



Dieses Gutachten dient als wissenschaftliche Grundlage für die Klimawaldaktie „am Zachuner See“, ein privat initiiertes Aufforstungsprojekt, das über symbolische Anteile gemeinschaftlich finanziert wird.





Land- und Forstbetrieb Scharlaug
Diplom-Forstwirt und Forstassessor Ralf Egbert Scharlaug
Goldenstädter Str. 7, 19077 Rastow

**Forstwissenschaftliches Gutachten
Abteilung 8040, Unterabteilung b3,
Forstamt Jasnitz, Revier Kirch Jesar**

Dipl. Forstw./ Fass. Ralf Egbert Scharlaug, Prof. em. Dr. Martin Guericke
Projektbeginn: 14. Oktober 2022
Aktualisierter Gutachtenstand: 21. April 2026

Inhaltsverzeichnis

Forstwissenschaftliches Gutachten Abteilung 8040, Unterabteilung b3,

Forstamt Jasnitz, Revier Kirch Jesar2

1.	Hintergrund und Ziel des Gutachtens.....	4
2.	Beschreibung der Projektfläche und der Ziele	5
3.	Methodik der Erstaufforstung	6
4.	Bodenanalyse und Bewertung der Bodenqualität	7
4.1.	Bewirtschaftung	8
5.	Entwicklung eines klimaresilienten Mischwaldes	10
5.1.	Habitatbäume und Totholz	11
5.2.	Baumartenauswahl.....	11
5.3.	Vorbereitung der Fläche	12
5.4.	Pflanzmethoden und -techniken.....	13
5.5.	Pflanzplanung der Erstaufforstung.....	14
5.6.	Waldrand	15
6.	Langfristige Pflege, Erhaltungsstrategien und Vorratspflege	16
7.	Beitrag zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs)	18
8.	Fazit.....	19
9.	Literaturverzeichnis	21
10.	Anlagen	24

C-Bilanzierung für die Abteilung 8040, Unterabteilung b3, Forstamt Jasnitz,

Revier Kirch Jesar..... 29

1.	Ausgangssituation und Methodik.....	30
1.1.	Eingangsdaten F2026.....	30
1.2.	Methodik.....	30
2.	Kohlenstoffbilanzierung Boden.....	31
3.	Kohlenstoffbilanzierung Kulturfläche	34
3.1.	Waldbauliche Hintergrundinformationen	34
3.2.	Maßnahmen und Eingriffsfolge.....	35
3.3.	Modellierung und Ergebnisse	36
3.4.	Quantifizierung der Substitutionseffekte	41
4.	Kohlenstoffbilanzierung Waldrand.....	43
4.1.	Waldbaulicher Hintergrund und Maßnahmen.....	43
4.2.	Modellierung und Ergebnisse	44
5.	Gesamtergebnis und Bewertung.....	47
6.	Literatur	49

1. Hintergrund und Ziel des Gutachtens

Mit der Klimawaldaktie „am Zachuner See“ realisiert der Land- und Forstbetrieb Scharlaug ein Aufforstungsprojekt auf bislang landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Gemarkung Neu Zachun, Gemeinde Hoort, Landkreis Ludwigslust-Parchim, Mecklenburg-Vorpommern (vgl. Anlage 1: Liegenschaftskarte). Detaillierte Karten zur exakten Lage und forstlichen Einordnung der Projektfläche sind dem Anhang dieses Gutachtens beigelegt (Anlage 1: Liegenschaftskarte; Anlage 2: Forstgrundkarte; Anlage 3: Standortkarte).

Ziel der Klimawaldaktie ist die Entwicklung standortangepasster, biologisch vielfältiger und klimaresilienter Mischwälder im Rahmen eines gemeinschaftlich finanzierten Aufforstungsmodells.

Durch die Neubegründung und Pflege strukturreicher Wälder soll langfristig die Kohlenstoffbindung gesteigert, die Biodiversität gefördert sowie Humus- und Bodenentwicklung und der Wasserhaushalt verbessert werden, um stabile, klimaangepasste Waldgesellschaften zu etablieren. Diese Vorgehensweise dient sowohl dem Klimaschutz als auch der Sicherung einer multifunktionalen, naturnahen Waldbewirtschaftung.

Die Maßnahmen orientieren sich an den Vorgaben des § 1 Bundeswaldgesetz (BWaldG) und des § 1 Abs. 2 Landeswaldgesetz Mecklenburg-Vorpommern (LWaldG M-V), nach denen der Wald in seiner Vielfalt, Leistungs- und Funktionsfähigkeit dauerhaft zu erhalten und nachhaltig zu entwickeln ist (Bundesministerium der Justiz 1975; Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern 1992).

Das vorliegende Gutachten dokumentiert die geplanten Aufforstungsmaßnahmen im Rahmen der Klimawaldaktie „am Zachuner See“, bewertet ihre waldbauliche, ökologische und klimapolitische Relevanz und beschreibt die vorgesehenen Schritte für die langfristige Entwicklung des Projektgebietes.

Im Sinne einer umfassenden Klimabilanz wird im Folgenden die Einheit CO₂e (CO₂-Äquivalente) verwendet, welche neben Kohlendioxid (CO₂) auch klimawirksame Gase wie Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) in ihrer vergleichbaren Klimawirkung berücksichtigt. Zur besseren Lesbarkeit wird im weiteren Verlauf des Gutachtens der Begriff „CO₂“ stellvertretend verwendet, sofern keine differenzierte Betrachtung erforderlich ist.

Aufgrund der Erstaufforstungsgenehmigung wurde die ursprünglich geplante Projektfläche von rund 0,71 ha auf eine genehmigte Aufforstungsfläche von 0,48 ha reduziert. Die Reduzierung ergibt sich aus einzuhaltenden Abständen zu naturschutzfachlich relevanten Flächen und Ausgleichsmaßnahmen [Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern, 2025; Forstamt Jasnitz, 2025]. Die Pflanzplanung wird entsprechend flächenproportional angepasst.

2. Beschreibung der Projektfläche und der Ziele

Das Projektgebiet der Klimawaldakte „am Zachuner See“ gehört zum Land- und Forstbetrieb Scharlaug. Es liegt im Zuständigkeitsbereich des Forstamts Jasnitz, Revier Kirch Jesar, und befindet sich in der Gemeinde Hoort, Gemarkung Neu Zachun, Flur 2, Flurstück 366 [vgl. Anlage 1: Liegenschaftskarte; Anlage 2: Forstgrundkarte]. Die betrachtete Aufforstungsfläche stellt mit 0,71 ha von 1,11 ha eine Teilfläche des Flurstücks 366 dar und wird als 366/2 bezeichnet [siehe Abb. 1]. Sie liegt überwiegend auf dem Standorttyp A1; die detaillierte bodenkundliche Bewertung ist Kapitel 4 zu entnehmen.



Abb. 1: Ausgangszustand Unterabteilung 8040 b3, Offenland [09.12.2025; Land- und Forstbetrieb Scharlaug].

Bei der Projektfläche handelt es sich um bislang landwirtschaftlich genutztes Offenland ohne vorhandenen Waldbestand und ohne ausgeprägte Vorwaldstrukturen. Die geplante Erstaufforstung setzt damit auf einer unbestockten Ausgangsfläche an und erfordert eine vollständige Neubegründung des Bestandes, die sich deutlich von den benachbarten, bereits bestockten Waldflächen des Betriebes unterscheidet.

Die Projektziele verfolgen vorrangig ökologische und klimapolitische Zielsetzungen; ökonomische und soziale Aspekte werden ergänzend berücksichtigt. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines standortgerechten, struktur- und artenreichen, klimaresilienten Mischwaldes durch die Pflanzung trockenheits- und stresstoleranter Baumarten. Dadurch sollen die langfristige Kohlenstoffbindung erhöht, die Biodiversität gefördert sowie stabile und anpassungsfähige Waldstrukturen begründet werden.

Unter ökonomischen Gesichtspunkten wird eine langfristig tragfähige, naturnahe Bewirtschaftung angestrebt, bei der mögliche Nutzungen von Holz und weiteren Waldleistungen mit den ökologischen Zielen in Einklang stehen. Sozial soll das Projekt die Landschaft aufwerten, die Bildungs- und Erholungsfunktion stärken und durch die Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern über die Klimawaldaktie die regionale Identifikation mit dem entstehenden Wald fördern.

3. Methodik der Erstaufforstung

Die Erstaufforstung im Projektgebiet der Klimawaldaktie „am Zachuner See“ folgt einem wissenschaftlich fundierten, praxisnahen Konzept, das den Ausgangszustand, der bislang unbestockten Fläche erfasst und die Entwicklung eines klimaresilienten, ökologisch hochwertigen Mischwaldes zum Ziel hat. Dabei werden bewährte waldbauliche Verfahren der Kulturbegründung mit aktuellen Erkenntnissen zur Stabilität und Anpassungsfähigkeit von Mischwäldern im Klimawandel kombiniert [Bartsch et al., 2020; Ammer et al., 2019].

Grundlage der Planung ist eine standortbezogene Analyse der bodenkundlichen und klimatischen Rahmenbedingungen. Hierzu werden insbesondere die forstliche Standorterkundung Mecklenburg-Vorpommern sowie die Bodenschätzwerte herangezogen; Angaben zu Standorttyp, Nährstoffversorgung und Wasserhaushalt sind maßgeblich für die Auswahl geeigneter Baumarten und die Ableitung standortspezifischer Maßnahmen.

Ein zentrales Element der Methodik ist die sorgfältige Vorbereitung der Ackerfläche und die fachgerechte Begründung der Kultur. Je nach Bodenbeschaffenheit und Vorbewirtschaftung werden schonende Bodenbearbeitung, geeignete Pflanzverbände

und eine standortgerechte Mischung von Haupt- und Nebenbaumarten eingesetzt, um die ausreichende Durchwurzelung und Wasserversorgung sowie eine rasche Bestandesentwicklung zu fördern. Die ausgewählten Baumarten werden auf der bislang unbestockten Fläche überwiegend im Rahmen der Pflanzung eingebracht; Naturverjüngung spielt aufgrund des fehlenden Vorbestandes nur eine untergeordnete Rolle [Spellmann et al., 2011].

Zum Schutz der Kultur wird die Projektfläche vollständig gezäunt, um Verbiss- und Schälsschäden durch Schalenwild zu begrenzen und einen sicheren Anwuchserfolg zu gewährleisten [Müller und Schmidt, 2022]. Innerhalb der Zäunung werden die Baumarten trupp- und gruppenweise kombiniert, um unterschiedliche Wurzelsysteme, Konkurrenzstrategien und ökologische Funktionen gezielt zu nutzen und damit die Stabilität des entstehenden Mischwaldes zu erhöhen [Fischer und Krüger, 2020].

Der Waldrand mit standortgerechten Straucharten ergänzt die Kulturmaßnahmen, um Mikroklima, Windschutz und Biodiversität zu fördern. Dabei werden Erfahrungen des Land- und Forstbetriebs Scharlaug mit strukturreichen Waldrändern auf vergleichbaren Standorten einbezogen.

Die Methodik umfasst zudem eine regelmäßige Kontrolle des Kulturverlaufs, um Anwuchs, Vitalität und Mischungsentwicklung zu bewerten und bei Bedarf nachzusteuern. Standardisierte Erfolgskontrollen liefern die Grundlage für Anpassungen bei Pflegeeingriffen und Nachbesserungen und sichern damit den nachhaltigen Erfolg der Erstaufforstung [Knoke et al., 2008].

4. Bodenanalyse und Bewertung der Bodenqualität

Die Bodenverhältnisse der Projektfläche bilden eine zentrale Grundlage für die waldbauliche Planung. Die Erstaufforstungsfläche liegt überwiegend auf dem Standorttyp A1, der in den amtlichen Geodaten als arm, frisch, mineralisch mit sandigen Substraten ausgewiesen ist [GeoBasis-DE / M-V, GeoPortal.MV; vgl. Anlage 3: Standortkarte]. Die zugehörige Bodenschätzung mit der Codierung S5D 17/17 kennzeichnet diese Böden als sandige Ackerstandorte mit geringer bis mäßiger Ertragsfähigkeit und eingeschränkter Wasserhaltekapazität. Diese Einordnung entspricht den Grundsätzen der amtlichen Bodenschätzung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), die Bodenarten, Ertragsfähigkeit und Standortpotenziale landwirtschaftlich genutzter Flächen bewertet [BMEL, 2025].

Aus bodenkundlicher Sicht handelt es sich damit um leichte bis mittlere Sandböden mit hohem Sandanteil und nur geringen Anteilen feinerer Bodenfraktionen. Bundesweite

Auswertungen der Waldboden- und Bodenzustandserhebung zeigen, dass solche Standorte typischerweise eine schwach saure Reaktion mit pH-Werten im Oberboden etwa zwischen 4,5 und 5,5 aufweisen, eine mäßig ausgebildete Humusaufgabe im Bereich von rund 2–4 % organischer Substanz besitzen und eine vergleichsweise geringe Basensättigung aufzeigen [BMEL/Thünen, Waldböden in Deutschland]. Die Vorräte an pflanzenverfügbarem Stickstoff und Phosphor liegen in der Regel im unteren Bereich [Größenordnung Stickstoff etwa 10–20 mg/kg, Phosphor etwa 3–6 mg/kg], Kaliumvorräte im Oberboden bewegen sich häufig im unteren bis mittleren Spektrum [ca. 60–90 mg/kg]; diese Werte sind für nährstoffarme Sandstandorte in Norddeutschland typisch und werden durch landesweite Auswertungen für Mecklenburg-Vorpommern bestätigt [Ratzke & Mohr, 2005]. Insgesamt weist die Fläche trotz begrenzter Nährstoffausstattung und Wasserhaltefähigkeit ein tragfähiges Potenzial für die geplante Aufforstung auf.

Die Kombination aus leichter Bodentextur, geringer Nährstoffausstattung und begrenzter Wasserhaltefähigkeit stellt hierbei erhöhte Anforderungen an Baumartenwahl und Kulturanlage. Geeignet sind insbesondere Baumarten, die mit mäßiger Nährstoffversorgung und zeitweiser Trockenheit umgehen können, gleichzeitig aber in der Lage sind, durch tiefreichende oder gut verzweigte Wurzelsysteme die vorhandenen Wasser- und Nährstoffreserven effizient zu erschließen. Vor diesem Hintergrund sollen trockenheits- und stresstolerante Laubbaumarten wie Traubeneiche [*Quercus petraea*], Hainbuche [*Carpinus betulus*], Winterlinde [*Tilia cordata*], Vogelkirsche [*Prunus avium*] und Edelkastanie [*Castanea sativa*] verwendet werden, ergänzt um begrenzte Beimischungen von Roteiche [*Quercus rubra*] und Robinie [*Robinia pseudoacacia*], die auf nährstoffarmen Sandstandorten zur Strukturdiversität beitragen und über Stickstoffbindung bzw. Tiefenwurzelung den Nährstoff- und Wasserhaushalt positiv beeinflussen können [Ammer, 2019; Böhm und Seiler, 2021].

4.1. Bewirtschaftung

Die zukünftige Bewirtschaftung der neu begründeten Waldfläche orientiert sich an den Grundsätzen der naturgemäßen Waldwirtschaft gemäß den Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft [ANW, 2024]. Ziel ist die Entwicklung eines dauerhaft gemischten, strukturreichen und multifunktional nutzbaren Dauerwaldes. Dieses waldbauliche Leitbild verbindet ökologische, ökonomische und soziale Zielsetzungen und soll gewährleisten, dass auf derselben Fläche langfristig Holz genutzt werden kann, während Lebensräume für Flora und Fauna erhalten und weiterentwickelt werden.

