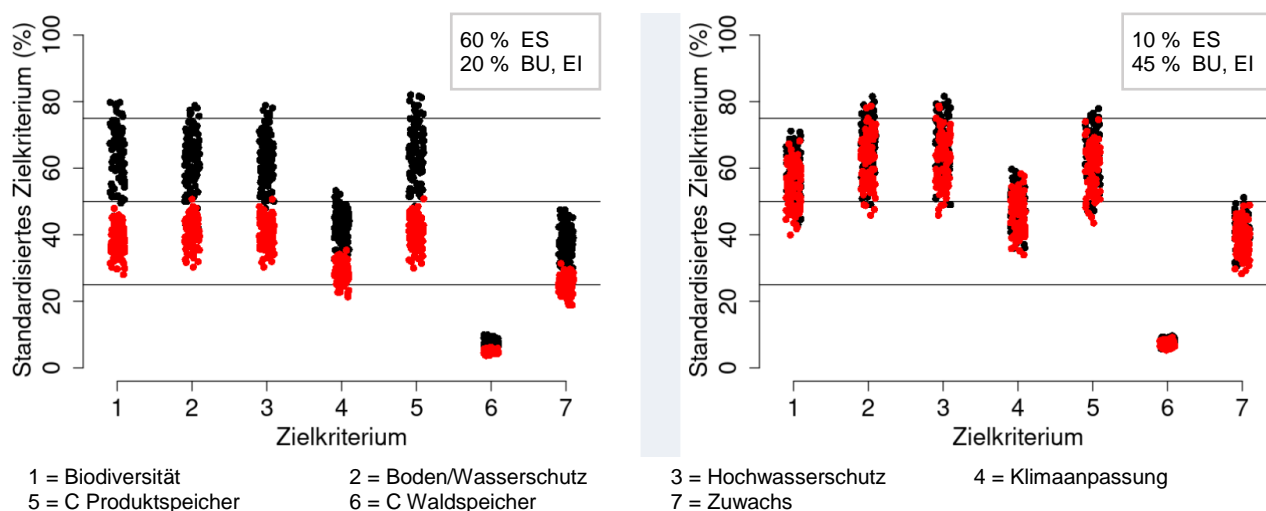


Abbildung 31: Auswirkungen des ETS auf die Erfüllungsgrade der jeweiligen ÖSL nach 30 Jahren.
In Rot wird der Zustand unter Einfluss des ETS und in Schwarz ohne Einfluss des ETS dargestellt.

7 Einordnung der verwendeten Methoden, Verfahren und Ergebnisse

7.1 Referenzpunktmethodik

Die Basis für die Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS stellt die Referenzpunkt-Methodik nach Estrella et al. (2014). Diese Methodik fand bisher vor allem im Rahmen von Landnutzungsprojekten Anwendung, bei denen es die Berücksichtigung von multiplen Zielsetzungen ging (Paul et al. 2019). Allerdings hat sich die Methodik auch bereits für Fragestellungen im forstlichen Bereich als geeignet erwiesen (Knoke et al. 2017). Im vorliegenden Anwendungsfall lässt sich das Verfahren vereinfacht so beschreiben: Den einzelnen Baumarten (und der Option Stilllegung) werden Eignungswerte bezüglich unterschiedlicher Zielkriterien (ÖSL) auf einer Skala von 0 bis 100 % zugeordnet (Referenzpunkte). Gleichermaßen werden den Baumarten spezifische Risiken im Sinne von Ausfallwahrscheinlichkeiten zugeordnet. Als dritte Komponente wird ein Diversifizierungseffekt integriert, in dem bei höheren Mischungsgraden ein geringeres Mortalitätsrisiko angewendet wird. Die Ergebnisse des Modelles sind damit maßgeblich durch die zugewiesenen Eignungswerte und Risiken der jeweiligen Baumarten abhängig.

Baumarteneignung und Risikofaktoren

Den größten Einfluss auf die Ergebnisse hat die Einteilung der Baumarten hinsichtlich ihrer Eignung in Bezug zu den unterschiedlichen ÖSL (Tabelle 19). Während für einzelne ÖSL die Eignungswerte der Baumarten anhand von vorhandenen Daten bestimmt werden konnten, liegen für den Großteil der hier betrachteten ÖSL keine systematisch erhobenen und wissenschaftlich abgesicherten Daten vor (Tabelle 18). Daher erfolgte die Einteilung vorwiegend anhand von Annahmen.

Vergleichbar mit den Eignungswerten konnte auch bei den berücksichtigten Risikofaktoren nur bedingt auf vorhanden Daten zurückgegriffen werden. Auch hier wurden vielmehr anhand des (Schad-)Holzeinschlags für Deutschland (DEStatis) sowie auf Basis weiterer Quellen Annahmen für die einzelnen Risikofaktoren getroffen.

Da das zu entwickelnde Entscheidungsunterstützungsinstrument ein für das Bundesgebiet gültiges Tool darstellen soll, ist es allerdings auch fraglich, in welchem Umfang eine allgemeingültige Zuweisung der Baumarteneignung bzw. eines baumartenspezifischen Risikowertes überhaupt praktikabel bzw. durchführbar ist, da diese Werte durch viele verschiedene weitere Parameter wie Standort, Höhenlage, Exposition, Bestandesalter usw. beeinflusst werden.

Eine weitere Besonderheit des Modells ist es, dass nicht zwischen unterschiedlichen Altersklassen unterschieden werden kann. Der Hintergrund hierfür ist wiederum, dass auch hier keinen Daten für die einzelnen Baumarten vorliegen. Gleichzeitig sollte das zu entwickelnde Entscheidungsunterstützungsinstrument eine einfache und unmittelbare Anwendung ermöglichen. Zielsetzung war somit unter anderem, das Tool in Bezug zu den Einstellungsparametern so einfach wie möglich zu halten.

Aufgrund des modelltechnischen Aufbaus erlaubt das Modell allerdings die einfache und direkte Zuweisung neuer Werte, sobald neue Daten zur Verfügung stehen sollten oder eine andere Einschätzung der gewählten Einflussfaktoren vorgenommen wird. Zusätzlich wäre auch eine Anpassung des Modells an die lokalen Bedingungen vorstellbar.

7.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Modells zeigen, dass die Auswirkung des ETS auf die betrachteten ÖSL vor allem davon abhängig ist, welchen Flächenanteil die Esche im Betrieb hat und wie die übrige Baumartenzusammensetzung verteilt ist. Gleichzeitig ermöglicht das Tool durch den frei wählbaren zeitlichen Verlauf des ETS eine dynamische Analyse der Folgen des ETS auf die jeweiligen ÖSL. Daneben zeigt das Tool, wie sich natürliche Risikofaktoren auf die Erfüllungsgrade der ÖSL in Abhängigkeit der Baumartenzusammensetzung auswirken können. Dabei zeigt sich vor allem, wie durch eine vielfältige Baumartenzusammensetzung das betriebliche Risiko verringert werden kann. Die Ergebnisse des Tools können somit nicht nur für die Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS verwendet werden, sondern ermöglichen auch eine Einschätzung der Auswirkungen von natürlichen Risikofaktoren sowie der Darstellung von Wechselwirkungen zwischen den jeweiligen ÖSL.

8 Entscheidungsunterstützungsinstrument – nicht-monetäre Folgen des Eschen-triebsterbens

Zielsetzung bei der Entwicklung des Entscheidungsunterstützungsinstruments zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS war es, ein visualisierendes Tool zu entwickeln, das Entscheidungsträger im Umgang mit der aus dem ETS resultierenden Unsicherheit bei langfristigen Entscheidungen unterstützt. Das Tool sollte auf Forstbetriebsebene eingesetzt werden können und so einfach wie möglich, aber so komplex wie notwendig sein. Die Eingabeparameter müssen leicht verfügbar bzw. leicht zu ermitteln sein. Gleichzeitig soll das Tool einen schnellen Ergebnisüberblick über die nicht-monetären Konsequenzen bieten. Da das Tool in die Thematik des betrieblichen Risiko- und Krisenmanagements eingebettet werden soll, sollen die Betriebe durch das Tool hinsichtlich potenzieller Ziele (Ökosystemleistungen), Risikominimierung und Diversifizierung sensibilisiert werden.

