

Schlussbericht

zum Verbundvorhaben

Thema:

BiCO2 - Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität

Zuwendungsempfänger:

Teilvorhaben 1: NABU Naturschutzstation Münsterland e.V.

Teilvorhaben 2: Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie

Teilvorhaben 3: Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen

Förderkennzeichen:

Teilvorhaben 1: 2218WK23A4

Teilvorhaben 2: 2218WK23B4

Teilvorhaben 3: 2218WK23C4

Laufzeit:

01.07.2020 bis 30.04.2024

Monat der Erstellung:

08/2024

Datum der Veröffentlichung:

19.12.2024



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

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

Inhaltsverzeichnis

I. Kurzbericht

1. Aufgabenstellung
2. Planung und Ablauf des Vorhabens
3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse
 - a) Arbeitspakete und Meilensteine
 - b) Zusammenfassung

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse
 - Arbeitspaket A: Projektkoordination
 - Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept
 - Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank
 - Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch
 - Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch
 - Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch
 - Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch
 - Arbeitspaket H: Ergebnissynthese
 - Arbeitspaket I: Transfer
2. Verwertung
 - a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen
 - b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende
 - c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende
 - d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit
 - e) Stand der Erreichung der in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten Verwertungsoptionen, Forschungsdaten
3. Erkenntnisse von Dritten
4. Veröffentlichungen

ANHANG

Teilvorhaben 1: BiCO₂ – NABU Naturschutzstation Münsterland e.V.

1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens
2. Bearbeitete Arbeitspakete
 - Arbeitspaket A: Projektkoordination
 - Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept
 - Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank
 - Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch
 - Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch
 - Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch
 - Arbeitspaket H: Ergebnissynthese
 - Arbeitspaket I: Transfer
3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens
4. Literatur:

Teilvorhaben 2: BiCO₂ – Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie

1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

2. Bearbeitete Arbeitspakete

Arbeitspaket A: Projektkoordination

Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept

Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank

Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch

Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch

Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch

Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch

Arbeitspaket H: Ergebnissynthese

Arbeitspaket I: Transfer

3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

Teilvorhaben 3: BiCO₂ – Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen

1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

2. Bearbeitete Arbeitspakete

Arbeitspaket A: Projektkoordination

Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept

Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank

Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch

Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch

Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch

Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch

Arbeitspaket H: Ergebnissynthese

Arbeitspaket I: Transfer

3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

I. Kurzbericht

1. Aufgabenstellung

Ziel des Projektes war es, den Einfluss der forstlichen Bewirtschaftung in verschiedenen Intensitäten auf die Kohlenstoffvorräte im aufstockenden Bestand und im Boden ebenso zu erfassen wie die ober- und unterirdische Biodiversität. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Untersuchungen bestand darin, die Zusammenhänge zwischen Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung näher zu beleuchten. So ist beispielsweise noch weitestgehend unbekannt, ob die funktionelle Diversität der Bodenfauna die Funktion des Bodens als Kohlenstoffspeicher beeinflusst (Creamer et al. 2016). Aus der Gesamtheit der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse sollte eine Bewertungsmatrix forstlicher Handlungsoptionen erstellt werden.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die vier in NRW und bundesweit flächenmäßig bedeutsamsten Standorttypen und Waldgesellschaften:

- Buchenwälder (stark) saurer Standorte (Untersuchungsgebiet: Arnsberger Wald)
- Buchenwälder (mäßig) nährstoffreicher Standorte (Untersuchungsgebiet: Egge-Vorberge)
- Eichen-Hainbuchenwälder wechselfeuchter Standorte (Untersuchungsgebiet: Kernmünsterland)
- Eichen-Mischwälder bodensaurer Standorte (Untersuchungsgebiet: Niederrhein)

In jedem der vier Untersuchungsgebiete wurden systematisch 50 Probekreise eingerichtet, auf denen die zentralen Untersuchungen des Projekts durchgeführt wurden. Die in Abb. 1 dargestellten Parameter wurden auf allen 200 Flächen erhoben.