Anders als in klassischen Altersklassenwäldern mit flächenhaften Eingriffen, planmäßigen Durchforstungsintervallen und Endnutzungen in Form von Kahlschlägen, steht im Rahmen der naturgemäßen Waldwirtschaft die Behandlung einzelner Bäume oder kleiner Gruppen im Vordergrund. Mit zunehmender Bestandesentwicklung wird deshalb von Beginn an darauf geachtet, sogenannte Zielbäume frühzeitig zu erkennen und zu fördern, Lichtverhältnisse kleinräumig zu steuern und die Bestandesstruktur Schritt für Schritt zu differenzieren (siehe Abb. 2). Auf großflächige Kahlschläge wird verzichtet; Eingriffe erfolgen kleinflächig und an den künftigen Dauerwaldcharakter angepasst.

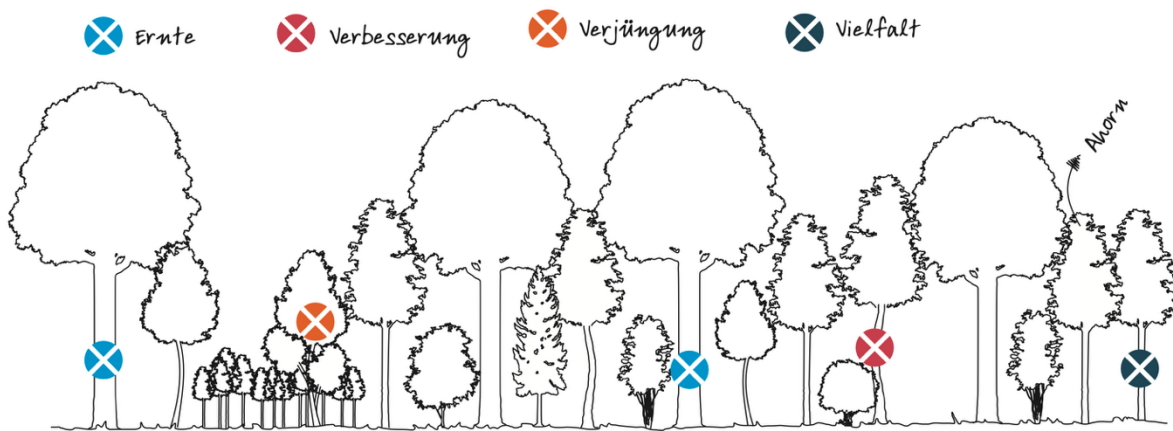


Abb. 2: Schematische Darstellung eines gemischten Dauerwaldbestandes mit gekennzeichneten Eingriffsstellen für Ernte, Qualitätsverbesserung, Verjüngung und Förderung der strukturellen Vielfalt im Sinne einer einzelbaum- und gruppenweisen, naturgemäßen Bewirtschaftung (Sanchez, 2022).

Für die neu aufgeforstete Fläche bedeutet dies, dass bereits die Kulturbegründung und die frühe Pflege auf die Entwicklung einer dauerwaldgeeigneten Struktur ausgerichtet werden: eine trupp- und gruppenweise Mischung der Baumarten, die Förderung vertikaler und horizontaler Gliederung sowie der Erhalt einzelner Zukunftsbäume und Baumgruppen. In späteren Entwicklungsphasen werden dann Naturverjüngung, gestufte Waldränder und Habitatstrukturen gezielt erhalten und gefördert, um eine hohe biologische Vielfalt und eine robuste, klimaangepasste, dynamische und zugleich stabile Bestandesstruktur zu erhalten (siehe Abb. 3).

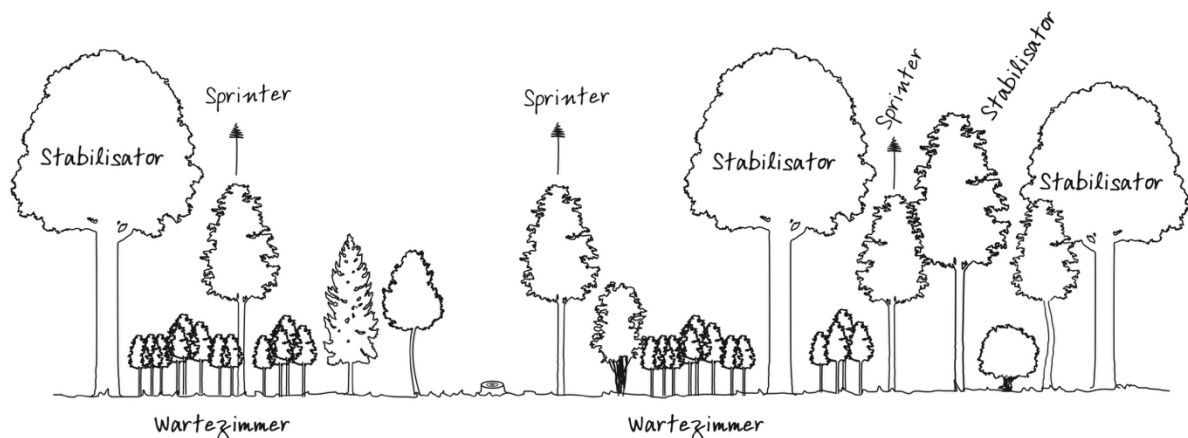


Abb. 3: Schematische Darstellung funktionaler Baumrollen in einem strukturreichen Mischwald mit langfristig tragenden „Stabilisatoren“, schnellwüchsigen „Sprintern“ und nachrückenden Jungbeständen im „Wartezimmer“ als Grundlage einer kontinuierlichen Struktur- und Generationsentwicklung [Sanchez, 2022].

Nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnis trägt eine solche, an den ANW-Grundsätzen orientierte Bewirtschaftung wesentlich dazu bei, die Resilienz des entstehenden Waldökosystems zu erhöhen. Die Vielfalt an Baumarten, Alters- und Höhenklassen sowie die Förderung tiefwurzelnder und trockenheitstoleranter Baumarten verbessern die Stabilität gegenüber Störungen wie Stürmen, Dürreperioden oder Schädlingsbefall und sichern langfristig die vielfältigen Leistungen des Waldes [ANW, 2024; Ammer et al., 2019].

5. Entwicklung eines klimaresilienten Mischwaldes

Die Entwicklung eines klimaresilienten Mischwaldes auf der Projektfläche basiert auf der gezielten Pflanzung standortgerechter, trockenheitsresistenter Baumarten und der schrittweisen Strukturierung des Bestandes. Durch die Kombination von Arten mit unterschiedlichen Wurzelsystemen, Schattentoleranzen und Kronenformen soll eine stabile, vielschichtige Waldstruktur entstehen, die gegenüber Trockenperioden, Sturmereignissen und biotischen Schadfaktoren erhöhte Widerstandskraft aufweist [Bartsch et al., 2020; Ammer et al., 2019].

Die gewählte Baumartenmischung mit Traubeneiche, Hainbuche, Winterlinde, Vogelkirsche, Edelkastanie sowie begrenzten Anteilen von Roteiche und Robinie schafft dabei die Grundlage für eine hohe funktionale Diversität. Zugleich sichert diese Vielfalt die langfristige CO₂-Bindung, verbessert durch unterschiedliche Durchwurzelungsmuster die Nutzung des Standortpotentials und bietet vielfältige Habitate für Flora und Fauna [Burschel et al., 1993].

5.1. Habitatbäume und Totholz

Trotz des Erstaufforstungscharakters wird bereits in der Planung die zukünftige Bedeutung von Habitatbäumen und Totholz berücksichtigt. Mit zunehmender Bestandesentwicklung sollen einzelne Bäume mit besonderen Strukturen (z. B. Höhlen, Grobkronen, abgestorbene Kronenteile) gezielt als Habitatbäume aus der Nutzung genommen und dauerhaft im Bestand belassen werden [ANW, 2024; Wenz et al., 2020]. Ergänzend wird angestrebt, einen Teil des im Zuge späterer Pflegeeingriffe anfallenden Holzes als stehendes oder liegendes Totholz im Wald zu belassen, um Lebensräume für holzbewohnende Käfer, Pilze, Vögel und Fledermäuse zu schaffen [Freibauer et al., 2009].

Wo Sicherheitsaspekte oder der Schutz der Kultur es erfordern, können instabile Habitatbäume in ihrer Höhe reduziert werden, sodass ihre ökologische Funktion weitgehend erhalten bleibt, ohne Zaunanlagen oder junge Bestände zu gefährden. Auf diese Weise werden Biodiversitätsziele und eine verjüngungsfreundliche Bestandesführung miteinander in Einklang gebracht.

5.2. Baumartenauswahl

Die Baumartenauswahl für das Projekt Klimawaldaktie „am Zachuner See“ orientiert sich konsequent an den Standortbedingungen der Projektfläche [A1, arm-frisch, sandig] und am Ziel, einen klimaresilienten, strukturreichen Laubmischwald zu begründen. Im Vordergrund stehen Arten mit hoher Trockenheits- und Hitzetoleranz, unterschiedlichen Wurzelarchitekturen und positiver Wirkung auf Bodenstruktur und Biodiversität [Bartsch et al., 2020; Ammer et al., 2019].

Leitbaumarten des Projekts sind die Traubeneiche (*Quercus petraea*) und die Hainbuche (*Carpinus betulus*). Die Traubeneiche ist tiefwurzeln, trockenheits- und hitzetolerant und auf leichten, sandigen Böden besonders konkurrenzstark; sie bildet robuste, langlebige Stämme mit hoher CO₂-Bindung (hohe Holzdichte) und bietet zahlreichen Insektenarten Nahrung und Habitat [Fischer und Krüger, 2020]. Die Hainbuche ergänzt als schattentolerante, robuste Mischbaumart mit dichtem Herzwurzelsystem und guter Anpassungsfähigkeit an variable Wasserverhältnisse; ihre Laubstreu trägt zur Humusbildung und zur Stabilisierung des Oberbodens bei.

Die Winterlinde (*Tilia cordata*) ist als weitere wichtige Mischbaumart vorgesehen. Sie ist trockenheitsresistent, regenerationsfähig und liefert wertvollen Nektar für bestäubende Insekten. Ihre leicht zersetzbare Laubstreu unterstützt die pH-Stabilisierung und fördert eine aktive Bodenfauna. In kleineren Gruppen wird die Vogelkirsche (*Prunus avium*) eingebracht, die durch Blüte und Fruchtbildung einen hohen Wert für Insekten und

Vögel besitzt und mit ihrer Pfahlwurzel auch auf leichten Böden eine gute Standfestigkeit erreicht.

Die Edelkastanie (*Castanea sativa*) wird in moderatem Umfang zur Erhöhung der strukturellen und funktionalen Diversität eingesetzt. Sie ist wärmeliebend, besitzt ein tiefreichendes Wurzelsystem, zeigt auf sandig-ärmeren Standorten gute Trockenheitsresistenz und liefert gleichzeitig qualitativ hochwertiges Holz (Böhm und Seiler, 2021). Begrenzte Beimischungen der Roteiche (*Quercus rubra*) und der Robinie (*Robinia pseudoacacia*) sollen die Mischung ergänzen. Die Roteiche zeichnet sich durch rasches Jugendwachstum und Toleranz gegenüber trockenen Standorten aus, während die Robinie als tiefwurzeln-de, stickstoffbindende Baumart in kleinen Anteilen positive Effekte auf Nährstoffhaushalt und Strukturentwicklung haben kann (Böhm und Seiler, 2021).

Natürliche Sukzession spielt auf der bisherigen Ackerfläche zunächst eine untergeordnete Rolle. Gleichwohl wird erwartet, dass sich auch Pionierarten wie Sandbirke (*Betula pendula*) oder Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*) aus der Umgebung einfinden können. Diese werden, sofern sie die Zielbaumarten nicht verdrängen, in die Entwicklung des Bestandes einbezogen und können punktuell zur Verbesserung der Bestandesstruktur und Bodenentwicklung beitragen (Spellmann et al., 2011).

5.3. Vorbereitung der Fläche

Vor Durchführung der Kulturbegründung wird die bislang landwirtschaftlich genutzte Erstaufforstungsfläche fachgerecht vorbereitet. Ziel ist die Herstellung geeigneter Ausgangsbedingungen für Anwuchs, Durchwurzelung und spätere Kulturpflege. Aufgrund der leichten, sandgeprägten Böden des Standorttyps A1 erfolgt die Flächenvorbereitung bodenschonend und auf das waldbaulich erforderliche Maß beschränkt (Bartsch et al., 2020).

Soweit erforderlich, wird eine streifenweise Bodenverwundung bzw. flache Oberbodenlockerung in den künftigen Pflanzreihen vorgenommen. Hierdurch werden Verdichtungen gelöst, der Bodenschluss verbessert sowie Konkurrenzvegetation im unmittelbaren Pflanzbereich reduziert. Auf tiefgreifende flächige Bodenbearbeitungsverfahren wie Vollumbruch oder flächiges Pflügen wird verzichtet, da diese auf sandigen Standorten mit erhöhtem Risiko von Austrocknung, Humusabbau und Winderosion verbunden sind.

Begleitvegetation, insbesondere dominante Grasnarben oder ruderal geprägte Aufwüchse, wird vor der Pflanzung abschnittsweise reguliert, um Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe in der Etablierungsphase zu mindern (Spellmann et al., 2011).

Zum Schutz vor Verbiss-, Feg- und Schälsschäden durch Schalenwild wird die Gesamtfläche vor Pflanzbeginn mit einem ca. 1,80 m hohen Wildschutzzaun eingefriedet. Die Zaunführung orientiert sich an den Außengrenzen der Kulturfläche; Kontroll- und Pflegezugänge werden berücksichtigt. Der Zaun verbleibt bis zum Erreichen einer ausreichenden Verbisshöhe der Hauptbaumarten und wird anschließend vollständig zurückgebaut (Müller und Schmidt, 2022).

5.4. Pflanzmethoden und -techniken

Die Bestandesbegründung erfolgt durch künstliche Verjüngung mittels Pflanzung im Reihenverband. Vorgesehen ist ein Reihenabstand von ca. 2,0 m bei einem Pflanzenabstand von rund 1,0 m innerhalb der Reihe. Dies entspricht einer Kulturdichte von etwa 5.000 Pflanzen/ha. Die gewählte Ausgangsdichte ermöglicht einen raschen Bestandesschluss, sichert Mischungsanteile und schafft zugleich Spielraum für spätere Läuterungs- und Auslesemaßnahmen (Knoke et al., 2008).

Zum Einsatz kommen überwiegend ein- bis zweijährige, wurzelnackte Forstpflanzen geeigneter und herkunftsgesicherter Herkünfte gemäß den Vorgaben des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG). Die Verwendung standortgerechten und zugelassenen Vermehrungsguts dient der Sicherung genetischer Anpassungsfähigkeit, Vitalität und langfristiger Stabilität der künftigen Waldbestände (Bundesministerium der Justiz, 2002). Bei empfindlicheren Baumarten oder erschwerten Pflanzbedingungen können ergänzend Containerpflanzen verwendet werden, um Anwuchserfolg und Etablierungssicherheit zu erhöhen.

Die Pflanzung erfolgt motormanuell bzw. manuell mit Pflanzspaten, Hohlspaten oder Pflanzhaue. Besondere Beachtung finden fachgerechte Pflanztiefe, lotrechte Stellung, ungestörte Wurzelarchitektur sowie ausreichender Bodenschluss. Wurzeldeformationen, insbesondere Dreh- oder Stauchwurzeln, sind zu vermeiden, da sie die spätere Stabilität und Vitalität beeinträchtigen können (Bartsch et al., 2020).

Die Baumarten werden trupp-, gruppen- und abschnittsweise gemischt eingebracht. Dadurch entstehen bereits frühzeitig strukturreiche Mischbestände mit differenzierten inner- und zwischenartlichen Konkurrenzverhältnissen, unterschiedlichen Wurzelstrategien sowie einer hohen funktionalen Diversität. Die Waldrandbereiche werden gesondert mit standortgerechten Strauch- und Baumarten als gestufter Waldmantel-Waldsaum-Komplex entwickelt.