Das Decision Support Tool wurde fertiggestellt und veröffentlicht. Es kann unter folgendem Link aufgerufen und angewendet werden: <https://fraxprima.shinyapps.io/fraxconnect/>

8.1 Technische Umsetzung

Das Tool wurde hinsichtlich der Eingabeparameter auf die geringste noch notwendige Information vereinfacht und kann somit ohne viel Vorlauf und Aufwand unmittelbar auf Forstbetriebsebene eingesetzt werden. Es sollte einfach und schnell zu bedienen sein sowie ein möglichst schnelles visuelles Ergebnis bereitstellen. Daher werden lediglich die Flächenanteile der Baumarten des Forstbetriebes in Prozent oder Hektar benötigt. Pro Baumart kann zwischen „gefährdet“ und „nicht gefährdet“ unterschieden werden. Bei den gefährdeten Baumarten handelt es sich um Baumarten, die z. B. standörtlich nicht in den Betrieb passen – wie Fichten auf einem labilen Bodentyp oder Eschen, die durch das ETS bedroht sind. Die grundlegende Funktionsweise des Tools ist schematisch in Abbildung 32 dargestellt. Die Abbildung ist in zwei Abschnitte unterteilt: zum einem in Eingaben und Ergebnisse, die auf der Tooloberfläche stattfinden (oberhalb der gestrichelten Linie), und zum anderen in Prozesse, die im Hintergrund ablaufen (unterhalb der gestrichelten Linie).

Die Programmierung des Tools wurde mittels einer R-Shiny-Webapplikation realisiert (Chang et al. 2021). Dabei handelt es sich um eine Open Source Software, die die Nutzung aller gängigen Webbrowser und Geräte ermöglicht. ShinyApps.io ist ein cloudbasierter Service von R-Studio (R Core Team 2016) und bietet eine einfache Möglichkeit, mit Shiny erstellte R-Anwendungen einem breiten Anwenderkreis bereitzustellen.

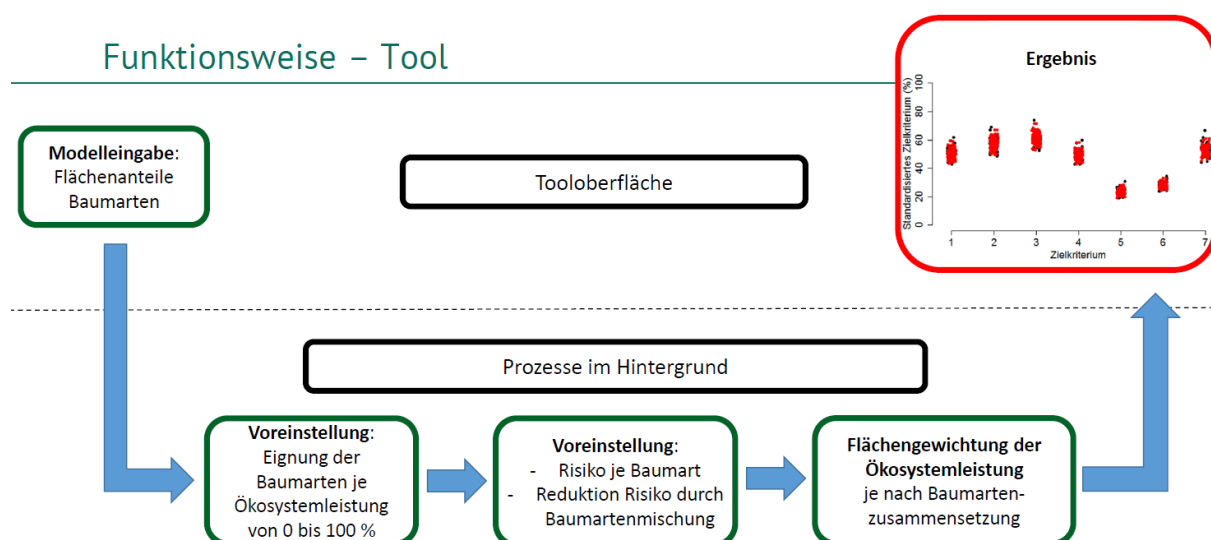


Abbildung 32: Schematischer Aufbau des Tools zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS

8.2 Benutzeroberfläche

Abbildung 33 zeigt die grafische Visualisierung der Tooloberfläche. Im oberen Bereich der Abbildung sind die Eingabefelder für die Flächenanteile der Baumarten, untergliedert in gefährdet und nicht gefährdet, dargestellt. Mittig auf der linken Seite befindet sich der Schieberegler „Jahre nach Beginn ETS“, der die Auswirkungen des ETS in Abhängigkeit der Dauer des ETS einschaltet. Darunter sieht man zwei beispielhafte Ergebnisse der Ökosystemleistungen eines Forstbetriebes. Die linke Grafik wurde mittels Button „Konstellation als aktuelle Ausgangssituation“ als aktuelle Ausgangssituation festgesetzt. Das Ergebnis auf der rechten Seite ist nun mit den Eingabefeldern der Baumartenflächen veränderbar und zeigt die potenzielle Ausgangssituation, sodass nun Vorher-Nachher-Vergleiche gemacht werden können.

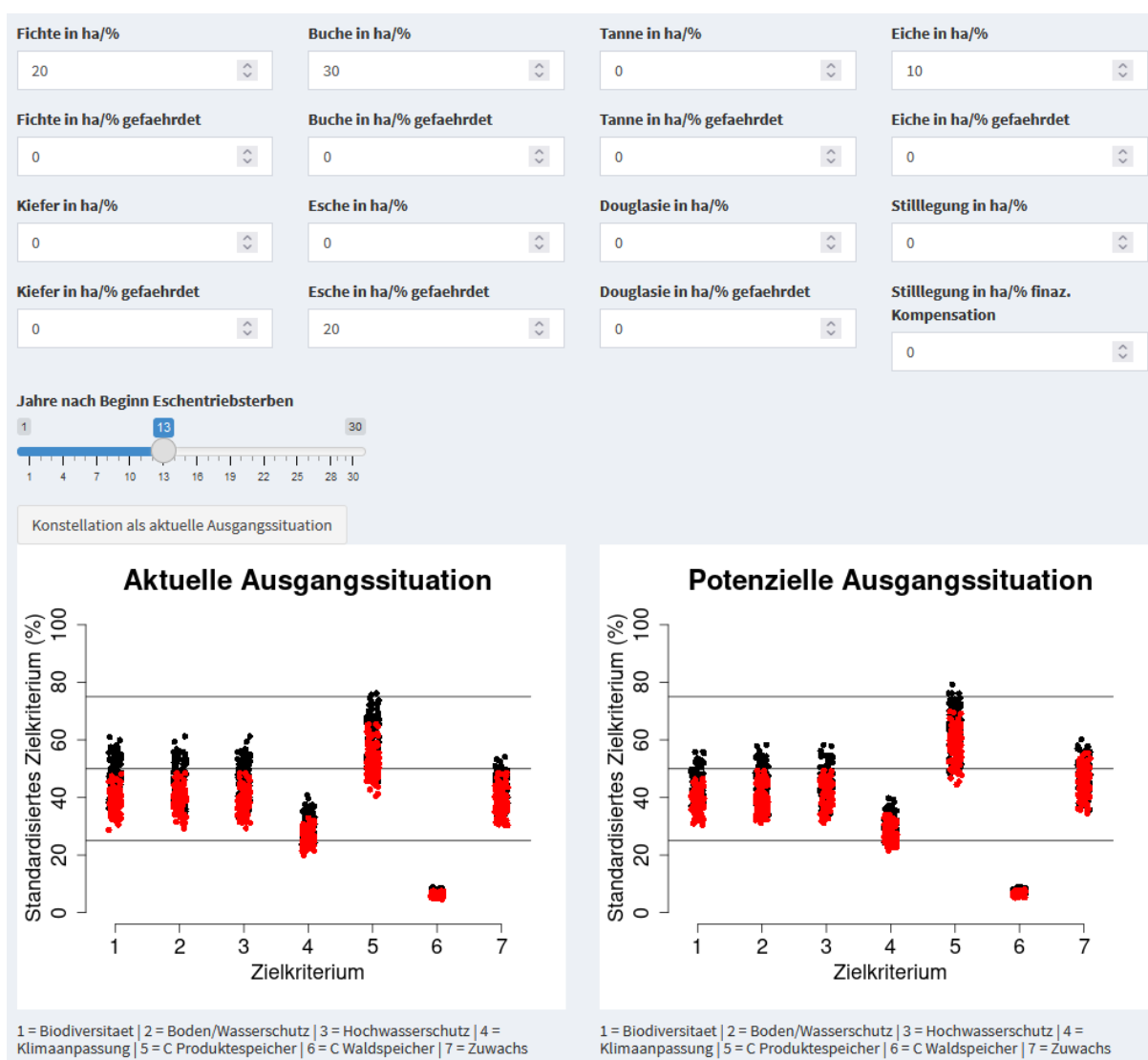


Abbildung 33: Oberfläche des Tools zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS

9 Zusammenfassung

Im Rahmen des Verbundprojektes FraxForFutre wurden im Teilvorhaben „FraxConnect“ die monetären und nicht-monetären Auswirkungen des ETS bewertet, und es wurden zwei für die Bundesrepublik gültige Entscheidungsunterstützungsinstrumente entwickelt.

Es werden zwei methodische Ansätze vorgestellt, die vorhandene Datenquellen und Instrumente wie den Waldwachstumssimulator „ForestSimulator“ oder das Programm „Holzernte 8.2“ sowie etablierte Konzepte wie die Göttinger Annuitätentabellen oder die Referenzpunkt-Methodik in einem gesamthaften Bewertungsansatz kombinieren. Der Vorteil von diesem Vorgehen ist, dass durch die Anpassung einzelner Parameter zukünftig eine vergleichsweise schnelle Aktualisierung der Bewertungen möglich ist. Gleichzeitig ist es denkbar, dass das hier vorgestellte methodische Vorgehen auch für die Bewertung anderer Pathogene geeignet ist.

Im vorliegenden Bericht konnte gezeigt werden, dass eine pauschale Aussage über die Folgen des ETS nur eingeschränkt möglich ist, da sowohl die monetären wie auch nicht-monetären Folgen des Eschentriebsterbens stark von der jeweiligen Ausgangssituation abhängig sind. Während die ökonomischen Folgen des ETS maßgeblich durch die erhöhte Mortalität, das betrachtete Bestandesalter, die Holzerntekosten und Holzpreise

sowie durch die zugrundeliegenden Behandlungsszenarien beeinflusst werden, ist das Ausmaß der nicht-monetären Folgen des ETS auf die betrachteten Ökosystemleistungen vor allem durch den Flächenanteil der Esche und die Verteilung der übrigen Baumartenzusammensetzung bestimmt.

Es wurden zwei Entscheidungsunterstützungsinstrumente entwickelt, die eine fallbezogene Einordnung der Folgen des ETS ermöglichen. Beide Tools wurden so konzipiert, dass sie ohne großen Mehraufwand direkt von Entscheidungsträgern eingesetzt werden können. Durch die mitgelieferten Handbücher bzw. Tool-Beschreibungen ist es daher grundsätzlich möglich, die Tools auch ohne fachliche Begleitung zu nutzen. Wie sich gezeigt hat, werden die besten Ergebnisse allerdings bei einer begleitenden Beratung und Tool-Vorstellung erzielt, da die Einordnung der Analyse der monetären und nicht-monetären Folgen des ETS immer vor dem Hintergrund der hier verwendeten Modelle geschehen sollte. Es ist somit gelungen, eine Grundlage für einen optimierten und wissenschaftlich fundierten Umgang mit den Folgen des ETS zu schaffen. Grundvoraussetzung hierfür sind allerdings die Offenheit und der Wunsch der Entscheidungstragenden, sich mit den entwickelten Tools und den zugrundeliegenden Methoden näher auseinanderzusetzen.

AP 3: Wissenstransfer und Strategieentwicklung

Es ist beachtlich, wie bekannt die **Marke „FraxForFuture“** bereits ist. Dieser Wert sollte unmittelbar genutzt und ausgebaut werden.

Dem Wissenstransfer dient unter anderem die **Webseite** www.fraxforfuture.de. Deren Struktur wurde von FraxConnect entwickelt, die technische Umsetzung erfolgte durch einen externen Dienstleister. Die Inhalte wurden von den Teilvorhaben ausgearbeitet und von FraxConnect redaktionell bearbeitet, um ein einheitliches Erscheinungsbild zu gewährleisten. Die laufende Betreuung erfolgte ebenfalls durch FraxConnect. Dazu nötiges technisches Know-How war entweder bereits vorhanden bzw. wurde kurzfristig erworben. Über das Kontaktformular auf der Webseite haben FraxForFuture einige Anfragen erreicht, die dann entweder direkt beantwortet oder im Verbund an die entsprechenden Personen weitergegeben wurden. Auf der Webseite sind einige pdf-Dateien mit Originalpublikationen aus FraxForFuture verlinkt, die von Besucher:innen der Seite direkt genutzt werden können. Links gibt es auch auf den Boniturschlüssel und wird es in Bälde auch zur Handlungsempfehlung geben (s.u.).

Ein weiteres Instrument ist der **Boniturschlüssel**, an dessen Erstellung FraxConnect beteiligt war; federführend waren FraxPath und FraxMon.

Das wohl bedeutendste Produkt zum Wissenstransfer ist die **Handlungsempfehlung** („Zukunft der Esche - Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben“). Diese Broschüre wurde von FraxConnect, FraxSilva und FraDiv in sehr enger und intensiver Zusammenarbeit erstellt. Im Entstehungsprozess der Handlungsempfehlung wurden Personen aus der Forstpraxis eingebunden. Insgesamt konnten rund zehn Lektorate von Personen aus dem Forstsektor mit unterschiedlichen Funktionen eingeholt werden. Ihre Rückmeldungen wurden in die Handlungsempfehlung eingearbeitet. Es ist davon auszugehen, dass diese Menschen den Textentwurf sehr intensiv gelesen und sich mit ihm gedanklich auseinandergesetzt haben. Dieser Personenkreis wird zukünftig vermutlich auch als Multiplikator für die Inhalte der Empfehlung agieren.

Zusammen mit der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein wurde am 13.03.2024 eine Fortbildungsveranstaltung für Revierleitende angeboten. Auf dieser wurden die Ideen und Inhalte der Handlungsempfehlung sowohl erstmals präsentiert als auch mit Fachleuten diskutiert (Abbildung 34). Die Veranstaltung fand großen Anklang bei den 25 Teilnehmenden. Die Evaluationen waren durchweg positiv; 18 Fragebögen wurden vollständig ausgefüllt. Auf die Frage, ob die Teilnehmenden die Veranstaltung anderen Personen empfehlen würden, antworteten 12 Personen mit „stimme voll zu“ und sechs Personen mit „stimme zu“. Die offenen Diskussionen der Maßnahmen und vor allem die Exkursion in verschiedene Waldbeständen haben dafür gesorgt, die Teilnehmenden für einen veränderten Umgang mit der Esche zu sensibilisieren.

Im Rahmen der Erstellung der Handlungsempfehlung wurde eine Stakeholder-Analyse begonnen, mit der der Adressatenkreis der Empfehlung hätte erhoben werden können. Aktuell beschränkt sich die Ausrichtung der Empfehlungen auf Personen im engeren Forstsektor; diese Entscheidung musste im Verlauf des Schreibprozesses aus Kapazitätsgründen so gefällt werden. Weitere Adressaten könnten sich bei Naturschutz, Tourismus, Planungsbehörden, Besitzern von Privatwald oder auch der breiten Öffentlichkeit finden. Diese Gruppen werden von der aktuellen Handlungsempfehlung nicht explizit angesprochen. Da diese und ggf. auch weitere Zielgruppen über die Forschungsergebnisse aus FraxForFuture informiert werden sollten, müssten zukünftig

Termin:
13.03.2024

Veranstalter:
Landwirtschaftskammer
Schleswig-Holstein
Lehranstalt für Forstwirtschaft

Anmeldung:
Büro
Tel.: 04551 9598-24/-25

Anmeldefrist:
4 Wochen vor Lehrgangsbeginn

Referenten: Dr. Katharina Mausolf,
Ralf Nagel, Aaron Westhausen et al.

Teilnehmerzahl: 35

Dauer: 9.00 - 16.00 Uhr

Teilnehmerbeitrag:
55,00 €/Person
inkl. Tagesverpflegung

36

Zukunft der Esche in Schleswig-Holstein

Das Eschentriebsterben hat weite Teile der Eschenwälder in Schleswig-Holstein erreicht und ein großflächiges Absterben dieser Baumart bewirkt. Für viele Waldbesitzende ist das nach wie vor eine ökonomische und ökologische Herausforderung. Auf der anderen Seite hat die Esche jedoch besondere Funktionen im Ökosystem, sodass ein vorzeitiges oder vollständiges Aufgeben dieser Baumart auch ein erheblicher ökologischer Verlust wäre.

Das Seminar möchte das Eschentriebsterben ökonomisch und auch ökologisch beleuchten und waldbauliche Empfehlungen für die Behandlung geben und diese gemeinsam diskutieren. Dabei spielen die aktuellen Projekte FraDiv und FraxForFuture, die eine Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis darstellen, eine besondere Rolle. Ziel der Projekte ist es, Perspektiven für die weitere Entwicklung von Eschenwäldern zu entwickeln und aufzuzeigen wie diese Wälder zu behandeln sind, um die hohe Bedeutung für die Biodiversität zu erhalten.

Abbildung 34: Ankündigung des Seminars der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Zusammen mit Katharina Mausolf von FraDiv und Ralf Nagel von der NW-FVA ist FraxConnect eingeladen Revierleitenden aus Schleswig-Holstein die Ergebnisse der Broschüre zur Handlungsempfehlung zu präsentieren und mit ihnen zu diskutieren. Die Veranstaltung kann als ‚Prototyp‘ genutzt werden für derartigen Praxistransfer und soll entsprechend evaluiert werden.

hier entsprechend aufbereitete Informationen bereitgestellt werden. Dies bedeutet, dass für verschiedene Zielgruppen auch verschiedene Produkte erstellt werden müssten.