Ab dem ersten Vegetationsjahr erfolgen regelmäßige Kulturkontrollen zur Überprüfung von Anwuchs, Vitalität, Ausfällen und Konkurrenzvegetation. Bei Bedarf schließen sich

Nachbesserungen sowie Jungwuchs- und Freistellungsmaßnahmen an, um die Entwicklung der Zielbaumarten zu sichern und die angestrebte Mischungsstruktur langfristig zu erhalten [Wald und Holz NRW, 2025; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2023].

5.5. Pflanzplanung der Erstaufforstung

Die Pflanzplanung für die Klimawaldaktie „am Zachuner See“ legt die Pflanzdichten und Baumartenmischung standortspezifisch für die Projektfläche fest. Grundlage sind die bodenkundlichen und hydrologischen Verhältnisse des Standorttyps A1 sowie das Ziel, einen klimaresilienten, strukturreichen Laubmischwald zu begründen. Die Pflanzdichte ist so gewählt, dass sowohl eine ausreichende Flächenabdeckung als auch genügend Raum für Wurzelentwicklung, Durchmischung und spätere Pflegemaßnahmen gegeben ist.

Aufgrund der Erstaufforstungsgenehmigung wurde die ursprünglich geplante Projektfläche von rund 0,71 ha auf eine genehmigte Aufforstungsfläche von 0,48 ha reduziert. Die Reduzierung ergibt sich aus einzuhaltenden Abständen zu naturschutzfachlich relevanten Flächen und Ausgleichsmaßnahmen [Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern, 2025; Forstamt Jasnitz, 2025]. Die Pflanzplanung wird entsprechend flächenproportional angepasst.

Flächentyp	Größe
Ursprünglich geplant	0,71 ha
Genehmigt	0,48 ha
Kulturfläche	0,43 ha
Waldrand	0,05 ha

Tab. 1: Flächenübersicht der Projektfläche mit Darstellung der ursprünglich geplanten, genehmigten sowie für Kultur- und Waldrandentwicklung vorgesehenen Teilflächen.

Für die Erstaufforstungsfläche mit einer Größe von rund 0,48 ha ist eine Pflanzendichte von etwa 5.000 Bäumen pro Hektar vorgesehen. Daraus ergibt sich eine geplante Gesamtzahl von rund 2.400 Jungpflanzen (siehe Tab. 2). Diese Dichte sichert einen geschlossenen Kulturbestand in der Startphase und zugleich die Option, im Zuge der Entwicklung gezielt potenzielle Konkurrenten zu entnehmen und Einzelbäume zu fördern, ohne dass größere Lücken entstehen.

Standort	Baumart	Pflanzen/ha
A1	Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>)	1.600
A1	Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)	1.200
A1	Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>)	600
A1	Vogelkirsche (<i>Prunus avium</i>)	500
A1	Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i>)	500
A1	Roteiche (<i>Quercus rubra</i>)	300
A1	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	300

Tab. 2: Pflanzplanung 2026, Abt. 8040, UAbt. b3. Übersicht der vorgesehenen Baumarten nach Standorttyp mit jeweiliger Stückzahl pro Hektar.

Die exakte Aufteilung kann im Rahmen der Pflanzung geringfügig angepasst werden, um auf kleinstandörtliche Unterschiede und Pflanzqualitäten zu reagieren.

5.6. Waldrand

Waldränder spielen auch im Rahmen des Projekts eine zentrale Rolle. Als Übergangsbereiche zwischen dem entstehenden Laubmischwald und angrenzendem Offenland mildern sie Mikroklimaextreme, brechen Windlasten und tragen dazu bei, die Verdunstung im Randbereich zu reduzieren und Erosion entlang der Bestandesgrenzen zu vermeiden [Ammer, 2019]. Gleichzeitig bieten sie strukturreiche Habitate für zahlreiche licht- und wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten, die im geschlossenen Waldbestand keinen geeigneten Lebensraum finden.

An drei offenen Seiten der Erstaufforstungsfläche wird ein gestufter Waldrand angelegt. Die Waldrandfläche umfasst etwa 0,05 ha, dies entspricht rund 6 % der Projektfläche. Die Pflanzdichte beträgt ca. 3.000 Pflanzen pro Hektar, was einer Gesamtpflanzzahl von etwa 150 Strauch- und Baumgehölzen entspricht. Der Waldrandsaum wird von niedrigen Strauchschichten im Außenbereich zu höheren Sträuchern und einzelnen Bäumen im inneren Rand aufgebaut, um einen unregelmäßigen, kleinteilig gegliederten Übergang zu schaffen.

Die Pflanzplanung des Waldrandes ist in der Pflanzplanung Abt. 8040, UAbt. b3 wie folgt festgelegt:

Standort	Baumart	Pflanzen/ha
A1	Hasel [<i>Corylus avellana</i>]	900
A1	Weißdorn [<i>Crataegus monogyna</i>]	700
A1	Schlehe [<i>Prunus spinosa</i>]	700
A1	Feldahorn [<i>Acer campestre</i>]	400
A1	Wildapfel [<i>Malus sylvestris</i>]	150
A1	Wildbirne [<i>Pyrus pyraster</i>]	150

Tab. 3: Pflanzplanung 2026, Abt. 8040, UAbt. b3. Übersicht der vorgesehenen Baumarten in der Waldrandgestaltung nach Standorttyp mit jeweiliger Stückzahl pro Hektar.

Die Straucharten Hasel, Weißdorn und Schlehe bilden das Rückgrat des äußeren Waldsaums und werden in lockeren Trupps mit Pflanzabständen von etwa 1,0 bis 1,5 m eingebracht. Feldahorn, Wildapfel und Wildbirne ergänzen den inneren Saumbereich in größeren Abständen und sorgen durch ihre unterschiedliche Wuchshöhe für eine ausgeprägte Vertikalstruktur sowie ein vielfältiges Blüten- und Fruchtangebot. Zwischen den Gehölzgruppen werden artenreiche Blühstreifen, ungemähte Altgrasinseln sowie punktuell Lesestein- und Totholzhaufen angelegt. Dadurch entstehen zusätzliche Lebensräume für Bestäuber, Reptilien, Amphibien, Kleinsäuger, Insekten sowie bodenbrütende Vogelarten und die ökologische Vernetzungsfunktion des Waldsaums wird nachhaltig gestärkt.

Die Pflege des Waldsaums erfolgt extensiv. Mahd und Rückschnitt werden zeitlich und räumlich versetzt durchgeführt, sodass stets ein Teil der Strukturen als Trittsteinbiotope erhalten bleibt. Flächige, maschinelle Räumungen sind nicht vorgesehen. In Verbindung mit der natürlichen Sukzession entsteht so ein ökologisch wertvoller, mehrschichtiger Übergangsbereich, der die Klimastabilität des Bestandes erhöht, die Biodiversität fördert und den Landschaftsraum optisch wie funktional aufwertet.

6. Langfristige Pflege, Erhaltungsstrategien und Vorratspflege

Die Klimawaldaktie „am Zachuner See“ ist als langfristig angelegtes, gemeinschaftlich finanziertes Aufforstungs- und Waldentwicklungsprojekt konzipiert. Die Umsetzung erfolgt schrittweise auf Grundlage der in diesem Gutachten beschriebenen Maßnahmen. Umfang und Tempo der einzelnen Projektbausteine orientieren sich am fortlaufenden Erwerb von Klimawaldaktien. Mit jeder zusätzlich gezeichneten Aktie stehen weitere Mittel für Pflanzungen, Nachbesserungen sowie Pflege-, Entwicklungs- und Erhaltungsmaßnahmen zur Verfügung. Ziel ist die schrittweise Entwicklung eines ökologisch wertvollen und klimaresilienten Mischwaldes entsprechend der in diesem

Gutachten definierten Aufforstungs- und Entwicklungsziele. Der Projektfortschritt sowie die umgesetzten Maßnahmen werden fortlaufend auf der projektspezifischen Internetseite unter www.klimawaldaktie.de/amzachersee dokumentiert.

Die Etablierungsphase beginnt mit den ersten Pflanzmaßnahmen und erstreckt sich über die Jahre der Kulturbegründung. In diesem Zeitraum werden – entsprechend den verfügbaren Mitteln – die Pflanzmaßnahmen Schritt für Schritt umgesetzt. Parallel dazu erfolgen regelmäßige Kultur- und Anwuchskontrollen, in der Regel mindestens zweimal jährlich im Frühjahr und Spätsommer. Dabei werden Anwuchsraten, Vitalität, Verbissschäden sowie der Einfluss konkurrierender Vegetation überprüft. Je nach Bedarf schließen sich Nachbesserungspflanzungen und Jungwuchspflegemaßnahmen an, um die Entwicklung der Zielbaumarten zu sichern. Als übliche Planungsgröße ist in den ersten Jahren mit Ausfällen von etwa 10–20 % zu rechnen, die durch Nachpflanzungen kompensiert werden.

Der Wildschutzzaun verbleibt während der Etablierungsphase als flächiger Schutz. Da die Aufforstung abschnittsweise erfolgt, ist ein fixer kalendarischer Rückbautermin nicht festlegbar. Grundsätzlich ist vorgesehen, die Zaunanlage erst dann zurückzubauen, wenn der überwiegende Teil der Zielbaumarten die kritische Verbisshöhe überschritten hat und eine ausreichende mechanische Stabilität des Jungbestandes gegeben ist. Der genaue Zeitpunkt wird im Rahmen der laufenden Projektbetreuung festgelegt. Beim Rückbau wird das Material vollständig entfernt und nach Möglichkeit wiederverwendet bzw. fachgerecht entsorgt.

Im Anschluss an die Etablierung geht die Fläche in die Entwicklungsphase über. In dieser Phase stehen Jungbestandspflege, Stabilisierung der Baumartenmischung und strukturelle Differenzierung im Mittelpunkt. Vorgesehen sind Maßnahmen der Positivauslese und Lichtlenkung, um vitale Zielbäume und deren Kronenentwicklung frühzeitig zu fördern und eine vertikale sowie horizontale Bestandesgliederung aufzubauen. Durch die Förderung einzelner Zukunftsbäume (Z-Bäume) und kleinräumig differenzierter Strukturen entsteht schrittweise ein stabiler, mischungsreicher Jungbestand. Erste Habitatbäume und Totholzstrukturen, ein zunehmend gestufter Waldrand und kleinräumige Sukzessionsflächen werden bei der Umsetzung integriert und erhalten.

Planmäßige Holznutzungen im Sinne der Vorratspflege werden erst in späteren Entwicklungsstadien relevant, wenn ein geschlossener, sich selbst verjüngender Bestand entstanden ist. Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung lassen sich hierzu noch keine belastbaren Entnahmemengen oder Zeitpunkte angeben. Grundsätzlich ist vorgesehen, spätere Nutzungen einzelbaum- oder gruppenweise und in Anlehnung an die Grundsätze der naturgemäßen Waldwirtschaft gemäß Kapitel 4.1. durchzuführen,

sodass Stabilität, Mischungsvielfalt und ökologische Funktionen des Bestandes dauerhaft gesichert werden.

Mit fortschreitender Entwicklung soll die Erstaufforstungsfläche schrittweise in ein nachhaltiges Dauerwaldmanagement übergehen. Die im Projektzeitraum aufgebauten ökologischen und strukturellen Qualitäten bilden hierbei die Grundlage für eine langfristige naturnahe und klimaangepasste Bewirtschaftung.

7. Beitrag zu den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs)

Das Projekt leistet einen direkten Beitrag zu mehreren Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen [Sustainable Development Goals, SDGs]. Im Vordergrund stehen dabei insbesondere die Ziele 3 „Good Health and Well-Being“, 4 „Quality Education“, 6 „Clean Water and Sanitation“, 12 „Responsible Consumption and Production“, 13 „Climate Action“ sowie 15 „Life on Land“.

Im Sinne von SDG 3 „Good Health and Well-Being“ entsteht durch die Erstaufforstung langfristig ein naturnaher Erholungsraum mit positiver Wirkung auf Aufenthaltsqualität, Mikroklima und wohnortnahe Naturerfahrung. Der neue Wald kann zur Minderung lokaler Hitzebelastung beitragen und zusätzliche Möglichkeiten für Bewegung, Erholung und Naturerleben schaffen.

SDG 4 „Quality Education“ wird durch Umweltbildung und gesellschaftliche Teilhabe unterstützt. Pflanzaktionen, Führungen, Informationstafeln sowie digitale Projektdokumentationen vermitteln praxisnah Wissen zu Waldökologie, Boden, Biodiversität und Klimaschutz und stärken das Verständnis nachhaltiger Landnutzung.

Im Hinblick auf SDG 6 „Clean Water and Sanitation“ verbessert die Waldbegründung langfristig Bodenstruktur, Wasserrückhalt und Infiltrationsleistung. Oberflächenabfluss und Erosionsrisiken werden reduziert, zugleich können Nährstoffeinträge in angrenzende Ökosysteme gemindert werden.

SDG 12 „Responsible Consumption and Production“ wird dadurch gefördert, dass die Klimawaldaktie Unternehmen und Privatpersonen eine transparente Beteiligung an regionalen Aufforstungsmaßnahmen ermöglicht. Finanzielle Mittel fließen unmittelbar in langfristige Natur- und Klimaschutzleistungen vor Ort.

Ein wesentlicher Beitrag zu SDG 13 „Climate Action“ ergibt sich aus der zusätzlichen Kohlenstoffspeicherung in Biomasse und Boden. Gleichzeitig stärkt die

standortgerechte Baumartenwahl die Anpassungsfähigkeit des entstehenden Bestandes gegenüber Trockenheit, Hitze und weiteren Klimarisiken.

Im Zentrum von SDG 15 „Life on Land“ steht die Förderung der biologischen Vielfalt. Durch die Entwicklung eines strukturreichen Mischwaldes mit Waldrändern, Habitatstrukturen und natürlicher Sukzession entstehen neue Lebensräume für Pflanzen, Insekten, Vögel und Säugetiere. Damit trägt das Projekt zur ökologischen Aufwertung der Kulturlandschaft sowie zur Vernetzung von Lebensräumen bei.



Abb. 5: Auswahl von Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs), auf die das Projekt der Klimawaldaktie „am Zachuner See“ durch Neuaufforstung, Klimaschutz, Biodiversitätsförderung, Umweltbildung und verantwortungsvolle Ressourcennutzung einzahlt (SDG 3, 4, 6, 12, 13, 15; eigene Darstellung nach United Nations, Sustainable Development Goals).

8. Fazit

Das Projekt der Klimawaldaktie „am Zachuner See“ stellt ein beispielhaftes Modell für eine zeitgemäße, wissenschaftlich fundierte und gesellschaftlich verantwortungsvolle Erstaufforstung dar. Auf bislang landwirtschaftlich genutzter Fläche entsteht durch gezielte Pflanzung ein neuer, standortgerechter Klimawald, der aktiv zur Bindung von CO₂, zur Stärkung der Biodiversität und zur Aufwertung der Kulturlandschaft beiträgt. Die Erstaufforstung wird dabei nicht als einmalige Pflanzaktion verstanden, sondern als integrativer Ansatz zur klimastabilen Mischwaldentwicklung, der ökonomische, ökologische, bildungsbezogene und gesellschaftliche Aspekte miteinander verknüpft und ausbalanciert.

Mit der Klimawaldaktie am Zachuner See wird ein standortangepasster Jungwald begründet, der sich schrittweise zu einem artenreichen, klimaresilienten und mehrschichtigen Mischwald entwickeln soll. Unterschiedliche Baumarten, die Berücksichtigung der standörtlichen Besonderheiten, die gezielte Förderung von Habitatstrukturen sowie die Einbindung natürlicher Sukzessionsprozesse tragen dazu bei, ein funktional stabiles und ökologisch wertvolles Waldökosystem zu entwickeln. Langfristig angelegte, dynamische Pflegekonzepte, Lichtlenkung, Wildschutz und die Förderung der Naturverjüngung sind wesentliche Bausteine, um die im Gutachten formulierten Entwicklungsziele dieser Erstaufforstung zu erreichen.

Der besondere Mehrwert der Klimawaldaktie liegt in der Verbindung ökologischer Wirkung mit transparenter gesellschaftlicher Teilhabe. Waldaktionärinnen und Waldaktionäre werden über Pflanzaktionen, Informationsangebote vor Ort und eine fortlaufende Projektdokumentation aktiv in die Entstehung und Entwicklung „ihres“ neuen Waldes einbezogen. So wird der entstehende Klimawald „am Zachuner See“ nicht nur zu einem Kohlenstoffspeicher, sondern auch zu einem Ort der Begegnung, der Umweltbildung und der Verankerung des Nachhaltigkeitsgedankens in der Region und darüber hinaus.

Das Engagement von Unternehmen und Privatpersonen, über den Erwerb von Klimawaldaktien in regionale Erstaufforstungsmaßnahmen zu investieren, zeigt, dass langfristig wirksamer Klimaschutz vor Ort konkret und überprüfbar gestaltet werden kann. Die Klimawaldaktie „am Zachuner See“ ermöglicht eine zusätzliche, wissenschaftlich begleitete Erstaufforstung, die über gesetzliche Mindestanforderungen hinausgeht und damit einen echten Zusatznutzen für Klima, Biodiversität und Landschaftsbild schafft.

Inhaltlich knüpft das Projekt an den Ursprungsbegriff der Nachhaltigkeit an, wie ihn Hans Carl von Carlowitz formulierte, und erweitert diesen Ansatz um Aspekte von Resilienz, Diversität und gemeinschaftlicher Mitverantwortung. Wer eine Klimawaldaktie „am Zachuner See“ erwirbt, investiert nicht in eine kurzfristige Rendite, sondern in langfristige Ökosystemleistungen wie CO₂-Bindung, Artenvielfalt, Boden- und Wasserschutz sowie in einen neuen Erholungsraum für kommende Generationen.

9. Literaturverzeichnis

- Ammer, C.; Kölling, C.; Möhring, B.; Rötzer, T.; Seifert, T.; Spiecker, H., 2019: Waldbau und Klimawandel – Grundlagen, Optionen und Grenzen der Anpassung in Mitteleuropa. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.
- ANW – Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft, 2024: Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft. ANW, Melsungen.
- Bartsch, N.; Röhrig, E.; von Lüpke, B., 2020: Waldbau auf ökologischer Grundlage. 8. Auflage, Ulmer, Stuttgart.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), 2023: Kulturpflege und Jungbestandspflege im Klimawandel. LWF-Merkblatt Nr. 54, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), 2025: Bodenschätzung – „100er Boden“: bestbewerteter Boden in Deutschland. Beitrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, veröffentlicht am 30.01.2025, Berlin.
- BMEL; Thünen-Institut, o. J.: Waldböden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- Böhm, C.; Seiler, W., 2021: Edelkastanie und Robinie im Klimawandel – Chancen und Risiken für den Waldbau in Mitteleuropa. Forstarchiv.
- Bundesministerium der Justiz, 1975: Bundeswaldgesetz (BWaldG) vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), in der jeweils geltenden Fassung.
- Bundesministerium der Justiz, 2002: Gesetz über forstliches Vermehrungsgut (Forstvermehrungsgutgesetz – FoVG) vom 22. Mai 2002 (BGBl. I S. 1658), in der jeweils geltenden Fassung.
- Burschel, P.; Huss, J.; Bauerle, W., 1993: Grundriß des Waldbaus. Einführung in die biologische Produktion von Waldholz. Parey, Hamburg.

- Fischer, A.; Krüger, J., 2020: Mischwälder im Klimawandel – Stabilität, Produktivität und Biodiversität. Forst und Holz.
- Freibauer, A.; Günther, B.; Matzner, E.; Rehfuess, K.-E.; Meiwes, K. J., 2009: Waldböden in Deutschland – Ergebnisse des BZE-Programms. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- GeoBasis-DE/M-V, o. J.: GeoPortal.MV – Digitale Standortkarte und Bodendaten Mecklenburg-Vorpommern. Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- Knoke, T.; Seifert, T.; Wippel, B., 2008: Erfolgsfaktoren bei der Kulturbegründung – eine Analyse von Ausfallursachen in jungen Waldbeständen. Forstarchiv.
- Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern, 1999: Forstliche Standorterkundung Mecklenburg-Vorpommern. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern, 2025: Erstaufforstungsgenehmigung nach § 25 Landeswaldgesetz M-V in der Gemarkung Neu Zachun. Forstamt Jasnitz, Bescheid vom 11.03.2025.
- Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern, 2025: Korrektur der Übersichtskarte zur Erstaufforstungsgenehmigung in der Gemarkung Neu Zachun. Forstamt Jasnitz, Schreiben vom 13.03.2025.
- Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, 1992: Landeswaldgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern [LWaldG M-V] vom 27. November 1992, in der jeweils geltenden Fassung.
- Müller, K.; Schmidt, R., 2022: Wildschäden im Wald – Monitoring, Prävention und Managementstrategien. AFZ-DerWald.
- Ratzke, U.; Mohr, H.-J., 2005: Böden in Mecklenburg-Vorpommern – Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung. Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern [LUNG], Güstrow.

- Sanchez, C., 2022: Die Dauerwaldwirtschaft in Mischung in der Praxis. Beispiel des Rundschreibens Nr. 2718 des DNF in Wallonien. Forêt.Nature, Neuauflage 2022 [Askafor-Projekt].
- Scharlaug – Forst, Holz, Klima, o. J.: Klimawaldaktie „am Zachuner See“. Projektwebsite. URL: <https://www.klimawaldaktie.de/amzachunersee> [Zugriff am 22.04.2026].
- Spellmann, H.; Suttmöller, J.; Meiwes, K. J., 2011: Waldentwicklung auf ehemaligen Ackerstandorten – Chancen und Grenzen für stabile Mischbestände. Beiträge zur Forstwirtschaft und Landschaftsökologie.
- Wald und Holz NRW, 2025: Jungwuchspflege in Laubmischwäldern – Empfehlungen zur Pflege stabiler, klimaresilienter Bestände. Wald und Holz NRW, Münster.
- Wenz, K.; Schulze, E.-D.; Fischer, A., 2020: Habitatbäume und Totholz als Schlüsselstrukturen für die Biodiversität in Wirtschaftswäldern. Naturschutz und Landschaftsplanung.

10. Anlagen

- Anlage 1: Liegenschaftskarte – Lage und Abgrenzung der Projektfläche der Klimawaldaktie „am Zachuner See“ in der Gemarkung Neu Zachun (Flurstücke, Wege, Umgebung).
- Anlage 2: Forstgrundkarte – Forstliche Einordnung der Erstaufforstungsfläche im Betrieb Scharlaug (Abteilungen, angrenzende Bestände, forstliche Erschließung).
- Anlage 3: Standortkarte – Darstellung der Standorttypen und standörtlichen Besonderheiten als Basis für Baumartenauswahl und Planung.
- Anlage 4: Bodenschätzwerte – Amtliche Bodenschätzung der bisherigen Ackerfläche (Bodenart, Ertragsfähigkeit, Wasserhaltevermögen).
- Anlage 5: Guericke, M., 2026: C-Bilanzierung für die Abteilung 8040, Unterabteilung b3, Forstamt Jasnitz, Revier Kirch Jesar.

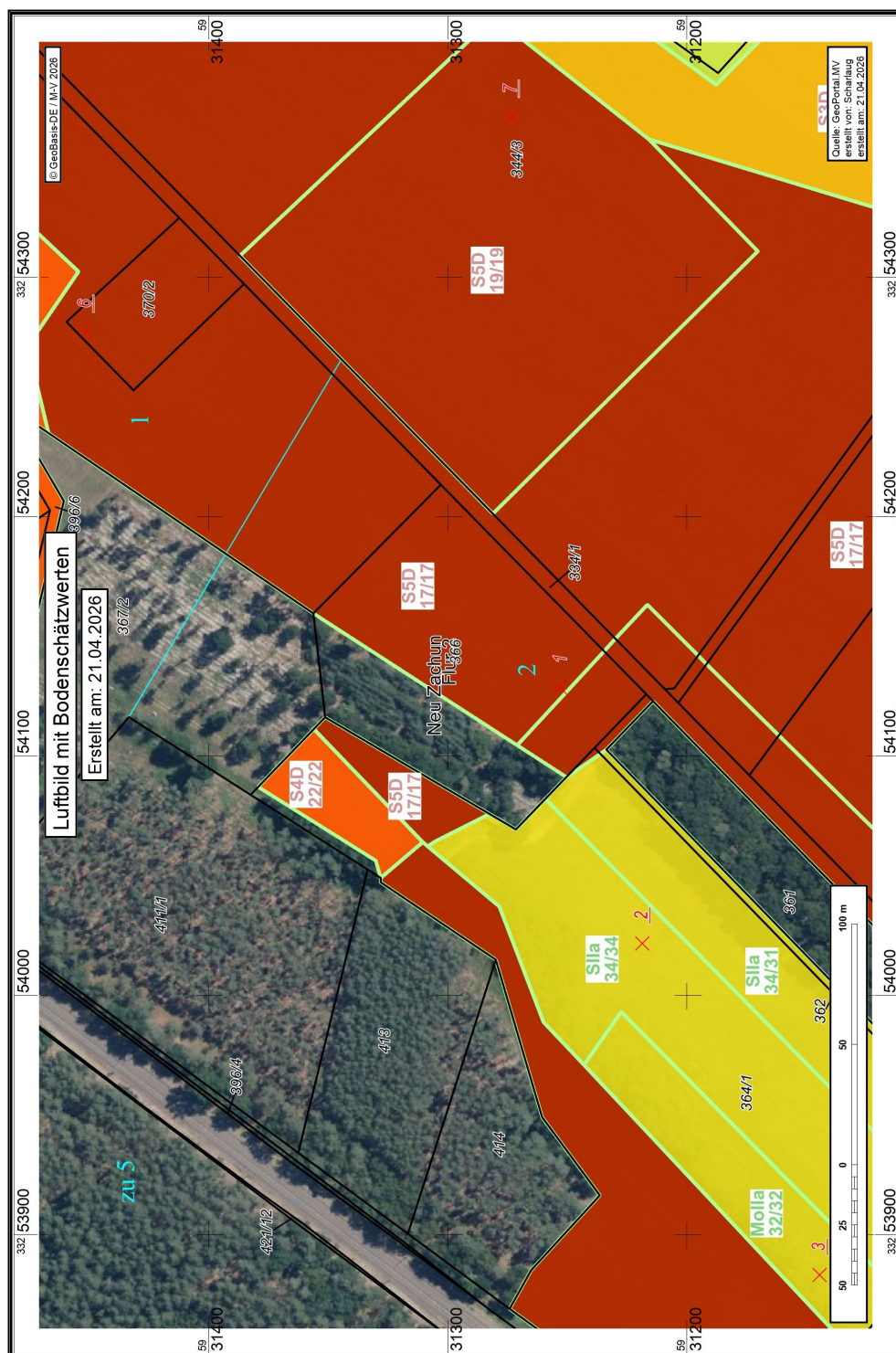
Anlage 1: GAIA-MVprofessional, Liegenschaftskarte, 2026: Deutschland, Mecklenburg-Vorpommern, Landkreis Ludwigslust-Parchim, Gemeinde Hoort, Gemarkung Neu Zachun, Flur 2, Flurstück 366/2. Zugriff am 21.04.2026.







Anlage 4: GAIA-MVprofessional, Bodenschätzwerte, 2026: Abteilung 8040, Forstamt Jasnitz, Revier Kirch Jesar. Zugriff am 21.04.2026.



C-Bilanzierung für die Abteilung 8040, Unterabteilung b3, Forstamt Jasnitz, Revier Kirch Jesar

1. Ausgangssituation und Methodik

- 1.1 Eingangsdaten F2026
- 1.2 Methodik

2. Kohlenstoffbilanzierung Boden

3. Kohlenstoffbilanzierung Kulturfläche

- 3.1 Waldbauliche Hintergrundinformationen
- 3.2 Maßnahmen und Eingriffsfolge
- 3.3 Modellierung und Ergebnisse
- 3.4 Quantifizierung der Substitutionseffekte

4. Kohlenstoffbilanzierung Waldrand

- 4.1 Waldbaulicher Hintergrund und Maßnahmen
- 4.2 Modellierung und Ergebnisse

5. Gesamtergebnis und Bewertung

6. Literatur

Anlage 5

Der vorliegende Teilbericht ergänzt das Gutachten über das waldbauliche Management und die langfristige Zielsetzung der ausbalancierten Integration aller Ökosystemleistungen im Bereich der Projektfläche in Abteilung 8040 b3, Forstamt Jasnitz, Revier Kirch Jesar um den Aspekt der Kohlenstoffbilanzierung.

Dazu werden die drei Kompartimente „Boden“, „Kultur/Bestand“ sowie „Waldrand“ getrennt betrachtet. Es wird analysiert in welchem Umfang durch die geplanten Maßnahmen Kohlenstoff sowohl im Boden / Humusaufgabe als auch in der Biomasse / Holz fixiert werden kann. Darüber hinaus wird der Substitutionseffekt, d.h. der Klimavorteil, der entsteht, wenn ein Produkt oder Energieträger mit hohen Treibhausgasemissionen durch eine klimafreundlichere Alternative ersetzt wird, eingeschätzt. Die dafür zu Grunde gelegten Modellrechnungen mit dem Einzelbaumsimulator BwinPro erfolgen für zwei getrennte, jeweils rd. 40-jährige Simulationsperioden wodurch realistische waldwachstumskundliche Prognosen bezüglich der Bestandesentwicklung und Kohlenstoff-akkumulation abgebildet werden können.

1. Ausgangssituation und Methodik

1.1. Eingangsdaten F2026

Alle relevanten Eingangsinformationen für die Ableitung der C-Bilanzierung wurden vom Eigentümer, Ralf-Egbert Scharlaug im Frühjahr 2026 erhoben und bereitgestellt.

Das Projektgebiet der Klimawaldaktie „am Zachuner See“ gehört zum Land- und Forstbetrieb Scharlaug, liegt im Zuständigkeitsbereich des Forstamts Jasnitz, Revier Kirch Jesar, und befindet sich in der Gemeinde Hoort, Gemarkung Neu Zachun, Flur 2, Flurstück 366 (vgl. Anlage 1: Liegenschaftskarte; Anlage 2: Forstgrundkarte). Die betrachtete Aufforstungsfläche stellt eine Teilfläche des Flurstücks 366 [366/2] dar und liegt überwiegend auf Standorttyp A1. Eine detaillierte bodenkundliche Bewertung findet sich in Kapitel 4 des vorliegenden Gutachtens.

Der aktuelle Zustand der Projektfläche ist durch eine fehlende Waldbestockung geprägt: Es handelt sich um bislang landwirtschaftlich genutztes Offenland ohne vorhandenen Waldbestand und ohne ausgeprägte Vorwaldstrukturen. Die geplante Erstaufforstung setzt damit auf einer unbestockten Ausgangsfläche an und erfordert eine vollständige Neubegründung des Bestandes, die sich deutlich von den benachbarten, bereits bestockten Waldflächen des Betriebes unterscheidet.

1.2. Methodik

Die Modellierung der waldwachstumskundlichen Entwicklung der Erstaufforstungsmaßnahme erfolgte mit dem Einzelbaumsimulator BWinPro Version 8.0 (Nagel et al. 2006, Hansen et al. 2014). Gegenüber klassischen Ertragstafeln haben Wachstumssimulatoren den Vorteil, dass sie sowohl komplexe Bestandesstrukturen und Mischungsformen sowie verschiedene Durchforstungs- und Nutzungsstrategien und die zu erwartenden Zuwächse

Anlage 5

vergleichsweise besser als Ertragstafeln abbilden und abschätzen können. Vereinfachte 3D-Bestandesvisualisierungen der Ausgangsstrukturen sowie Darstellungen zur zeitlichen Entwicklung von Bestandesstrukturen tragen darüber hinaus zum Verständnis von Wachstumsprozessen bei. Um die langfristigen Wachstumsprognosen des im Kern auf Regressionsgleichungen basierenden Modells zu erhöhen, wurden die Simulationsrechnungen für zwei getrennte, jeweils 45 - jährige Intervalle durchgeführt. Für den zweiten Prognosezeitraum (Alter 45 bis Alter 85) wurden dabei die Ergebnisse der ersten Wachstumsperiode in Form nachjustierter Startwerte zu Grunde gelegt. Dadurch soll die Konsistenz der Ergebnisse für den gesamten Betrachtungszeitraum sichergestellt werden.