Kleinere opportunistische Maßnahmen zum Wissenstransfer haben im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit stattgefunden. Während des Auftritts bei der Gartenschau Balingen wurden individuelle Fragen Einzelner beantwortet. In den Zeitungs- und Rundfunkbeiträgen finden sich Informationen, die bei manch einem Konsumenten der Nachrichten Wissen generieren konnten—aber all das war ohne spezielles Konzept. Obwohl im ursprünglichen Antrag angedeutet, wurde keine umfassende Kommunikationsstrategie zum Wissenstransfer entwickelt. Das o.g. Seminar der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein ist ein wichtiger Baustein zum Wissenstransfer in die forstliche Praxis. Die Veranstaltung als ‚Prototyp‘ für weitere Workshops dienen sollen. Aufgrund der unsicheren Finanzierung des Folgeprojektes gibt es zunächst jedoch keine Wiederholungen.

AP 4: Beiträge zu den Unterverbänden 2, 3 und 5

Punktuell hat FraxConnect inhaltliche Beiträge zu anderen Unterverbänden geliefert. So gab es Beteiligungen an Einrichtung der Untersuchungsflächen in Baden-Württemberg, zum Boniturschlüssel oder der Sommerboniturschulung.

Besonders aufwendig war die Zäunung der IBF. Hierfür hatte FraxMon Mittel beantragt; die tatsächlichen Arbeiten (Ausschreibungen, technische Abnahme mit den beiden Auftragnehmern; Ausschreibungen zum Abbau der Zäune) sind aber durch FraxConnect erfolgt. Zudem war FraxConnect zusammen mit den anderen Teilvorhaben der FVA an der Flächeneinrichtung (insbesondere Markierung und Dokumentation der Bäume) der IBF beteiligt.

Bei der Erstellung des Boniturschlüssels war FraxConnect intensiv während der Korrekturphase (Lektorate) und der Produktion (Kommunikation mit Projektträger bzw. Agentur) eingebunden. Zur Vereinheitlichung der Ansprache unter den verschiedenen Bonitierenden gab es zwei Schulungen. Die Schulung zur Winterbonitur hat in Göttingen unter Federführung der NW-FVA stattgefunden. Die Schulung zur Sommerbonitur wurde von der FVA-BW unter intensiver Beteiligung von FraxConnect organisiert und umgesetzt (Einladung Referent, Mittelfreigabe durch Projektträger).

AP 5: Datenbank

1 Datenbankenwicklung

Die Entwicklung einer zentralen Datenbank für FraxForFuture war nicht in der verbundweiten Infrastruktur im ursprünglichen Antrag verankert. Einzig der Unterverbund FraxMon hatte Finanzmittel eingeplant, um die bestehende Datenbank GenMon weiter zu nutzen und für den eigenen Bedarf anzupassen. Bereits kurz nach dem Projektstart wurde das Thema beim ersten Koordinationstreffen besprochen. Zu dem Zeitpunkt bestand noch die Erwartung, an bestehende Datenbanken (GenMon bzw. Fit4Klim) anknüpfen zu können. Eine Weiterentwicklung hätte einfacher umsetzbar sein können als eine komplette Neuentwicklung. Entsprechend hat FraxConnect umfangreiche Recherchen unternommen und mit ehemaligen Mitarbeitenden der genannten Projekte orientierende Gespräche geführt. Dabei wurden organisatorische Unsicherheiten deutlich, wie beispielsweise das zu dem Zeitpunkt nicht zukunftsichere Hosting oder der Übernahme/Übergabe von Rechten aus den Vorgängerprojekten. Zudem hat sich herausgestellt, dass die Erweiterung beider Datenbanken um die mutmaßlichen Inhalte aus FraxForFuture nur schwer umsetzbar gewesen wäre.

So wurde bereits beim zweiten Koordinationstreffen beschlossen, die Eigenentwicklung einer FraxForFuture-Datenbank anzustreben. Dafür wurden die Bedarfe und Datentypen der verschiedenen Teilvorhaben im Rahmen mehrerer Online-Meetings abgefragt. Basierend auf den Abfrageergebnissen wurde ein Entity-Relationship-Diagramm (ERD) erstellt. Dies diente dazu, im Rahmen der Datenmodellierung den relevanten Ausschnitt der Forschung zu bestimmen und darzustellen. Zusammen mit dem Dienstleister WWL Umweltplanung und Geoinformatik GbR wurde dieses erste ERD im Laufe der Zeit optimiert und auf dieser Basis die Datenbankstruktur technisch umgesetzt (Programmierung des Backends).

Parallel wurden die Teilvorhaben gebeten, ihre Datenstruktur mit echten Daten zu füllen, um zumindest teilweise die Programmierungen auf Fehlerfreiheit zu prüfen. Dabei hat sich herausgestellt, dass die gelieferten Daten nur in den seltensten Fällen unmittelbar in die Datenbank eingelesen werden konnten. So war es teilweise nötig, Änderungen im Datenbank-Schema und Anpassungen in den Import-Skripten vorzunehmen. Offenbar hatten die Kolleg:innen aus den Teilvorhaben kein hinreichendes Datenbankverständnis, um die eigenen Daten trotz intensiver Vorgespräche und Informationen durch FraxConnect adäquat aufzubereiten. Dadurch mussten sehr zeitintensive Nacharbeiten von FraxConnect durchgeführt werden, die dann auch zu zahlreichen Rückfragen vom Dienstleister geführt haben; diese mussten in Einzelfällen sogar bis zum Teilvorhaben zurückgespielt werden.

Die Programmierung der Nutzer-Schnittstelle (Frontend) wurde durch den Dienstleister begonnen. Dieser Schritt konnte aus Zeitgründen während der Projektlaufzeit nicht finalisiert werden. Im Verlauf des zweiten Halbjahres 2023 hat der Projektträger signalisiert, dass eine kurze Laufzeitverlängerung möglich sei. Daraufhin wurden die Arbeitspläne auf eine Fertigstellung zum Ende Mai 2024 hin angepasst. Nachdem die Verlängerung leider nicht gewährt werden konnte, bleiben Restarbeiten offen.

Bevor dieser gesamte Prozess so umgesetzt werden konnte, mussten Mittel zur Durchführung im Rahmen einer Nachbeantragung akquiriert werden. Dieser Prozess war wegen angespannter Haushaltslage beim Projektträger aufwendig; wir waren aufgefordert, Restmittel bei den Teilvorhaben zu aktivieren, um eine Co-Finanzierung zu den bereits genehmigten Mittel für die Datenbank aus FraxMon und neuen Mitteln aus der FNR

zu leisten. Dann musste noch eine Ausschreibung inkl. Leistungsbeschreibung durchgeführt werden, was weitere Zeit und Kapazitäten gefordert hat, die im ursprünglichen Antrag nicht vorgesehen waren.

Bislang wurden im Rahmen des AP 5 folgende Arbeiten erfolgreich umgesetzt:

- Einblick in die Daten der Teilvorhaben
- Erstellung und Optimierung des zugehörigen Datenbankmodells
- Programmierung des Backends mit 60 Tabellen, davon 45 Datentabellen (Tabelle 22)
- Beschaffung, Qualitätsprüfung, Bereinigung und Import von Daten in insgesamt 25 Datentabellen
- Programmierung des Frontends mit Stammdaten, Ergebnissen und Abfrage-Modul (nicht abgeschlossen)
- Erläuterungen und Beschreibungen zu den Tabellen und vielfach auch den Attributen in den Tabellen als Teil der technischen Dokumentation

Tabelle 22: Datenbankstruktur mit Schemata und Erläuterungen

Schema	Erläuterung
admin	Tabellen zur Benutzerverwaltung
	Beziehungstabellen
db	Ergebnistabellen
	Haupttabellen
	Geoinformationstabellen
lookup	Tabellen mit Auswahllisten für einzelne Tabelleninhalte im Schema db
meta	Dokumentation und Frontend-Steuerung

Im Datenbankmodell wurde als zentrale Funktionalität zwei eng miteinander vernetzte Tabellen konstruiert, die sämtliche Proben und sämtliche Untersuchungen verzeichnen sollen. In diesem Prozess wurden 32 Probenarten und 27 Untersuchungstypen definiert, mit deren Hilfe sich die gesamte Breite der Forschung in FraxForFuture fassen und abbilden lässt. In der Datenbank finden sich entsprechende Erläuterungen, die Probenarten und Untersuchungstypen erklären—so soll die Datenbankstruktur für zukünftige Nutzer:innen nachvollziehbar gemacht werden.