Ausgehend von der prognostizierten Biomasse-/Holzvorratsentwicklung wird mit Hilfe der nach Baumarten (-gruppen) spezifizierten Holzdichte (Klein et al. 2012) sowie den ebenfalls nach Baumarten (-gruppen) und Alter spezifizierten Expansionsfaktoren zunächst die Gesamtbiomasse, hier ober- und unterirdische Biomasse, in t/ha errechnet. Hierzu wurden die in zahlreichen Vergleichsstudien verwendeten Expansionsfaktoren von Burschel et al. [1993] herangezogen (u.a. Paul et al. 2009, Wördehoff et al. 2012, Klein und Schulz 2012). Für die Umrechnung der t Trockenbiomasse in t C Gehalt pro t Trockenmasse wurde über alle Baumarten (-gruppen) hinweg der Faktor 0,5 verwendet.

Die Quantifizierung des Substitutionseffektes erfolgte methodisch in Anlehnung an die Kohlenstoffstudien für Niedersachsen und Schleswig-Holstein (Wördehoff et al. 2011, 2012).

2. Kohlenstoffbilanzierung Boden

Die C-Kalkulation für das Kompartiment „Boden“ erfolgt für die gesamte Projektfläche von 0,71 ha. Es wird unterstellt, dass sich der Standort (Humusauflage) auf ganzer Fläche, d.h. sowohl im Bereich der eigentlichen „Forstkultur“ als auch im Bereich der geplanten Waldrandstrukturen vergleichbar entwickelt. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben mögliche kleinere Sukzessionsflächen.

Die Bodenverhältnisse der Projektfläche werden dem Standorttyp A1 zugeordnet, der in den amtlichen Geodaten als arm, frisch, mineralisch mit sandigen Substraten ausgewiesen ist (GeoBasis-DE / M-V, GeoPortal.MV; vgl. Anlage 3: Standortkarte). Die zugehörige Bodenschätzung mit der Codierung S5D 17/17 kennzeichnet diese Böden als sandige Ackerstandorte mit geringer bis mäßiger Ertragsfähigkeit und eingeschränkter Wasserhaltekapazität (BMEL, Bodenschätzung).

Aus bodenkundlicher Sicht handelt es sich damit um leichte bis mittlere Sandböden mit hohem Sandanteil und nur geringen Anteilen feinerer Bodenfraktionen. Bundesweite Auswertungen der Waldboden- und Bodenzustandserhebung zeigen, dass solche Standorte typischerweise eine schwach saure Reaktion mit pH-Werten im Oberboden etwa zwischen 4,5 und 5,5 aufweisen, eine mäßig ausgebildete Humusauflage im Bereich von rund 2–4 % organischer Substanz besitzen und eine vergleichsweise geringe Basensättigung aufzeigen (BMEL/Thünen, Waldböden in Deutschland). Die Vorräte an pflanzenverfügbarem Stickstoff

Anlage 5

und Phosphor liegen in der Regel im unteren Bereich (Größenordnung Stickstoff etwa 10–20 mg/kg, Phosphor etwa 3–6 mg/kg), Kaliumvorräte im Oberboden bewegen sich häufig im unteren bis mittleren Spektrum (ca. 60–90 mg/kg); diese Werte sind für nährstoffarme Sandstandorte in Norddeutschland typisch und werden durch landesweite Auswertungen für Mecklenburg-Vorpommern bestätigt (LUNG MV, Beiträge zum Bodenschutz).

Für einen Standorttyp wie A1 („arm, frisch, mineralisch, sandige Substrate“) mit Bodenschätzung S5D 17/17 ist typischerweise von relativ niedrigen organischen Kohlenstoffgehalten auszugehen. Sandige Ackerböden besitzen wegen der geringen Feinboden- und Tonanteile nur eine begrenzte Fähigkeit zur Humus- und Kohlenstoffspeicherung.

Orientierungswerte für solche Standorte sind:

- Organischer Kohlenstoff (Corg) im Oberboden: ca. 0,5–1,5 % Corg
- entsprechend etwa 1–3 % Humusgehalt
- Kohlenstoffvorrat im Oberboden (0–30 cm): ungefähr 20–50 t C/ha
- gesamter Bodenkohlenstoff bis 1 m Tiefe: oft nur etwa 40–80 t C/ha, deutlich weniger als bei lehmigen oder moorigen Böden.

Für Erstaufforstungsflächen auf solchen Sandstandorten ist relevant, dass:

- der Ausgangsvorrat zwar relativ gering ist,
- aber durch Aufforstung langfristig eine Zunahme der Kohlenstoffspeicherung im Boden und in der Biomasse möglich ist,
- insbesondere über Streuauflage, Wurzelbiomasse und reduzierte Bodenbearbeitung.

Für sandige Ackerstandorte in Mecklenburg-Vorpommern und dem nordostdeutschen Tiefland werden häufig folgende Größenordnungen angesetzt:

Bodentiefe Typischer Kohlenstoffvorrat

0–30 cm ca. 20–50 t C/ha

0–100 cm ca. 40–80 t C/ha

Typische Eigenschaften solcher Standorte:

- niedriger bis mäßiger Humusgehalt,
- geringe Sorptionsfähigkeit,
- schnelle Erwärmung und Austrocknung,
- eingeschränkte Wasserverfügbarkeit,
- vergleichsweise geringe natürliche Kohlenstoffspeicherung.

Anlage 5

Der sandige Mineralboden der Projektfläche weist demnach gegenwärtig [2026] einen vergleichsweise geringen Kohlenstoffvorrat auf.

Durch die Etablierung eines Waldbestandes ist jedoch langfristig eine zusätzliche Bindung atmosphärischen Kohlenstoffs in Biomasse und Boden zu erwarten. Langzeitstudien und Meta-Analysen belegen, dass auf sandigen Mineralböden der Aufbau organischer Bodenkohlenstoffvorräte zunächst zeitlich verzögert verläuft, dann jedoch mit zunehmendem Bestandesalter eine signifikante Zunahme der Kohlenstoffspeicherung nachweisbar ist. Wissenschaftlichen Untersuchungen nach unterscheidet sich der Verlauf der Kohlenstoffbindung deutlich zwischen den ersten Jahrzehnten und einem Zeitraum von etwa 100 Jahren [Hou et al. 2019, Hüblová und Frouz 2021, de Marco et al. 2013, Shengwei et al. 2013]. „Kurzfristig“ erfolgt die Kohlenstoffbindung vor allem in der aufwachsenden Biomasse, „langfristig“ dann zunehmend auch im Bodenhumus.

Zeitraum von ca. 40 Jahren

In den ersten Jahrzehnten nach der Etablierung eines Waldbestandes erfolgt die Kohlenstoffbindung vor allem durch:

- Aufbau oberirdischer Biomasse (Stämme, Äste, Blätter/Nadeln)
- Wurzelwachstum
- Eintrag von Streu und Feinwurzeln in den Boden

Bei sandigen Böden ist der Bodenkohlenstoffaufbau anfangs oft relativ langsam, weil:

- geringe Tonanteile wenig organische Substanz stabilisieren,
- die biologische Aktivität hoch sein kann,
- Humus leichter mineralisiert wird.

Typische Größenordnungen nach 40 Jahren:

- Biomasse: etwa 50–150 t CO₂/ha zusätzlich gebunden
- Boden: häufig nur moderater Zuwachs von etwa 5–20 t CO₂/ha

Der Hauptspeicher ist also zunächst der wachsende Waldbestand selbst.

Zeitraum von ca. 100 Jahren

Über längere Zeiträume verändert sich die Dynamik:

- Der Waldbestand erreicht höhere Vorräte an Holzbiomasse.
- Durch dauerhaften Streueintrag bildet sich mehr Humus.
- Der Boden nähert sich langsam einem neuen Gleichgewicht mit höheren Kohlenstoffvorräten.

Nach etwa 100 Jahren können – abhängig von Baumart, Klima und Bewirtschaftung deutlich höhere Vorräte erreicht werden:

- Biomasse: häufig 150–350 t CO₂/ha

- Boden: zusätzlicher Aufbau oft 20–60 t CO₂/ha oder mehr

3. Kohlenstoffbilanzierung Kulturfläche

Die genehmigte Aufforstungsfläche entspricht einer Fläche von 0,48 ha, wovon 0,05 ha für eine geplante Waldrandgestaltungsmaßnahme abgezogen werden. Dies entspricht einer konkreten Kalkulationsfläche von 0,43 ha.

3.1. Waldbauliche Hintergrundinformationen

Waldmanagement und Walderneuerungsplanung zielen darauf ab resiliente Waldstrukturen zu entwickeln, die auch unter den Herausforderungen des Klimawandels in der Lage sind sowohl die zahlreichen Ökosystemleistungen (ÖSL) als auch die Holzproduktion langfristig sicherzustellen. Das waldbauliche Management im Sinne der Prinzipien Naturgemäßer Waldwirtschaft [ANW 2024], die angestrebte höhere Artenvielfalt sowie die Entwicklung horizontal wie auch vertikal gestufter Waldstrukturen soll diese Resilienz sowie die Speicherung möglichst hoher Mengen an Kohlenstoff langfristig sicherstellen.

Auf der konkreten Projektfläche in Abteilung 8040b3 sollen durch die geplanten Aufforstungs- und Waldpflegemaßnahmen sowohl horizontal als auch vertikal abwechslungsreiche Dauerwaldstrukturen entstehen. Langfristig wird zudem eine stärkere Ungleichaltrigkeit der künftigen Waldstruktur angestrebt. Im Rahmen der Erstaufforstung wird ein besonderer Fokus auf die standörtliche Eignung und Anpassungsfähigkeit der gepflanzten Baumarten gelegt. Sofern zu einem späteren Zeitpunkt „Samenbäume“ vorhanden sind, sollen sich künftige Waldfolgestrukturen „aus sich selbst heraus“ natürlich verjüngen. Nachstehende Übersicht (Tab. 1) zeigt das geplante Baumartenportfolio und Stückzahlen für die geplante Kulturmaßnahme in Abteilung 8040 b3.

Anlage 5

Standort	Baumart	Pflanzen/ha	Pflanzen	
			Projektfläche	
Baumarten	Kulturfläche		0,43 ha	
A1	Traubeneiche (<i>Quercus petraea</i>)	1600	690	32 %
A1	Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)	1200	510	24 %
A1	Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>)	600	260	12 %
A1	Vogelkirsche (<i>Prunus avium</i>)	500	215	10 %
A1	Edelkastanie (<i>Castanea sativa</i>)	500	215	10 %
A1	Roteiche (<i>Quercus rubra</i>)	300	130	6 %
A1	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	300	130	6 %
		5000	2150	
			Projektfläche	
Baum- und Straucharten	Waldrand		0,05 ha	
Standort	Baumart	Pflanzen/ha		
A1	Hasel (<i>Corylus avellana</i>)	900	45	30 %
A1	Weißdorn (<i>Crataegus monogyna</i>)	700	35	23 %
A1	Schlehe (<i>Prunus spinosa</i>)	700	35	23 %
A1	Feldahorn (<i>Acer campestre</i>)	400	20	13 %
A1	Wildapfel (<i>Malus sylvestris</i>)	150	7,5	5 %
A1	Wildbirne (<i>Pyrus pyraeaster</i>)	150	7,5	5 %
		3000	150	

Tab. 1: Baum- und Strauchartenportfolio sowie Stückzahlen für die Erstaufforstung und Waldrandanlage in Abt. 8040 b3

Demnach setzt sich das Baumartenspektrum der Kulturfläche [0,43 ha] aus sieben verschiedenen Laubbaumarten zusammen deren Eignung und waldbaulichen Eigenschaften in Kapitel 5.2 [Baumartenauswahl] ausführlich erläutert werden. Für den geplanten Wald-rand [0,05 ha] sind weitere drei Baumarten II. Ordnung sowie drei Straucharten vorgesehen. In Summe soll die Kulturfläche mit 2150 Bäumen bepflanzt werden. Dies entspricht einer in der Praxis üblichen Pflanzenzahl von 5000 Stk./ha. Im Bereich der geplanten Waldrandstruktur sollen zudem weitere 35 Bäume sowie 115 Sträucher gepflanzt werden.

3.2. Maßnahmen und Eingriffsfolge

Die Modellierung der Waldentwicklung für die beiden Zeiträumen a) Kultur bis Alter 45 und b) Alter 45 bis 85 basiert auf einer waldbaulich plausiblen, zeitlichen Eingriffsfolge und Pflegemaßnahmen (Läuterungen, Z-Baum-Auswahl und Durchforstungen) die als fachlich geeignet beurteilt werden, um die im Hauptgutachten beschriebenen waldbaulichen Ziele sicherzustellen.

a) Kultur bis Alter 45

Kulturanlage mit den in Tab. 1 angegebenen Stückzahlen und Mischungsanteilen zwischen den sieben ausgewählten Baumarten.

Alter 15, frühe Auswahl von „Z-Baumanwärtern“ [125 Stück/ha] und erste Freistellung zur Vitalisierung der Krone. Waldbaulicher Hintergrund: Im Kontext mit den Einflüssen des Klimawandels auf die Stabilität von Waldstrukturen sind die Wechselwirkungen zwischen Vitalität und Resilienz vielfach beobachtet und beschrieben worden (Ammer et al., 2019;

Anlage 5

Bartsch et al., 2020). Die frühe Einzelbaumförderung (ggf. auch zu Lasten der Qualität / natürliche Astreinigung) fördert demnach die Vitalität und damit die Resilienz der gesamten Waldstruktur. Im Fall der Baumart Eiche werden die Wechselwirkungen zwischen Kronenpflege (Freistellung) und Vitalität zudem dafür herangezogen, um Erklärungsmuster für das sogenannte „Eichensterben“ aufzudecken.

Alter 16 bis 40, alle 5 Jahre weitere, regelmäßige Freistellungen der markierten Z-Bäume und der Zwischenfelder.

Alter 45, Abschluss der ersten Modellierungsperiode, Zusammenstellung der Ergebnisse.

b) Bestandesentwicklung Alter 45 bis 85

Für die Modellierung der Bestandesentwicklung im Alter zwischen 45 und 85 wurde in Anlehnung an die Ergebnisse der ersten Simulationsperiode eine waldbaulich vergleich-bare Ausgangssituation generiert. Entsprechend der mit zunehmendem Alter tendenziell nachlassenden Wuchsdynamik, der am Bestandaufbau beteiligten Baumarten, wurden die Eingriffsintervalle jedoch auf eine 10-jährige Periode verlängert, in Summe wurden somit lediglich vier weitere Eingriffe (Durchforstungen) modelliert.

Ziel der Durchforstungen war es die Baumartenvielfalt möglichst zu erhalten und zugleich die bereits bis Alter 45 herausgepflegten Z-Bäume weiter zu fördern. Eine erste Zielstärkennutzung in Verbindung mit der einzelstammweisen Entnahme weiterer, theoretisch qualitativ schlechterer, Bäume im Alter 75 hat dann zum Ziel das Kronendach kleinflächig zu öffnen und erste Verjüngungsansätze zu „provozieren“. Die sich ein-stellenden Verjüngung, das verwendete Wachstumsmodell basiert hierbei auf einem wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellansatz weshalb Linde und Birke „eingestreut“ werden, lässt den waldbaulichen Einstieg in dauerhaft gemischte und perspektivisch stärker ungleichaltrige Waldfolgestrukturen erkennen (siehe Abb. 3 Visualisierungen).

3.3. Modellierung und Ergebnisse

Die erste Wuchsprognose wurden für einen 45-jährigen Zeitraum erstellt und hierbei die oben beschriebene Eingriffsfolge und Maßnahmen modelliert. Die Ergebnisse der Modellrechnung sind in Abb. 2 zusammengefasst.

Bis zum Alter 45 errechnet sich demnach eine Gesamtwuchsleistung (Summe aus Vorrat im Alter 45 und der bis zum Alter 45 entnommenen Holzmenge) in Höhe von 317 Vfm/ha. Der Vorrat im Alter 45 beläuft sich auf 235 Vfm/ha, der gesamte Durchforstungsanfall auf 82 Vfm/ha. Flächenbezogen entspricht dies einem Vorrat von 101 Vfm sowie einem Durchforstungsanfall von 35 Vfm. Der daraus berechnete durchschnittliche Gesamt-zuwachs (dgZ) beträgt rd. 7 Vfm/ha, bzw. rd. 3 Vfm bezogen auf die Projektfläche (0,43 ha).

Die Entwicklung des Bestandesvorrates (siehe Abb 1) zeigt eindrücklich wie dynamisch der Vorratsaufbau trotz der vergleichsweise starken, alle 5 Jahre wurden rd. 20 % der Grundflächenhaltung entnommen, Durchforstungseingriffe verläuft.

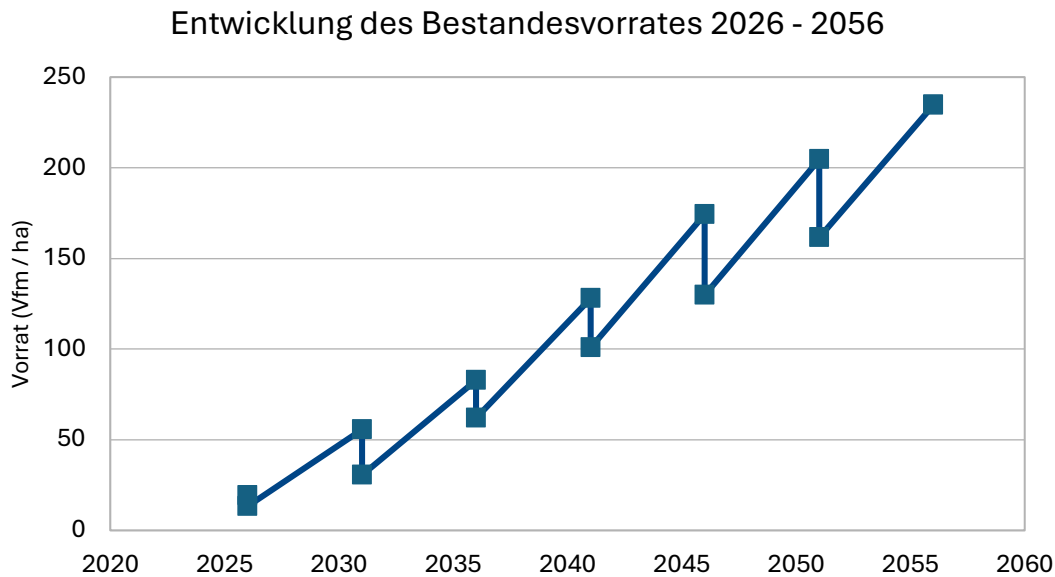


Abb 1: Modellierter Entwicklung des Bestandesvorrates bis Alter 45

Die mit Hilfe der baumartenspezifischen Holzdichten abgeleiteten C-Anteile betragen im Alter 45 im Fall des stehenden Bestandesvorrates rd. 100 t/C/ha, bzw. flächenbezogen rd. 43 t / C. Die größten Anteile am „stehenden Kohlenstoffspeicher“ haben dabei die Baum-arten Hainbuche [rd. 23 t/C/ha] und Edelkastanie [rd. 48t/C/ha]. Gründe hierfür sind die unterschiedlichen Holzdichten (hier insbesondere Hainbuche) in Kombination mit der art-spezifischen Wuchsdynamik der am Baumartenportfolio beteiligten Baumarten (hier insbesondere Edelkastanie). So hat die Baumart Hainbuche zwar eine vergleichsweise geringere Wuchsdynamik (geringere Durchmesser und Höhen bis Alter 45) jedoch auf Grund der höheren Stammzahl und Holzdichte einen größeren Anteil an der C-Fixierung. Umgekehrt ist das modellierte starke Durchmesser- und Höhenwachstum der Edelkastanie relevant und begründet deren hohen Anteil am Kohlenstoffspeicher „stehender Holzvor-rat“.

Der aus dem Durchforstungsvolumen [82 Vfm/ha] ableitbare C-Substitutionseffekt wird in Kapitel 3.4 quantifiziert.

Die zweite, auf nachjustierten Startwerten basierende Wachstumsprognose wurde für den Zeitraum zwischen Alter 45 und Alter 85 erstellt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 zusammengestellt.

Für die Altersperiode 45 bis 85 errechnet sich demnach eine Gesamtwuchsleistung in Höhe von 379 Vfm/ha. Der stehende Bestandesvorrat (Alter 85) beläuft sich dabei auf 466 Vfm/ha, die aufsummierte Durchforstungsmenge der vier Eingriffe auf 148 Vfm/ha. Flächenbezogen entspricht dies einem Vorrat von 200 Vfm sowie einer Durchforstungsmenge von 64 Vfm. Der daraus berechnete durchschnittliche Gesamtzuwachs [dgZ 45-85] beträgt rd. 8,4 Vfm/ha, bzw. rund 3,6 Vfm bezogen auf die Projektfläche [0,43 ha].

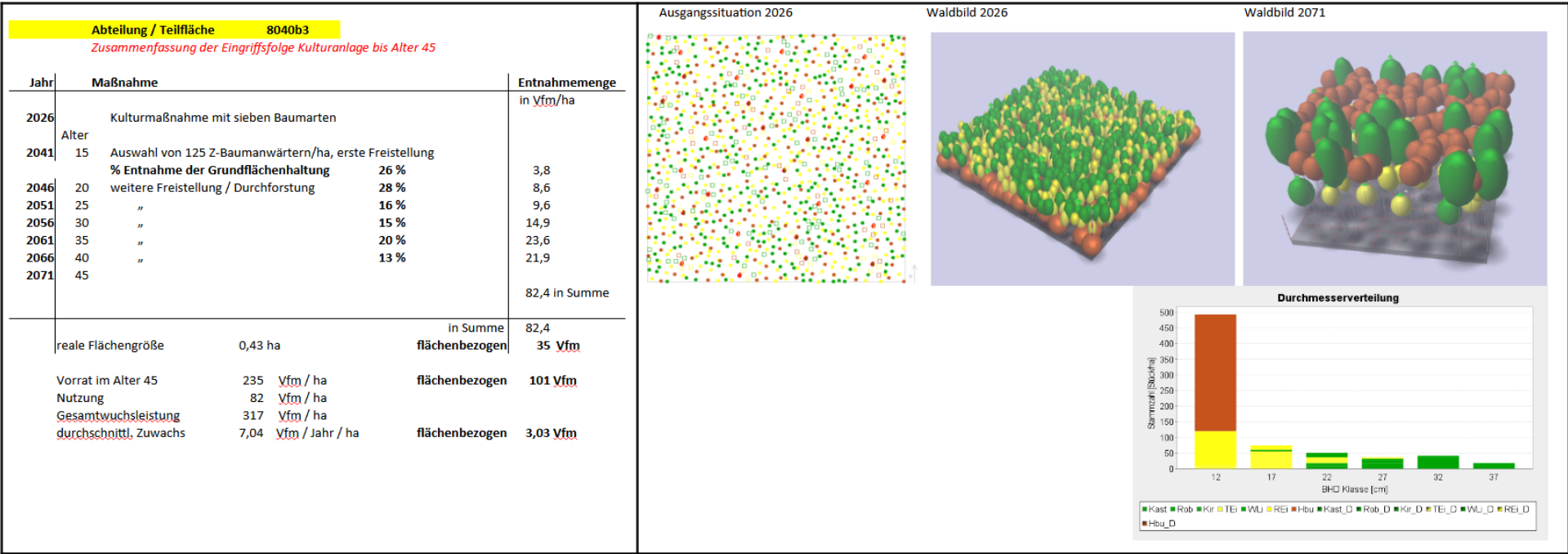
Die abgeleiteten C-Anteile (Alter 85) betragen im Fall des stehenden Bestandesvorrates rd. 192 t/C/ha, bzw. flächenbezogen rd. 83 t / C.

Anlage 5

Die größten Anteile am „stehenden Kohlenstoffspeicher“ haben dabei die Baumarten Edelkastanie (rd. 99 t/C/ha) sowie die Baumarten Traubeneiche und Roteiche mit 31, bzw. 35 t/C/ha. Gründe hierfür sind die unterschiedlichen Holzdichten in Kombination mit der artspezifischen Wuchs- und Konkurrenzdynamik der am Baumartenportfolio beteiligten Baumarten. So bedingt insbesondere das artspezifisch modellierte, vergleichsweise starke Höhenwachstum der Edelkastanie Konkurrenzvorteile gegenüber den anderen an der Baumartenzusammensetzung beteiligten Baumarten. Dies ist der Grund für den hohen Anteil der Edelkastanie am Kohlenstoffspeicher „stehender Holzvorrat“. Der höhere Anteil der C-Fixierung im Fall der beiden Baumarten Trauben- und Roteiche wird primär darauf zurückgeführt, dass beide Baumarten im Rahmen der rechnerisch modellierten „Z-Baumförderung“ regelmäßig ausreichend stark freigestellt wurden.

Der aus dem Durchforstungsvolumen [148 Vfm/ha] ableitbare C-Substitutionseffekt wird in Kapitel 3.4. quantifiziert.

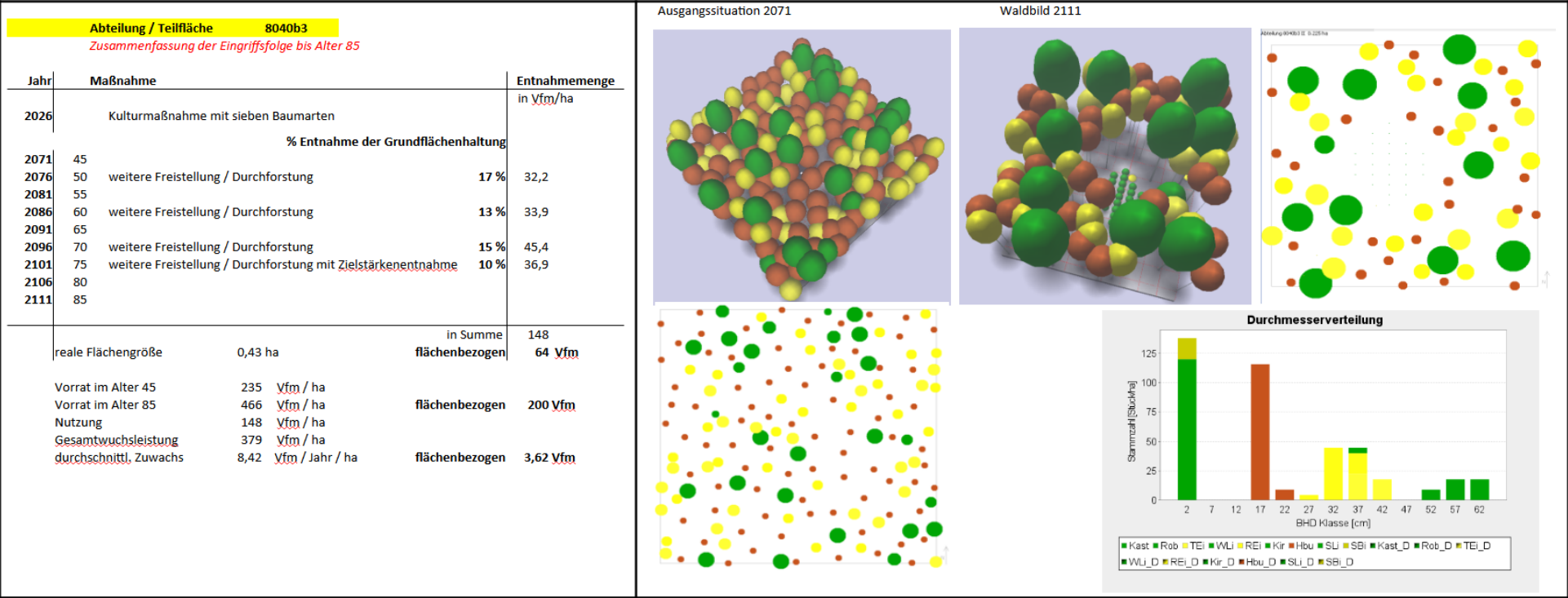
Anlage 5



8040 b3	0,430 ha					
	2067		Dichte	Expansionsfaktor	C-Anteil	C-Vorrat
	[Alter]	[Vfm/ha]	[t/m³]	[Umrechnung Baumbiomasse]	[%-Anteil]	[t/ha]
						[t/Teilfläche]
Traubeneiche	45	21	0,571	1,41	0,5	8,5
Hainbuche	45	50	0,642	1,47	0,5	23,6
Winterlinde	45	6	0,417	1,47	0,5	1,8
Vogelkirsche	45	4	0,558	1,47	0,5	1,6
Edelkastanie	45	118	0,558	1,47	0,5	48,4
Roteiche	45	17	0,558	1,41	0,5	6,7
Robinie	45	19	0,647	1,47	0,5	9,0
			0,564429			
		235				99,6 42,8
plus						
Durchforstungsmenge		82		> Quantifizierung des Substitutionseffektes siehe Kapitel 3.4		

Abb 2: Modellierungsergebnisse bis Alter 45
Beschreibung der unterstellten zeitlichen Eingriffsfolge
sowie Quantifizierung der modellierten Maßnahmen
(oben links).
Visualisierungen der waldbaulichen Ausgangssituation
sowie der prognostizierten Waldstruktur im Alter 45
(oben rechts).
Quantifizierung der akkumulierten Kohlenstoffmenge im
verbleibenden Bestand, Alter 45 (unten links).

Anlage 5



Ausgangssituation 2071

Waldbild 2111

Durchmesserverteilung

8040 b3	0,430 ha						
	2111		Dichte	Expansionsfaktor	C-Anteil	C-Vorrat	C-Vorrat
	[Alter]	[Vfm/ha]	[t/m³]	[Umrechnung Baumbiomasse]	[%-Anteil]	[t/ha]	[t/Teilfläche]
Traubeneiche	85	78	0,571	1,41	0,5	31,4	
Hainbuche	85	52	0,642	1,47	0,5	24,5	
Vogelkirsche	85	6	0,558	1,47	0,5	2,5	
Edelkastanie	85	241	0,558	1,47	0,5	98,8	
Roteiche	85	89	0,558	1,41	0,5	35,0	
		466				192,3	82,7
plus							
Durchforstungsmenge		148	> Quantifizierung des Substitutionseffektes siehe Kapitel 3.4				

Abb 3: Modellierungsergebnisse bis Alter 85

Beschreibung der unterstellten zeitlichen Eingriffsfolge sowie Quantifizierung der modellierten Maßnahmen (oben links).

Visualisierungen der waldbaulichen Ausgangssituation im Alter 45 sowie der prognostizierten Waldstruktur im Alter 85 (oben rechts).

Quantifizierung der akkumulierten Kohlenstoffmenge im verbleibenden Bestand, Alter 85 (unten links).

3.4. Quantifizierung der Substitutionseffekte

Holzprodukte sind Kohlenstoffspeicher und können es – je nach Einsatz – über lange Zeiträume hinweg bleiben. Je mehr andere CO₂ verursachenden Materialien durch Holz ersetzt werden, desto mehr CO₂-Emissionen können durch den so genannten „Substitutionseffekt“ reduziert werden. Substitution hat positive Auswirkungen auf die CO₂-Bilanz, weil bspw. bei der Herstellung von Stahl, Ziegeln etc. vergleichsweise mehr CO₂ freigesetzt wird und der Aufwand an fossiler Energie [Öl, Kohle] für deren Herstellung und den Transport viel höher ist. Im Unterschied zu diesen Produkten kann Holz am Ende seines Lebenszyklus zudem auch noch energetisch genutzt werden und auch an dieser Stelle fossile Energieträger substituieren. Möglichst viele Materialien durch Holz zu ersetzen, ist daher für die Verringerung des CO₂-Ausstoßes und somit für die Abschwächung des Klimawandels bedeutsam.