Im Umfeld dieser beiden zentralen Tabellen finden sich Tabellen mit Stammdaten (Flächen, Bäume, Personen, Organisationen, Projekte) oder solche mit geografischen Informationen zu Flächen und Bäumen. Zudem gibt es Tabellen mit Bewegungsdaten zu beispielsweise Bonituren, Befliegungen oder Pflöpfungen.

Die Datenbank enthält ausgewählte Ergebnisse bzw. Daten der Forschungen aus FraxForFuture. Die Auswahl begründet sich mit der teilweise ausgesprochen hohen Spezifität einiger Daten. Als Kriterium für die Aufnahme von Ergebnissen in die Datenbank wurde definiert, dass die Daten potenziell von Forschenden eines anderen Teilvorhabens im Zuge synoptischer Auswertungen genutzt werden könnten. Über die Dokumentation aller Proben und aller Untersuchungen ist aber sichergestellt, dass jede:r erfahren kann, welche Daten es geben müsste und bei wem diese gespeichert sind. In einem sogenannten Rohdaten-Katalog soll vermerkt werden, welche Daten vorhanden sind und wie deren Struktur ist. Dies ermöglicht bilaterale Kontakte zwischen den

Forschenden zur gemeinsamen weiteren Auswertung. Aufbereitete Daten werden in der Datenbank in sogenannten Ergebnistabellen (e_-Tabellen) gespeichert. Von diesen gibt es 18 Stück.

Die Datenbank ist weiterhin vorbereitet, unterschiedlichste Dokumente zu Proben und Untersuchungen aufzunehmen. Diese Funktionalität soll der Dokumentation der Forschung dienen—nachfolgend Forschende können sich beispielsweise die Methodik der Datengewinnung erschließen oder nachvollziehen, welche Auswertungen bislang mit diesen Daten erfolgt sind.

Es stehen noch aus:

- Beschaffung, Qualitätsprüfung, Bereinigung und Import von Daten in die restlichen 20 Tabellen
- Finalisierung des Frontends inkl. Abfragemodul
- Beta-Tests
- Benutzerhandbuch

Bereits mit Beginn der Datenbankentwicklung wurde deren dauerhafter Betrieb bzw. Weiternutzung thematisiert. Dazu gab es seitens FraxConnect mehrfach Anläufe, mit der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen“ unter Federführung des BLE in Kontakt zu kommen, die leider erfolglos blieben. Auch der Ansatz des Thünen-Instituts, die FraxForFuture-Datenbank zusammen mit weiteren, bereits existierenden Datenbanken wie GenMon oder Fit4Klim dauerhaft zu hosten und zu pflegen, wurde unseres Wissens eingestellt. So bleibt zu konstatieren, dass zum Projektende von FraxConnect keine gesicherte Lösung zur Zukunft der Datenbank genannt werden kann. FraxConnect hat noch im Februar 2024, kurz vor Projektende, entsprechende Versuche unternommen. Eine abschließende Lösung gibt es nicht. Bei der LFE Brandenburg und der FVA-BW wird jeweils eine Kopie der Datenbank als Offline-Version archiviert. Bis zum 31.12.2024 sind der Code des Backends und der Nutzeroberfläche über folgenden Link abrufbar: <https://cloud.landbw.de/index.php/s/zxZBDwPJBXpeE3W>. Mit Expertenwissen kann aus diesen Dateien die Datenbank rekonstruiert werden.

Dass es letztlich keine vollumfänglich funktionsfähige FraxForFuture-Datenbank gibt, hat verschiedene Gründe:

- Datenstruktur der Teilvorhaben war erst spät im Verlauf der Projekte geklärt. Dadurch waren vielfach mühevoll Nacharbeiten im ERD notwendig.
- Überschätzung der allgemeinen Datenbank-Kenntnisse bei den Forschenden in den Teilvorhaben führten zu sehr aufwendigen Absprachen und auch Nacharbeiten.
- In der ursprünglichen Beantragung hat eine ausreichende Finanzausstattung für die Erstellung einer umfassenden Datenbank gefehlt; aufwendige Arbeiten zur Sicherstellung der Finanzierung haben bereits zu Beginn des Arbeitspakets zu einem großen Zeitverzug geführt.

Insgesamt war das Arbeitsvolumen für die beiden Bearbeitenden durch die Hinzunahme des AP 5 zu groß geworden. Allein die ursprünglichen komplexen Aufgaben von FraxConnect hätten die Arbeitskapazität bereits gut ausgefüllt. Zwar hat die Laufzeitverlängerung von September 2023 auf Februar 2024 hier etwas gegengesteuert, aber sie hat diese Diskrepanz nicht aufgefüllt.

2 Empfehlungen

Der Projektträger sollte bereits während der Antragsphase prüfen, welches Konzept die Antragsteller für die Datenhaltung präsentieren. Bei der Prüfung sollten nicht nur die formalen Aspekte, sondern auch inhaltlich gegutachtet werden. Hierbei ist insbesondere das Konzept zur langfristigen Datenverfügbarkeit wichtig. Die finanzielle Ausstattung sollte nicht zu klein sein; dieser Bereich von Forschung—insbesondere in Forschungsverbänden—ist recht aufwendig. Außerdem ist es wichtig, dass die Laufzeit des Datenbankprojekts länger ist als die der Forschungsprojekte, da die Datenstruktur und Inhalte erst spät im Forschungsprozess vorliegen. Nur so kann sichergestellt werden, dass sämtliche Forschungsdaten angemessen in der Datenbank abgelegt werden können und damit längerfristig nutzbar sind.

Insgesamt ist aber zu betonen, dass trotz all dieser Schwierigkeiten und Probleme die zentrale Datenhaltung in Verbundprojekten von herausragender Bedeutung ist. Es muss einfach gelingen, diese zu überwinden. Dazu könnte der Projektträger eine langfristige Dateninfrastruktur anbieten oder vermitteln, wie zum Beispiel die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) e.V. (<https://www.nfdi.de/>). So ließe sich verhindern, dass am Laufzeitende von Projekten lediglich rudimentäre Datenbestände existieren, relevante Informationen, Daten und Zugänge aber verloren gehen.

Der Mehrwert eines gemeinsamen Datenbestandes, wie in FraxForFuture angestrebt, ergibt sich in der so möglichen und organisatorisch vergleichsweise einfachen Synthese. Falls es nämlich nur verstreute Datenhaltung gäbe, so müssten zur übergreifenden Auswertung viele Datenquellen erschlossen werden, mit vielen Menschen gesprochen und diese koordiniert werden. Entsprechende Reibungsverluste sind offensichtlich. In FraxForFuture musste dieser Mehrwert erst kommuniziert und erkannt werden, bevor die Arbeit mit den Daten hätte starten können—leider ist es aus Zeitmangel und wegen den besagten Schwierigkeiten bei der Datenübernahme in die Datenbank nicht zu der verbundweiten synoptischen Auswertung gekommen. In FraxForFuture wurden Teilvorhaben-übergreifende Auswertungen nur von wenigen Personen durchgeführt. Die Daten dafür mussten sie sich mühsam zusammenstellen, indem sie verschiedene Personen angesprochen haben.

III Verwertung

1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Aufgrund der Projektstruktur, bestehend aus der Koordination des Gesamtprojektes und einem wissenschaftlichen Teil, der auf die Entwicklung von Methoden und die unentgeltliche Bereitstellung von Wissen und Tools ausgerichtet war, wurde eine direkte wirtschaftliche Verwertung nie angestrebt.

Durch das Projekt FraxConnect konnten wichtige Erfahrungen gewonnen werden, wie die Analyse monetärer und nicht-monetärer Folgen des ETS auf Forstbetriebsebenen erfolgen kann. Die hier vorgestellte Methodik hat nicht nur den Vorteil, dass durch die Anpassung einzelner Parameter zukünftig eine vergleichsweise schnelle Aktualisierung der Bewertungen möglich ist, sondern es ist auch denkbar, dass das Vorgehen auch für die Bewertung anderer Pathogene geeignet ist.

Die erarbeiteten Entscheidungsunterstützungsinstrumente haben direkten Anwendungsbezug für die forstliche Praxis. Betriebe können dabei unterstützt werden, evidenzbasierte Entscheidungen zu fällen. Mithilfe der entwickelten Tools wird eine betriebswirtschaftliche Grundlage zur Selbstanalyse der monetären und nicht-monetären Folgen des ETS geschaffen. Der forstlichen Praxis werden somit gleich zwei Tools zur Verfügung gestellt, die zu einem optimierten und wissenschaftlich fundierten Umgang mit den Folgen des ETS beitragen. Die Tools wurden dabei so stark vereinfacht, dass eine eigenständige Nutzung grundsätzlich möglich ist.

Weiterhin wird durch die Projektwebseite auf das Thema Eschentriebsterben aufmerksam gemacht und dafür sensibilisiert. Die Seite bleibt bis Ende 2025 zugänglich und kann weiterhin als Informationsquelle dienen.

2 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Die Schaffung einer guten internen Kommunikationskultur hat zur Bildung von Netzwerken geführt, aus der weitere wissenschaftliche Zusammenarbeit resultiert. Die entwickelten Kommunikationsformate (regelmäßige Online-Treffen des Koordinationskreises, zur Vorstellung des Arbeitsstandes und zur Diskussion von Querschnittsthemen) haben sich als geeignet erwiesen, große interdisziplinäre Verbünde im zeitnahen inhaltlichen Austausch zu unterstützen. Präsenztreffen sind vor allem im Workshop-Format gewinnbringend, denn sie fördern Kreativität und die soziale Dimension der Zusammenarbeit. Die wertvolle Zeit sollte deshalb nicht ausschließlich für Vortrags-Formate genutzt werden.

Das Projekt hat entscheidend zum Verständnis der ökonomischen wie auch ökologischen Folgen des ETS aus forstbetrieblicher Sicht beigetragen und konnte damit die bisherige Wissenslücke in diesem Bereich schließen. Dabei wurde nicht nur ein methodisches Vorgehen entwickelt, das auch auf andere Fragestellungen bzw. Schadereignisse übertragbar ist, sondern es wurden auch zwei Entscheidungsunterstützungsinstrumente entwickelt. Es erscheint sinnvoll und möglich, dass diese Instrumente künftig in der Forstwissenschaft aufgegriffen werden und zu einem optimierten Umgang mit den Folgen des ETS beitragen.

Die Tools sind online kostenfrei über die Projektwebseite zugänglich. Zusätzlich ist in Form eines Handbuchs bzw. einer im Tool integrierten Beschreibung das methodische Vorgehen detailliert beschrieben.

Die Broschüre zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben stellt eine wissenschaftlich fundierte, bundesweite Managementstrategie dar, die den neuesten nationalen und internationalen Forschungsstand zum ETS berücksichtigt. Die Inhalte haben sowohl für die Wissenschaft aber auch für die forstliche

Ausbildung großes Potential, da sie eine umfassende Darstellung der unterschiedlichen Aspekte enthält, die es sowohl beim Umgang aber auch bei der zukünftigen Forschung im Kontext Eschensterben zu berücksichtigen gilt.

3 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Ergebnisse des Projekts wurden in verschiedener Form – in der Regel internetbasiert – dauerhaft öffentlich zugänglich gemacht. Die URL der Projektwebseite könnte in einem Folgevorhaben weiter genutzt werden, um von der bisher erreichten Reichweite von FraxForFuture zu profitieren. Es steht interessierten Forschungseinrichtungen und Forstbetrieben damit jederzeit offen, auf den Ergebnissen aufzusetzen und diese für eigene Arbeiten bzw. Praxisanwendungen zu nutzen.

Gleichzeitig lässt sich das hier vorgestellte methodische Vorgehen auch auf andere Fragestellungen übertragen. So wurde das Tool zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS bereits auf weitere Fragestellungen des Risiko- und Krisenmanagements sowie zur Darstellung der Auswirkung des Klimawandels auf die Baumartenzusammensetzung und auf die unterschiedlichen Ökosystemleistungen genutzt.

Im Sinne der zukünftigen Nutzung können die entwickelten Entscheidungsunterstützungsinstrumente auch in der forstlichen Ausbildung genutzt werden, um beispielsweise die Zusammenhänge zwischen der Baumartenzusammensetzung und betrieblichen Risiken darzustellen oder die ökonomische Leistungsfähigkeit einer Baumart unter Einfluss eines Pathogens zu untersuchen.

Die im Rahmen von FraxForFuture entwickelte Datenbank kann in Folgeprojekten oder anderen Vorhaben mit ähnlichen Inhalten und Ansprüchen weiter genutzt werden. Die Datenstruktur und der Quellcode für das Frontend wurden zum Projektende gesichert.

4 Erkenntnisse von Dritten

Abseits der Analyse der Mortalität von Eschenbeständen und den bisherigen Empfehlungen zum Umgang mit den Folgen des ETS fehlte bisher die betriebswirtschaftliche Betrachtung der Folgen des ETS nahezu vollständig. Diesbezügliche Internetrecherchen zeigen auf, dass abgesehen von einer Studie für Großbritannien, die kurz vor Start des Projekts veröffentlicht wurde und die monetären Folgen des ETS auf Landesebene untersucht hat, keine weiteren Erkenntnisse vorliegen. Im Gegensatz dazu gibt es eine Reihe von Studien, die auf die ökologischen Folgen des ETS näher eingehen, allerdings aufgrund des hier gewählten Ansatzes zur Analyse der nicht-monetären Folgen des ETS irrelevant sind. Somit gab es während der Projektlaufzeit keine neuen Erkenntnisse, die in das Forschungsvorhaben hätten integriert werden können.

IV Veröffentlichungen

Publikationen

Steinhart, F.; Burzlaff, T. (Hrsg.) (2023): FraxForFuture – Erhalt der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior*) als Wirtschaftsbaumart. Tagungsband. Berichte Freiburger Forstliche Forschung.

Steinhart, F.; Westhauser, A.; Mausolf, K.; Osewold, J.; Schrewe, F. R.; Fischer, H.; Burzlaff, T.; Nagel, R.-V. (2024): Zukunft der Esche–Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow-Prüzen, 72 Seiten.

Westhauser, A. (2024): Zukunft Ungewiss: die ökonomischen und ökologischen Folgen des Eschentriebsterbens. *astrein* – Das Jahresmagazin der FVA, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

Westhauser, A. (2024): Waldwissen

Vorträge

Forstökonomische Kolloquium in Bad-Laasphe-Feudingen am 22.09.2022

- Vortrag: Aaron Westhauser: „Ökonomische Analyse des Eschentriebsterbens auf Betriebseben“
- Vortrag: Martin Jacobs: „Nicht-monetäre Konsequenzen des Eschentriebsterbens: Optimale Baumarten-Portfolios für die Einbringung verschiedener Ökosystemleistungen bei Mehrfachzielsetzung von Forstbetrieben – ein Decision Support Tool“

FVA-Kolloquium am 02.02.2023: FraxForFuture - Gemeinsam für den Erhalt der Esche

- FraxConnect: Verbundvorstellung von Feray Steinhart und Tim Burzlaff, Abt. Waldschutz
- FraxConnect Ökonomie: Vorträge von Aaron Westhauser und Martin Jacobs, Abt. Forstökonomie

FVA-Kolloquium am 16.11.2023: Abteilung Forstökonomie und Management

- Vortrag: Aaron Westhauser: Klimawandel und Ökosystemleistungen - Eine Annäherung an die Veränderungen aufgrund der Anpassung des Baumartenspektrums

FVA-Kolloquium am 11.04.2024: Abteilung Waldschutz

- Vortrag: Jörg Grüner: Empfehlungen zum forstbetrieblichen Umgang mit dem Eschentriebsterben

Poster

Grüner, J., Bubner, B., Kätzel R., Langer, G.J., Nagel, R.-V.: FraxForFuture – Forschung zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart. 62. Deutsche Pflanzenschutztagung - digital 2021

Grüner, J., Bubner, B., Kätzel R., Langer, G.J., Nagel, R.-V.: FraxForFuture – Forschung zum Erhalt der Esche als Wirtschaftsbaumart (25-P-03) Forstwissenschaftliche Tagung 2021

Burzlaff, T., Steinhart, F., Grüner, J.: FraxForFuture—The German research network on Ash Dieback, IUFRO 2022

Steinhart, F., Burzlaff, T., Fuchs, S., Grüner, J.: Das Demonstrationsvorhaben FraxForFuture. Waldklimafonds-Kongress 2022

Westhauser, A., Osewold, J., Steinhart, F., Burzlaff, T., Schrewe, F., Fischer, H., Nagel, R.-V.: Bisherige Handlungsempfehlungen und zukünftiger Umgang mit den Folgen des Eschentriebsterbens (#182), Forstwissenschaftliche Tagung 2023

Westhauser, A.: Analyse der monetären und nicht-monetären Folgen des Eschentriebsterbens und Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungssystems für Forstbetriebe (#35). 63. Deutsche Pflanzenschutztagung

Medienbeiträge

- Zeitungsartikel Badische Zeitung, 11.02.2021: Wir identifizieren resistente Bäume.
- Zeitungsartikel Der Sonntag, 11.04.2021: Die Esche soll nicht sterben.
- Zeitungsartikel Dreisamtäler, 23.06.2021: Eschentriebsterben - auch das Dreisamtal betroffen.
- SWR Aktuell Baden-Württemberg: Sendung um 18:00 Uhr vom 26.05.2021 vom 21.03.2023: "Stirbt die Esche aus?" | [Link zum Artikel](#)
- tagesschau.de vom 25.04.2023: "Tag des Baumes: Schädlinge bedrohen Eschen in Deutschland" | [Link zum Beitrag](#)