Zur Quantifizierung des Substitutionseffektes wurde zunächst aus den prognostizierten Einschlagsmengen in Höhe von 66 Efm / ha [Simulationsperiode bis Alter 45] und 118 Efm / ha [Simulationsperiode bis Alter 85] der C-Anteil abgeleitet. Vereinfacht wurde hierbei eine mittlere Holzdichte unterstellt, die aus den im Holzanfall vertretenen Laubbaumarten abgeleitet wurde [siehe Tab. 2].

Abt. 8040 b3

bis Alter 45 (prognostizierter Nutzungsanfall in Efm/ha) Laubholz 66		bis Alter 85 (prognostizierter Nutzungsanfall in Efm/ha) Laubholz 118	
Holzdichte, abgeleiteter Durchschnitt C-Anteil		Holzdichte, abgeleiteter Durchschnitt C-Anteil	
0,564 0,5		0,564 0,5	
in Summe [t/C/ha]		in Summe [t/C/ha]	
19		33	

Tab. 2: Modellierte Nutzungsmengen und abgeleitete C-Anteile getrennt nach Simulationsperioden

Demnach beläuft sich der in der entnommenen Holzmenge gespeicherte C-Anteil auf 19 t/C/ha in der ersten und weiteren 33 t/C/ha in der zweiten Simualtionsperiode bis Alter 85. In Anlehnung an den Ansatz der Kohlenstoffstudien für Niedersachsen und Schleswig-Holstein [Wördehoff et al. 2011, 2012] wurde der modellierte Holzanfall mit Hilfe eines Holzverwendungsschlüssels den folgenden drei unterschiedlichen Produktgruppen zugeordnet.

Prognoseintervall bis Alter 45

Bis Alter 45 verteilt sich der erwartete Holzanfall in Höhe von rd. 82 Vfm/ha [66 Efm/ha] auf 60 % Industrieholz und weiteren 40 % Energie-/Brennholz.

Anlage 5

Prognoseintervall bis Alter 85

Bis Alter 85 verteilt sich der erwartete Holzanfall in Höhe von rd. 148 Vfm/ha (118 Efm/ha) auf 30 % Sägeholz, 40 % Industrieholz und weiteren 30 % Energie-/Brennholz.

Die Aufteilungen und daraus abgeleiteten Mengenzuordnungen (Efm/ha sowie t/C/ha) sind nachstehender Tabelle 3 zu entnehmen.

C-Aufteilung nach Holzverwendungsschlüssel						
		Sägeholz	Industrieholz	Brennholz		
Periode bis Alter 45						
Holzanfall	66 Efm/ha		39,6	26,4	Efm/ha	
			60 %	40 %		
C-Anteil	19 t/C/ha		11,4	7,6	t/C/ha	
Periode bis Alter 85						
Holzanfall	118 Efm/ha	35,4	47,2	35,4	Efm/ha	
		30 %	40 %	30 %		
C-Anteil	33 t/C/ha	9,9	13,2	9,9	t/C/ha	

Sägeholz – C-Aufteilung nach Holzproduktklassen						
PIL	50 Jahre	64,00 %	6,3			
PmL	25 Jahre	16,00 %	1,6			
PkL	3 Jahre	6,00 %	0,6			
E		14,00 %	1,4			
Lebensdauer (C-Fixierung)		PIL 50 Jahre	PmL 25 Jahre	PkL 3 Jahre	E	Summe
Periode	bis Alter 45		11,4		7,6	19,0 t/C/ha
Periode	bis Alter 85	6,3	14,8	0,6	11,3	33,0 t/C/ha
in Summe		6,3	26,2	0,6	18,9	52,0 t/C/ha
flächenbezogen		0,43 ha	2,7	11,3	0,3	8,1
						22,4 t/C

Tab. 3: Holzanfall und C-Aufteilung getrennt nach Holzverwendungsschlüssel (oben) und Holzproduktklassen (unten)

Um den zeitlichen Effekt, bzw. die Dauer der C-Fixierung in möglichen Materialsubstitutionen näherungsweise quantifizieren zu können werden darüberhinausgehend die Holzmengen der drei Produktgruppen vier sogenannten Holzproduktklassen zugeordnet werden. Bei den vier Holzproduktklassen handelt es sich um „Produkte mit langer Lebensdauer“ (PIL, Lebensdauer rd. 50 Jahre), „Produkte mit mittlerer Lebensdauer“ (PmL, Lebensdauer rd. 25 Jahre), „Produkte mit kurzer Lebensdauer“ (PkL Lebensdauer rd. 3 Jahre) und „Energieholz“ (E). Im Rahmen dieser Zuordnung wurde unterstellt:

- Ausgehaltenes Brennholz wird der Produktklasse „Energieholz“ (E) zugeordnet.
- Industrieholz wird der Produktklasse mit mittlerer Lebensdauer“ (PmL) zugeordnet.
- Bei der Zuordnung von Sägeholz zu den vier verschiedenen Produktklassen werden die folgenden, weitergehenden Annahmen getroffen (Wördehoff et al. 2011, 2012):

Der Ausbeutungsgrad bei der Schnittholzproduktion beläuft sich 64 % (Laubholz). Die Koppelprodukte (Sägenebenprodukte) werden zu 44 % der Produktklasse PmL (Produkte

mit mittlerer Lebensdauer] sowie zu 18 % der Produktklasse mit kurzer Lebensdauer (PkL) und zu 38 % der Klasse Energieholz zugeordnet.

Der daraus abgeleitete prozentuale Verteilungsschlüssel auf die unterschiedlichen Holzproduktklassen sowie die je Hektar, bzw. flächenbezogenen Gesamtmengen an fixiertem C-Anteil sind Tab. 3 [unten] zu entnehmen.

Die weitergehende Berechnung des energetischen Substitutionseffektes beruht auf Untersuchungen, wonach bei der Verbrennung von Nadelholz mit einem Wassergehalt von 20 % im Vergleich zur entsprechenden Menge Heizöl 1,401 t CO₂ pro verwendeter Tonne Holz eingespart werden. Bei Laubholz liegt dieser Wert bei 1,345 t CO₂/t Holz [Pflüger-Grone 2007].

Multipliziert man die Massen der Produktklasse Energieholz mit dem für Laubholz genannten Faktor ergibt sich ein flächenbezogener Substitutionseffekt von rd. 11 t CO₂ die sonst bei der Verbrennung von Heizöl in die Atmosphäre gelangen würden.

4. Kohlenstoffbilanzierung Waldrand

4.1. Waldbaulicher Hintergrund und Maßnahmen

Die hohe mikroklimatische wie ökologische Bedeutung von Waldinnen- und außenrändern wird in Kapitel 5.6 des Hauptgutachtens erläutert. Als Übergangsbereiche zwischen Wald- und Offenland mildern Waldrandstrukturen Klimaeinflüsse, reduzieren die Kraft von Windlasten und tragen dazu bei, die Verdunstung und Bodenerosion zu reduzieren [Ammer, et al. 2019]. Gleichzeitig bieten sie vielfältige Habitatstrukturen für zahlreiche licht- und wärmeliebende Tier- und Pflanzenarten, die in geschlossenen, weniger strukturierten Waldbeständen keinen geeigneten Lebensraum finden. Ein idealer Waldrand ist stufig aufgebaut und bildet einen allmählichen Übergang zwischen dem angrenzenden Offenland (z. B. Wiese oder Feld) und dem geschlossenen Wald. Dieser Aufbau erhöht die ökologische Stabilität und fördert zugleich die Biodiversität.

Entsprechend der Genehmigung für die Aufforstung ist für die Waldrandentwicklung an den drei offenen Seiten der Projektfläche eine Fläche von 0,05 ha vorgesehen. Die Pflanzdichte wurde mit rd. 3.000 Pflanzen pro Hektar veranschlagt, dies entspricht einer flächenbezogenen Anzahl von etwa 150 Strauch- und Baumgehölzen (siehe Tab. 1). Ausgehend von einer niedrigen Strauchschicht im äußeren Bereich werden mit zunehmender Tiefe höhere Sträucher und einzelnen Bäumen II. Ordnung gepflanzt mit dem Ziel unregelmäßige, kleinteilig gegliederte und perspektivisch möglichst strukturreiche Randbereiche zu etablieren.

Die Pflege des Waldsaums soll extensiv erfolgen (siehe Kapitel 5.6). In diesem Zusammenhang sollen Mahd und Rückschnitt zeitlich und räumlich versetzt durchgeführt werden, sodass stets ein Teil der Strukturen als Trittsteinbiotope erhalten bleibt. Zum Erhalt, bzw. der Förderung der sich entwickelnden Vertikalstrukturen wird es darüber hinaus erforderlich sein extensive Läuterungs-/Pflegeeingriffe zur Konkurrenz-/Licht-steuerung in

Anlage 5

der Baumschicht durchzuführen. Die dabei anfallende Biomasse sollte auf der Fläche belassen werden.

4.2. Modellierung und Ergebnisse

Eine aktuelle, europaweite Untersuchung über Vorräte und Biomassezuwächse an 225 Waldrandflächen in temperaten Laubwäldern [Meeussen et. al 2022] hat zum Ergebnis:

- Gesamter Kohlenstoffvorrat am Waldrand: +39 % gegenüber dem Waldinneren.
- Kohlenstoff in der oberirdischen Biomasse: +95 % gegenüber dem Waldinneren.
- Der Effekt konzentrierte sich auf die ersten Meter des Waldrandes (ca. 5–20 m).

Für einen typischen mitteleuropäischen Laubwald mit etwa 150–250 t C ha Gesamtvorrat bedeutet dies überschlägig einen zusätzlichen Vorrat von etwa:

- +60 bis +100 t C ha im Randbereich

gegenüber vergleichbaren geschlossenen Waldstrukturen.

Im Rahmen der Wachstumssimulation mit dem Einzelbaumsimulator BWinPro Version 8.0 [Hansen et al. 2014] musste die C-Bilanzierung für die Waldrandstruktur auf Grund fehlender Wachstums- und Biomassefunktionen für die zur Pflanzung vorgesehenen Strauch- und Obstbaumarten stark vereinfacht werden. Die Modellsimulationen und abgeleiteten Ergebnisse beschränken sich vielmehr ausschließlich auf die Baumart Feldahorn. Die ermittelten Größenordnungen [Vorrat und C-Anteil] sind folglich als „konservative Einschätzung“ zu interpretieren. Vielmehr kann unterstellt werden, dass aufgrund der sich akkumulierenden Gesamtbiomasse in der sich entwickelnden Waldrandstruktur (weitere Baumarten, Sträucher und Krautschicht) der tatsächlich fixierte C-Anteil im Vergleich zu den Modellsimulationen größer ist.

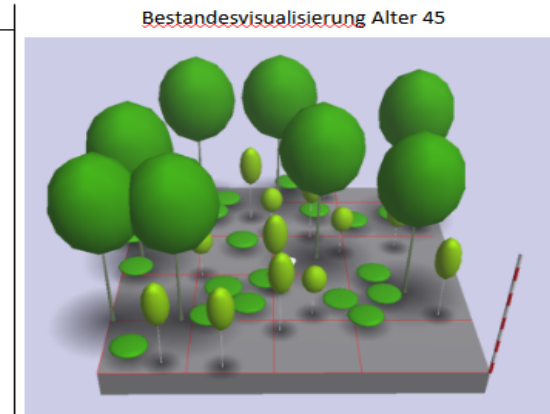
Bei der Simulation der Waldrandentwicklung wurde unterstellt, dass bis Alter 45 lediglich drei extensive Pflegeeingriffe in der Baumschicht durchgeführt werden. Diese dienen zur Lichtsteuerung und sollen dazu beitragen die Vertikalstruktur zu erhalten, bzw. zu fördern. Der Holzanfall beläuft sich in Summe auf 28 Vfm/ha, bzw. flächenbezogen auf 1,4 Vfm (siehe Abb. 4). Zur Förderung der ökologischen Diversität wird die anfallende Menge als liegendes Totholz auf der Fläche belassen.

Anlage 5

Abteilung / Teilfläche 8040b3

Projektfläche 0,05 ha Entwicklung der Waldrandstruktur

Jahr	Alter	Maßnahme	Holzanfall in Vfm/ha
2026		Kulturmaßnahme mit je drei Strauch - und drei Baumarten hier vereinfacht: Pflanzung von 400 Stück Feldahorn	
2041	15		
2046	20	erste Läuterung ohne Massenanfall	
2051	25		
2056	30	zweite Läuterung, die gefällten (oder geringelten) Bäume verbleiben als liegendes Totholz auf der Fläche	11
2061	35		
2066	40	dritte Läuterung, die gefällten (oder geringelten) Bäume verbleiben als liegendes Totholz auf der Fläche	17
2071	45		
Vorrat Alter 45 bzw. flächenbezogen			83 Vfm/ha 4,15 Vfm
			in Summe 28 Vfm/ha zw. flächenbezogen 1,4 Vfm



Jahr	Alter	Maßnahme	Holzanfall in Vfm/ha
2071	45		
2076	50		
2081	55	Pflegeeingriff, Rücknahme von Gehölzen zur Erhaltung der Vertikalstruktur	35
2086	60		
2091	65	Pflegeeingriff, Rücknahme von Gehölzen zur Erhaltung der Vertikalstruktur	39
2096	70		
2101	75	Pflegeeingriff, Rücknahme von Gehölzen zur Erhaltung der Vertikalstruktur	40
2106	80	Pflegeeingriff, Rücknahme von Gehölzen zur Erhaltung der Vertikalstruktur	38
2111	85		
Vorrat Alter 85 bzw. flächenbezogen			166 Vfm/ha 8,3 Vfm
			in Summe 152 Vfm/ha zw. flächenbezogen 7,6 Vfm



Abb 4: Modellierung der Waldrandentwicklung bis Alter 85

Beschreibung der unterstellten zeitlichen Eingriffsfolge sowie Quantifizierung der modellierten Maßnahmen (linke Tabelle, bis Alter 45 oberer Teil, bis Alter 85 unterer Teil). Visualisierungen (Alter 45 oben, Alter 85 unten) der modellierten Waldrandentwicklung in Kombination mit dem „Verjüngungs-modul“ des Wachstumssimulators BwinPro. Die „zufällig eingestreute“ Verjüngung (i.w. Birke, Traubeneiche und Vogelbeere) zeigt eine der möglichen Entwicklungsoptionen ohne zusätzliche waldbauliche Steuerung.

Anlage 5

Bis Alter 85 akkumuliert sich in der Baumschicht (nur Feldahorn) der Waldrandstruktur ein Vorrat von 166 Vfm/ha (siehe Tab. 4). Bei den Simulationsrechnungen wurde zudem unterstellt, dass bis Alter 85 vier weitere, extensive Pflegeeingriffe durchgeführt werden. Die dabei anfallende Holzmenge beläuft sich in Summe auf 152 Vfm/ha (122 Efm/ha), bzw. flächenbezogen auf 7,6 Vfm (6,1 Efm). Es wird unterstellt das dieses Holz als Brennholz (Produktklasse „Energieholz“ [E]) ausgehalten und vermarktet wird (geringer Anfall, geringe Dimensionen).

Die abgeleiteten C-Anteile für den stehenden Vorrat errechnen sich mit 22 t/C/ha im Alter 45, bzw. 43 t/C/ha im Alter 85 (siehe Tab. 4). Darüber hinaus sind in der entnommenen Holzmenge weitere 6 t/C/ha bis Alter 45 sowie zusätzliche 32 t/C/ha bis Alter 85 fixiert. Flächenbezogen (0,05 ha) entspricht dies einer Menge von 0,3 t/C bis Alter 45 und weiteren 1,6 t/C bis Alter 85.