Literaturverzeichnis

- AFL Niedersachsen e.V. (Hrsg.) (2021): Richtpreise, Tarife, Kalkulationen, Adressen. Göttingen: Eigenverlag AFL
- Bengtsson, V.; Stenström, A. (2017): Ash dieback – a continuing threat to veteran ash trees? In: R. Vasaitis; R. Enderle (Eds.), Dieback of European ash (*Fraxinus spp.*): Consequences and guidelines for sustainable management. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 262-272
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft (2023): Baumarten im Schutzwald. Online abrufbar unter: <https://www.schutzwald.at/wissen/baumarten.html>, Zugriff am: 06. Februar 2024
- BWI (2012): Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank. Online abrufbar unter: <https://bwi.info>, Zugriff am: 28. Oktober 2014, Auftragskürzel: 77Z1JI_L101of_2012, Archivierungsdatum: 2014-8-13 16:42:23.590, Überschrift: Waldfläche [ha] nach Land und Waldspezifikation, Filter: Jahr=2012
- Chang, W.; Cheng, J.; Allaire, J.; Sievert, C.; Schloerke, B.; Xie, Y.; Allen, J.; McPherson, J.; Dipert, A.; Borges, B. (2021). shiny: Web Application Framework for R. R package version 1.7.1. <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>.
- Coker, T. L. R.; Rozsypálek, J.; Edwards, A.; Hardwood, T. P.; Butfoy, L.; Buggs, R. J. A. (2019): Estimating mortality rates of European ash (*Fraxinus excelsior*) under the ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) epidemic. *Plants People Planet* 1: 48-58
- Drenkhan, R.; Agan, A.; Palm, K.; Rosenthal, R.; Jürisoo, L.; Maaten, T.; Drenkhan, T. (2017): Overview of ash and ash dieback in Estonia. In: R. Vasaitis; R. Enderle (Eds.), Dieback of European ash (*Fraxinus spp.*): Consequences and guidelines for sustainable management. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 115-124
- Enderle, R.; Fussi, B.; Lenz, H. D.; Langer, G.; Nagel, R.; Metzler, B. (2017): Ash dieback in Germany: research on disease development, resistance and management options. In: R. Vasaitis; R. Enderle (Eds.), Dieback of European ash (*Fraxinus spp.*): Consequences and guidelines for sustainable management. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 89-105
- Enderle, R.; Sander, F.; Metzler, B. (2017): Temporal development of collar necroses and butt rot in association with ash dieback. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 10: 529-536
- Enderle, R.; Metzler, B.; Riemer, U.; Kändler, G. (2018): Ash dieback on sample points of the national forest inventory in south-western Germany. *Forests* 9: 25
- Estrella, R.; Cattrysse, D.; van Orshoven, J. (2014): Comparison of three ideal point-based multi-criteria decision methods for afforestation planning. *Forests* 5: 3222–3240
- HessenForst (Hrsg.) (2016): Hessische Waldbaufibel: Grundsätze und Leitlinien zur naturnahen Wirtschaftsweise im hessischen Staatswald. Kassel: Landesbetrieb HessenForst
- ForstBW (Hrsg.) (2014): Richtlinie Landesweiter Waldentwicklungstypen. ForstBW Praxis. Stuttgart: Landesbetrieb ForstBW
- ForstBW (Hrsg.) (2018): Herausforderung Eschentriebsterben: Waldbauliche Behandlung geschädigter Eschenbestände. Stuttgart: Landesbetrieb ForstBW
- Giongo, S.; Longa, O.; Dal Maso, E.; Montecchio, L.; Maresi, G. (2017): Evaluating the impact of *Hymenoscyphus fraxineus* in Trentino (Alps, northern Italy): first investigations. *iForest-Biogeosciences and Forestry* 10: 871-878
- Holb, I. J.; Heijne, B.; Withagen, J. C. M.; Gáll, J. M.; Jeger, M. J. (2005): Analysis of summer epidemic progress of apple scab at different apple production systems in the Netherlands and Hungary. *Phytopathology* 95:1001-1020
- Hopf S. (2019): Eschenmonitoring Zustandsbericht 2019. Witterswil: Institut für angewandte Pflanzenbiologie

- Kaulfuß, S. (2012): Nach dem Sturm ist vor dem Sturm oder Wie senke ich das Sturmrisiko meines Waldes. Online abrufbar unter: <http://www.waldwissen.net>, Zugriff am: 06. Februar 2024
- Klesse, S.; von Arx, G.; Gossner, M. M.; Hug, C.; Rigling, A.; Queloz, V. (2020): Amplifying feedback loop between growth and wood anatomical characteristics of *Fraxinus excelsior* explains size-related susceptibility to ash dieback. *Tree Physiology* 41: 683–696
- Knoke, S.; Kienlein, S. (2020): Multifunktionale und robuste forstliche Optimierung. *AFZ-Der Wald* 14: 12-15
- Lemm, R. (1991): Ein dynamisches Forstbetriebs-Simulationsmodell. Prognosen von betriebsspezifischen Waldentwicklungen, Waldschäden und deren monetäre Bewertung unter variablen Einflussgrößen. Dissertation. ETH-Zürich. Professur für Forsteinrichtung und Waldwachstum
- Lenz, H.; Bartha, B.; Straßer, L.; Lemme, H. (2016). Development of ash dieback in south-eastern Germany and the increasing occurrence of secondary pathogens. *Forests* 7: 41
- Lenz, H.; Straßer, L. (2019): Eschentriebsterben. *LWF-Merkblatt* 28: 1-6
- Löhmus, A.; Runnel, K. (2014): Ash dieback can rapidly eradicate isolated epiphyte populations in production forests: A case study. *Biological Conservation* 169: 185–188
- Marçais, B.; Husson, C.; Caël, O.; Dowkiw, A.; Saintonge, F-X.; Delahaye, L.; Collet, C.; Chandelier, A. (2017): Estimation of ash mortality induced by *Hymenoscyphus fraxineus* in France and Belgium. *Baltic Forestry* 23:159-167
- Matisone, I.; Matisons, R.; Laivins, M.; Gaitnieks, T. (2018): Statistics of ash dieback in Latvia. *Silva Fennica* 52: 9901
- MELF (Hrsg.) (2003): Grundsätze für die Pflege der Baumarten: Esche und Bergahorn, Schwarzerle, Sand- und Moorbirke, Douglasie, Fichte, Europ. und Japan. Lärche im Landeswald Mecklenburg-Vorpommern. Heft - D4 -. Schwerin: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
- Menkis, A.; Bakys, R.; Åslund, M. S.; Davydenko, K.; Elfstrand, J. S.; Vasaitis, R. (2020): Identifying *Fraxinus excelsior* tolerant to ash dieback: visual field monitoring versus a molecular marker. *Forest Pathology* 50: e12572
- ML (Hrsg.) (2004): Pflege und Entwicklung von Ahorn, Esche und anderen Edellaubbäumen. Wolfenbüttel: Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
- Möhring, B.; Rüping, U. (2006): Bewertungskonzept für forstliche Nutzungsbeschränkungen. Schriftenreihe zur Forstökonomie 32. Frankfurt am Main: Sauerländer Verlag
- MWU (Hrsg.) 2020: Merkblatt zur Bewirtschaftung von Edellaubholzbeständen des Landes Sachsen-Anhalt. Magdeburg: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt
- Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.) (2016): Eschentriebsterben. Praxis-Information 4. Göttingen: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)
- Pliura, A.; Bakys, R.; Suchockas, V.; Marčiulyniene, D.; Gustiene, V.; Verbyla, V.; Lygis, V. (2017): Ash dieback in Lithuania: disease history, research on impact and genetic variation in disease resistance, tree breeding and options for forest management. In: R. Vasaitis; R. Enderle (Eds.), *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): Consequences and guidelines for sustainable management*. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 150-165
- Queloz, Q.; Hopf, S.; Schoebel, C. N.; Rigling, D.; Gross, A. (2017): Ash dieback in Switzerland: history and scientific achievements. In: R. Vasaitis; R. Enderle (Eds.), *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): Consequences and guidelines for sustainable management*. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 68-78
- Rosenvald, R.; Drenkhan, R.; Riit, T.; Löhmus, A. (2015): Towards silvicultural mitigation of the European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback: The importance of acclimated trees in retention forestry. *Canadian Journal of Forest Research* 45: 1206–1214

- Sioen, G.; Roskams, P.; DeCuyper, B.; Steenackers, M. (2017): Ash dieback in Flanders (Belgium): research on disease development, resistance and management options. In: R. Vasaitis; R. Enderle (Eds.), Dieback of European ash (*Fraxinus spp.*): Consequences and guidelines for sustainable management. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 61-67
- Shearer, B. L.; Crane, C. E.; Barrett, S.; Cochrane, A. (2007): Assessment of threatened flora susceptibility to *Phytophthora cinnamomi* by analysis of disease progress curves in shadehouse and natural environments. Australasian Plant Pathology 36: 609–620
- Timmermann, V.; Nagy, N. E.; Hietala, A. M.; Børja, I.; Solheim, H. (2017): Progression of ash dieback in Norway related to tree age, disease history and regional aspects. Baltic Forestry 23: 150–158
- Volquardts, G. (1958): Die Esche in Schleswig-Holstein. Dissertation. Universität Göttingen
- Wegmann, E. (2009): Die Bedeutung der Wasserversorgung für das Gedeihen der Waldbäume. Zürcher Wald 2: 49-51
- Wimmenauer, K. (1919): Wachstum und Ertrag der Esche. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 95: 9-17

Berichtsblatt - Kurzfassung des Vorhabens

Zuwendungsempfänger: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden- Württemberg, Wonnhaldestr. 4, 79104 Freiburg	Förderkennzeichen: 2219WK19X4
Thema: Demonstrationsprojekt Erhalt der Gemeinen Esche (FraxForFuture); Koordination FraxForFuture, Ökonomie, Wissenstransfer (FraxConnect)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2020—29.02.2024	

Projektbeschreibung:

Seit mehr als 20 Jahren leidet die Gemeine Esche (*Fraxinus excelsior*) an den Folgen des Eschentriebsterbens (ETS). Ausgelöst wird die Krankheit durch einen aus Asien stammenden Schlauchpilz, das Falsche Weiße Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*). Die schnelle Ausbreitung des ETS und die flächige Schädigung in allen Bestandesphasen verursacht aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung der Esche, aber auch angesichts ihrer vielfältigen ökologischen Eigenschaften, enorme ökonomische und gesellschaftliche Schäden. Für Forstbetriebe mit hohen Anteilen der Baumart Esche, insbesondere im Privat- und Kommunalwald, sind die Folgen weitgehender Ausfälle der Baumart somit von höchster Bedeutung.

Im Rahmen des Teilvorhabens FraxConnect steht daher unter anderem die Analyse der sich ergebenden monetären und nicht-monetären Auswirkungen des ETS auf Betriebsebene im Mittelpunkt. Weiterhin soll ein für den deutschen Raum gültiges Entscheidungsunterstützungsinstrument (decision support system - DSS) entwickelt werden, das die betroffenen Betriebe dabei unterstützt, die monetären wie auch nicht-monetären Folgen des ETS fallbezogen einzuordnen. Die Integration der entwickelten DSS in die Entscheidungsfindung soll hierbei zu einem wissenschaftlich fundierten und optimierten Umgang mit den Folgen des ETS beitragen.

Zusätzlich übernimmt das Projekt die zentrale Koordination und Kommunikation des Gesamtvorhabens nach innen und außen in 31 Teilvorhaben in sechs Verbänden. FraxConnect schafft Strukturen zur interdisziplinären Vernetzung und zum internen Austausch und übernimmt die Darstellung des Gesamtvorhabens in der Öffentlichkeit. Hierfür wird eine Webseite eingerichtet sowie eine Datenbank entwickelt, die die langfristige Sicherung und Auswertung der gewonnenen Erkenntnisse sicherstellen soll.

FraxConnect beteiligt sich maßgeblich an der Überführung des erarbeiteten Wissens in die Praxis sowie an der Entwicklung von Strategien zum zukünftigen Umgang mit dem ETS.

Projektergebnisse:

Mithilfe verschiedenster Kommunikationsformate wie beispielsweise einer Online-Reihe, regelmäßigen Treffen des Koordinationskreises oder Präsenzveranstaltungen wurde die fachübergreifende Vernetzung der Teilvorhaben gefördert. FraxConnect hat das Gesamtvorhaben bei verschiedenen Veranstaltungen (Tagungen, Kolloquienreihen) einem Fachpublikum vorgestellt. Insgesamt wurde FraxForFuture so erfolgreich als Marke etabliert.

Die durchgeführte Analyse der monetären und nicht-monetären Folgen des ETS zeigt, dass eine pauschale Aussage über die Folgen des ETS nur eingeschränkt möglich ist, da sowohl die monetären wie auch nicht-monetären Folgen des ETS stark von der jeweiligen Ausgangssituation abhängig sind. Während die ökonomischen Folgen des ETS maßgeblich durch die erhöhte Mortalität, das betrachtete Bestandesalter, die Holzerntekosten und Holzpreise sowie durch die zugrundeliegenden Behandlungsszenarien beeinflusst werden, ist das Ausmaß der nicht-monetären Folgen des ETS vor allem durch den Flächenanteil der Esche und die Verteilung der übrigen Baumartenzusammensetzung bestimmt.

Es wurden zwei Entscheidungsunterstützungsinstrumente entwickelt, die eine fallbezogene Einordnung der Folgen des ETS ermöglichen. Beide Tools wurden so konzipiert, dass sie ohne großen Mehraufwand direkt von Entscheidungsträgern eingesetzt werden können. Es ist somit gelungen eine betriebswirtschaftliche Grundlage zur Selbstanalyse der monetären und nicht-monetären Folgen des ETS zu schaffen.

Weiterhin wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Teilvorhaben FraxSilva und dem Projekt FraDiv eine umfassende Broschüre zum forstbetrieblichen Umgang mit den Folgen des ETS verfasst. Der forstlichen Praxis wird damit eine wissenschaftlich fundierte, bundesweite Managementstrategie an die Hand gegeben, die den neuesten nationalen und internationalen Forschungsstand zum ETS berücksichtigt.

Short Project Description

Beneficiary: Forest Research Institute of Baden-Württemberg, Wonnhaldestr. 4, 79104 Freiburg, Germany	Project number: 2219WK19X4
Project title: Demonstration project conservation of the common ash tree (FraxForFuture); coordination FraxForFuture, economy, knowledge transfer (FraxConnect)	
Project : 01.09.2020—29.02.2024	

Project objective:

For more than 20 years, the common ash (*Fraxinus excelsior*) has been suffering from the effects of ash dieback. A fungus named *Hymenoscyphus fraxineus*, which originated from Asia, causes the disease. Due to the economic importance of ash and its diverse ecological traits the rapid spread of ash dieback and the extensive damage in all stages of stand development lead to significant economic and societal disturbances. Particularly for forest enterprises with a high proportion of ash trees, especially in private and municipal forests, the consequences of extensive losses are paramount.

Hence, a central objective of FraxConnect is to analyze the resulting monetary and non-monetary consequences of ash dieback. Furthermore, it aims to develop a decision support system valid for the Federal Republic of Germany, aiding affected forest enterprises in assessing both the monetary and non-monetary consequences of ash dieback on a case-by-case basis. The integration of the developed decision support systems into decision-making processes aims to contribute to an optimized and scientifically based approach to dealing with the implications of ash dieback.

In addition, the project is responsible for the internal and external coordination and communication of the overall project that includes 31 projects. FraxConnect creates structures for interdisciplinary networking and internal dialogue and is responsible for presenting the overall project to the public. To this end, a website is being set up and a database developed to ensure the long-term storage and evaluation of the findings.

Moreover, FraxConnect plays a pivotal role in facilitating the practical application of the acquired knowledge and in formulating strategies for the future management of ash dieback.

Project results:

With the help of various communication formats such as an online series, regular meetings of the coordination group and face-to-face events, the interdisciplinary networking of the various projects was promoted. FraxConnect presented the overall project to a specialist audience at various events (conferences, colloquia series). Overall, FraxForFuture was successfully established as a brand.

The analysis conducted on the monetary and non-monetary consequences of ash dieback reveals that making generalized statements about its effects is only possible to a limited extent. Both the monetary and non-monetary impacts of ash dieback are heavily influenced by the specific initial conditions. While increased mortality rates, stand age, timber harvesting costs and prices, and the underlying treatment paradigms mainly influence the economic consequences, the extent of the non-monetary impacts are mainly driven by the proportion of ash and the distribution of other tree species within the stand.

Two decision support systems were developed to facilitate a case-specific assessment of ash dieback consequences. Both tools have been designed for the immediate integration into decision-making processes, ensuring accessibility for stakeholders without additional effort. Consequently, a standardized framework for self-analysis of the monetary and non-monetary implications of ash dieback has been established.

A comprehensive brochure on forest management strategies for dealing with the consequences of ash dieback was compiled in close collaboration with FraxSilva and FraDiv. This provides forest practitioners with a scientifically sound, nationwide management strategy that takes into account the latest national and international research on ash dieback.