Abt. 8040 b3 0,05 ha Waldrandentwicklungszone					
Vorrat			Vorrat		
Alter 45	83	Vfm/ha	Alter 85	166	Vfm/ha
flächenbezogen	4,2	Vfm	flächenbezogen	8,3	Vfm
bis Alter 45 (prognostizierter Nutzungsanfall in Efm/ha)	Laubholz Feldahorn 22	Efm/ha	bis Alter 85 (prognostizierter Nutzungsanfall in Efm/ha)	Laubholz Feldahorn 122	Efm/ha
Holzdicke (Ahorn)	0,522		Holzdicke (Ahorn)	0,522	
C-Anteil	0,5		C-Anteil	0,5	
C-Anteil / stehender Vorrat					
Alter 45	22	t/C/ha	Alter 85	43	t/C/ha
flächenbezogen	1,1	t/C	flächenbezogen	2,2	t/C
C-Anteil / Durchforstungsanfall					
Bis Alter 45	6	t/C/ha	Bis Alter 85	32	t/C/ha
flächenbezogen	0,3	t/C	flächenbezogen	1,6	t/C

Tab. 4: Stehender Holzvorrat, prognostizierte Nutzungsmengen sowie C-Anteile für den simulierten Waldrandbereich getrennt nach den beiden Altersperioden bis Alter 45 und bis Alter 85.

Die Ableitung des energetischen Substitutionseffektes beschränkt sich auf den Massen-anfall in der Altersperiode 45 bis 85 Jahre in Höhe von 32 t/C/ha, bzw. 1,6 t/C bezogen auf die Projektfläche „Waldrand“. Der Holzanfall bis Alter 45 sollte hingegen auf der Fläche verbleiben.

In Anlehnung an Vergleichsuntersuchungen (Pflüger-Grone 2007) wird hierbei unterstellt, dass bei der Verbrennung von Laubholz mit einem Wassergehalt von 20 % im Vergleich zur entsprechenden Menge Heizöl 1,345 t CO₂ pro verwendeter Tonne Holz eingespart werden. Multipliziert man die anfallende Brennholzmasse (Produktklasse Energieholz) mit dem für Laubholz genannten Faktor ergibt sich ein flächenbezogener Substitutionseffekt von rd. 2,15 t CO₂ die sonst bei der Verbrennung von Heizöl in die Atmosphäre gelangen würden.

5. Gesamtergebnis und Bewertung

Die Ergebnisse der Modellkalkulationen zur C-Bilanzierung sind in Abb. 5 zusammen-gestellt. Getrennt nach den Kompartimenten Boden, Bestand und Waldrand werden die C-Anteile in t/C/ha, bzw. bezogen auf die tatsächliche Projektfläche in t/C im Jahr 2026 (Kulturanlage), 2071 (Alter 45) und 2111 (Alter 85) dargestellt.

In Ergänzung zur reinen C-Bilanzierung wurde ebenfalls der Umfang der CO₂-Sequestrierung abgeleitet. Diese kann gleichermaßen zur Bewertung von Kohlenstoff-speichern in Böden, Wäldern und Biomasse angewendet werden.

Die Umrechnung von Kohlenstoff [C] in Kohlendioxid [CO₂] erfolgte auf Grundlage der stöchiometrischen Massenverhältnisse. Da ein CO₂-Molekül aus einem Kohlenstoffatom und zwei Sauerstoffatomen besteht, beträgt seine molare Masse 44 g/mol, während Kohlenstoff eine molare Masse von 12 g/mol aufweist. Zur Berechnung der CO₂-Bindung aus dem Kohlenstoffgehalt wird daher der Umrechnungsfaktor 44/12 (= 3,667) verwendet. Somit entspricht 1 kg gebundener Kohlenstoff einer CO₂-Menge von 3,667 kg.

Auf die Projektfläche bezogen werden bis Alter 85 in Summe rund 17 t/C im Boden (17 %), 83 t/C im Vorrat des stehenden Bestandes (81 %) sowie rd. 2 t/C in der Waldrandstruktur (2 %) gespeichert. Die auf den ha bezogenen Kalkulationen ergeben eine Größenordnung von knapp 24 t/C/ha sowie 192 t/C/ha für den stehenden Vorrat und weitere 43 t/C/ha für die Waldrandstruktur.

Die modellierten Ergebnisse entsprechen Größenordnung wie sie in der Literatur zu finden sind.

So wird der C-Vorrat für einen typischen mitteleuropäischen Laubwald mit etwa 150–250 t C ha Gesamtvorrat eingeschätzt, der C-Vorrat für Waldrandstrukturen wird mit zusätzlichen rund +60 bis +100 t C ha veranschlagt. Der in diesem Gutachten für die Waldrandstruktur ermittelte C-Speicher von lediglich 43 t/C/ha begründet sich in dem vereinfachten Modellansatz bei dem lediglich eine Baumart (Feldahorn) berücksichtigt werden konnte.

Die CO₂-Sequestrierung beläuft sich perspektivisch auf rund 950 t/CO₂/ha. Rechnerisch entspricht dies einer jährlichen Sequestrierung von rd. 11 t/CO₂/ha. Die Gesamtmasse in Höhe 950 t/CO₂/ha verteilt sich auf 87 t/CO₂/ha im Boden, rd. 705 t/CO₂/ha im auf-stockenden Bestand und weiteren rd. 158 t/CO₂/ha in der Waldrandstruktur.

Mit der Umsetzung der Kulturmaßnahme wird ein zusätzlicher, lokaler Kohlenstoffspeicher etabliert da die zu erwartende Kohlenstoffaufnahme in den Kompartimenten Boden, Bestand und Waldrand ohne die Maßnahme nicht stattfinden würde (Additionalität). Die tatsächliche Klimawirkung setzt die langfristige Stabilität, Dauerhaftigkeit und nachhaltige, kahlschlagsfreie Bewirtschaftung der neuen Waldfläche voraus.

Anlage 5

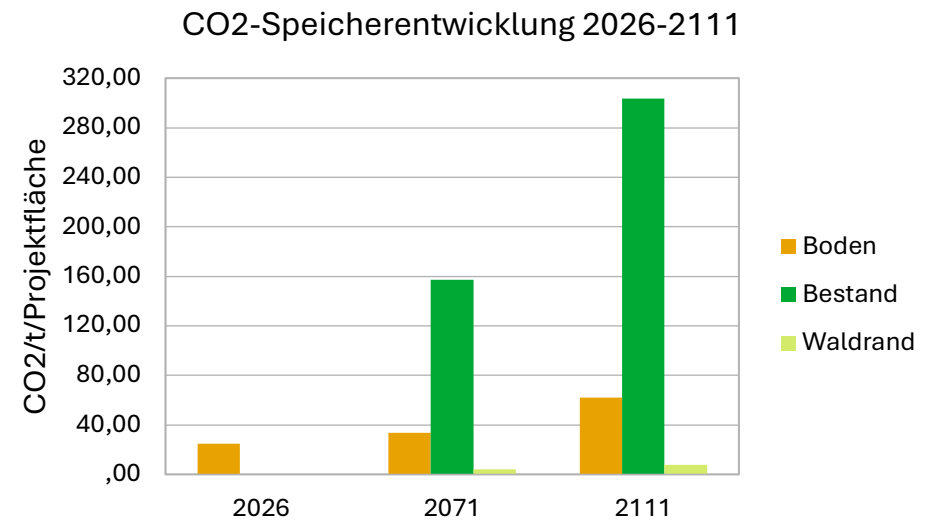
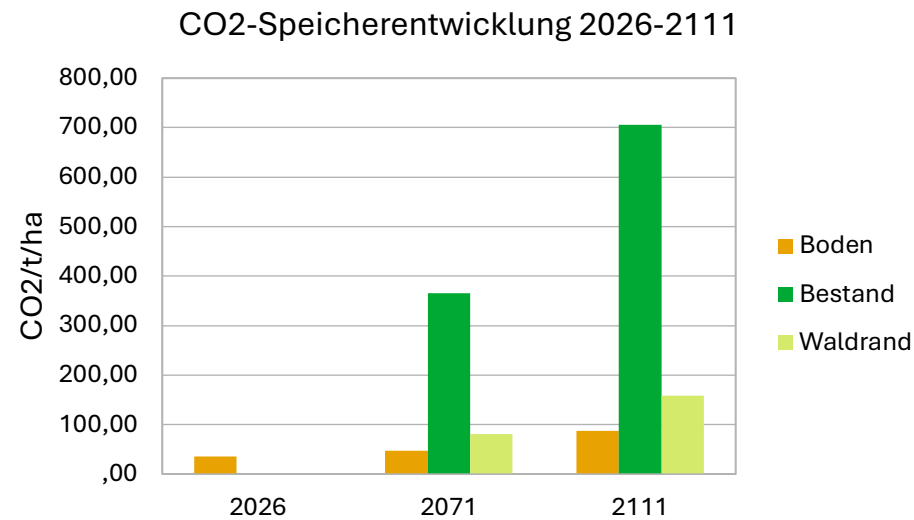
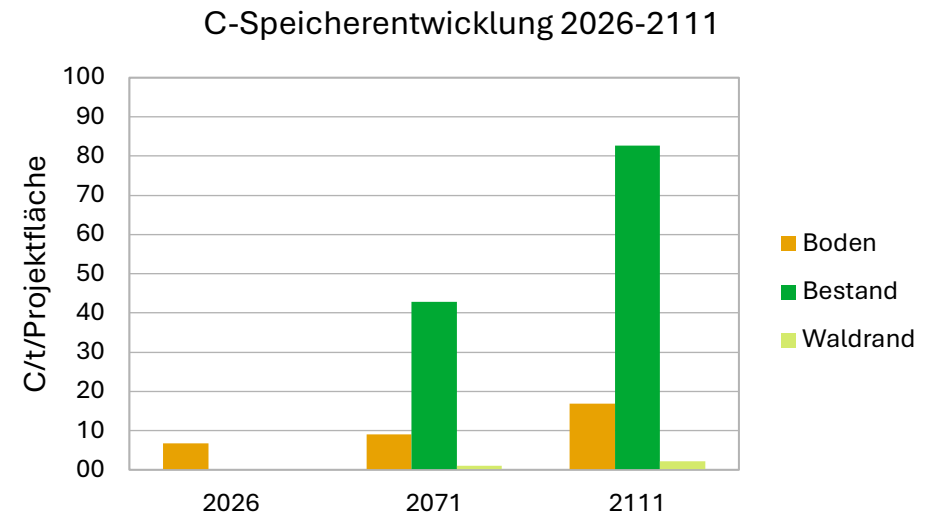
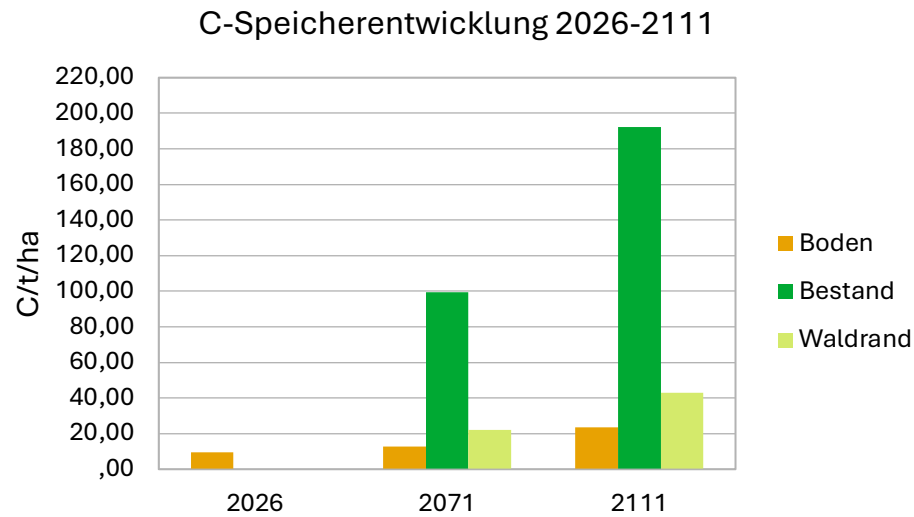


Abb 5: Zusammenstellung der C-/ CO₂- Speicherung [2026, 2071, 2111] je ha, bzw. bezogen auf die Projektfläche in Abt. 8040 b3 getrennt nach den Kompartimenten Boden, Bestand und Waldrand.

6. Literatur

- Ammer, C.; Kölling, C.; Möhring, B.; Rötzer, T.; Seifert, T.; Spiecker, H., 2019: Waldbau und Klimawandel – Grundlagen, Optionen und Grenzen der Anpassung in Mitteleuropa. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.
- ANW – Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft, 2024: Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft. ANW, Melsungen.
- BMEL; Thünen-Institut, o. J.: Waldböden in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin.
- Burschel, P.; Kürsten, E.; Larson, B. C., 1993: Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt – Eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Band 126, München.
- De Marco, A.; Esposito, F.; Berg, B.; Giordano, M.; Virzo De Santo, A., 2013: Soil C and N sequestration in organic and mineral layers of two coeval forest stands implanted on pyroclastic material (Mount Vesuvius, South Italy). Geoderma, 209–210, S. 128–135.
- Hansen, J.; Nagel, J., 2014: Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS – Anwendung und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 11, Universitätsverlag Göttingen, Göttingen.
- Hou, G.; Delang, C. O.; Lu, X.; Gao, L., 2019: Soil organic carbon storage varies with stand ages and soil depths following afforestation. Annals of Forest Research, 62 (1).
- Hüblová, L.; Frouz, J., 2021: Contrasting effect of coniferous and broadleaf trees on soil carbon storage during reforestation of forest soils and afforestation of agricultural and post-mining soils. Journal of Environmental Management, 290.

Anlage 5

- Klein, D.; Schulz, C., 2012: Die Kohlenstoffbilanz der Bayerischen Forst- und Holzwirtschaft. Abschlussbericht. LWF Wissen, Band 9/2012, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
- Meeussen, C.; Govaert, S.; Vanneste, T.; Haesen, S.; Van Meerbeek, K.; Bollmann, K.; Brunet, J.; Calders, K.; Cousins, S.; Diekmann, M.; Graae, B.; Iacopetti, G.; Lenoir, J.; Orczewska, A.; Ponette, Q.; Plue, J.; Selvi, F.; Spicher, F.; Sørensen, M.; Verbeeck, H.; Vermeir, P.; Verheyen, K.; Vangansbeke, P.; De Frenne, P., 2021: Drivers of carbon stocks in forest edges across Europe. *Science of the Total Environment*, 759.
- Nagel, J.; Duda, H.; Hansen, J., 2006: Forest Simulator BWINPro7. *Forst und Holz*, 61, S. 427–429.
- Paul, C.; Weber, M.; Mosandl, R., 2009: Kohlenstoffbindung junger Aufforstungsflächen. Karl-Gayer-Institut in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Waldbau der Technischen Universität München, München.
- Pflüger-Grone, H., 2007: Energieträger Holz – Ein umweltverträglicher und ökologischer Brennstoff. Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo) e. V., Witzenhausen.
- Ratzke, U.; Mohr, H.-J., 2005: Böden in Mecklenburg-Vorpommern – Abriss ihrer Entstehung, Verbreitung und Nutzung. Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Güstrow.
- Shi, S.; Zhang, W.; Zhang, P.; Yu, Y.; Ding, F., 2013: A synthesis of change in deep soil organic carbon stores with afforestation of agricultural soils. *Forest Ecology and Management*, 296, S. 53–63.
- Wördehoff, R.; Spellmann, H.; Evers, J.; Nagel, J., 2011: Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 6, Universitätsverlag Göttingen, Göttingen.
- Wördehoff, R.; Spellmann, H.; Evers, J.; Chian, T.; Nagel, J., 2012: Kohlenstoffstudie Forst und Holz Schleswig-Holstein. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Göttingen.