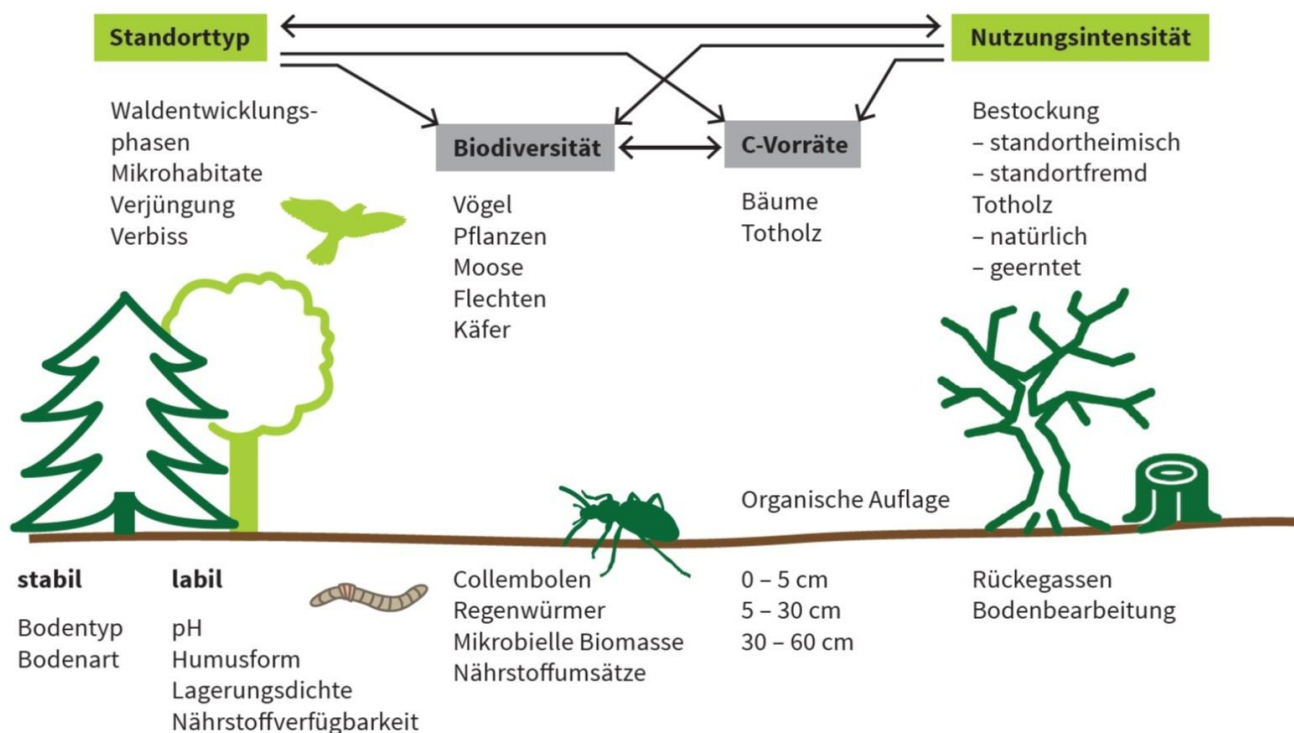


Abb. 1: Übersicht der Untersuchungen im Projekt BiCO₂.

In jedem Untersuchungsgebiet wurde zudem die Waldnutzungsintensität ermittelt, die u.a. durch den sogenannten ForMI (Forest Management Intensity Index; Kahl & Bausch 2014) definiert werden kann (Abb. 2). Die Auswahl der jeweils 50 Probekreise sollte von Wirtschaftswäldern mit standortfremden Nadelgehölzen über Wirtschaftswäldern mit standortheimischer Bestockung bis hin zu ungenutzten Naturwäldern einen möglichst weiten Gradienten abdecken.

WALDNUTZUNGSINTENSITÄT (ermittelt durch ForMI*)



Wälder ohne forstliche Nutzung



Wirtschaftswälder mit standortheimischer Bestockung



Wirtschaftswälder mit standortfremder Bestockung

STANDORTHEIMISCHE BAUMARTEN

HOLZENTNAHME

natürlich entstandenes TOTHOLZ

* Forest Management Intensity index (Kahl & Bauhus 2014)

Abb. 2: Übersicht ForMI (Forest Management Intensity Index) im Projekt BiCO₂.

3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse

a) Arbeitspakete und Meilensteine

Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)	Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Zwischenbericht)	Zielerreichung
AP A Projektkoordination	07/2020 bis 04/2024	Die Kooperationspartner standen während der ganzen Projektlaufzeit in engem Austausch durch regelmäßige Besprechungen in Form von Videokonferenzen oder Präsenzbesprechungen und arbeiteten auch themenbezogen in Kleingruppen teilprojektübergreifend zusammen. Eine Plattform zum Austausch von Daten wurde konsequent benutzt.
AP B Untersuchungskonzept	07/2020 bis 01/2022	Die Entwicklung des Stichprobenkonzept wurde bereits im ersten Projektjahr abgeschlossen. Die Flächenauswahl wurde in zwei der vier Untersuchungsgebiete ebenfalls im ersten Projektjahr abgeschlossen. Zur Entzerrung von Arbeitsspitzen wurde entschieden die Flächenauswahl und den Beginn der Geländeuntersuchungen in den beiden anderen Untersuchungsgebieten erst im zweiten Projektjahr zu starten, s. a. AP G. Auf allen 200 Probestellen wurden die wald- und vegetationskundlichen Aufnahmen (lebende Bäume, Totholz, Vegetation, Verjüngung & Verbiss) durchgeführt. Zusätzlich wurden im Untersuchungsgebiet Kernmünsterland Messstellen zur Ermittlung der Stauwasserpegel eingebaut. Während die Aufnahmen in der ersten beiden Untersuchungsgebieten bereits im ersten Projektjahr durchgeführt wurden, wurden die anderen beiden im Herbst 2022 abgeschlossen.
AP C Etablierung Datenbank	07/2020 bis 03/2024	Die Datenbank wurde unter Abstimmung mit den Kooperationspartnern bei der NABU-Station Münsterland aufgebaut und alle Daten importiert. Hierauf aufbauend konnten so Auswertungen parameterübergreifend von den drei Projektpartnern durchgeführt werden (s. folgende AP).
AP D Kohlenstoff oberirdisch	08/2021 bis 11/2023	Die Ermittlung der Kohlenstoffvorräte erforderte die artspezifische Vermessung aller Gehölzstrukturen in den Probekreisen (lebend und tot). Die Totholzaufnahme erfolgte zur besseren Charakterisierung der Waldbestände

Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)	Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Zwischenbericht)	Zielerreichung
		auf einer Fläche von 1 ha. Insgesamt wurden über 24.000 Gehölzstrukturen vermessen. Die Berechnung der Biomassevolumen der verschiedenen Gehölzkomponenten und die daraus erfolgte Ableitung der Kohlenstoffvorräte nutzte aktuelle und in der Praxis anerkannte Methoden (UBA 2015).
AP E Kohlenstoff unterirdisch	03/2021 bis 11/2023	Die Kohlenstoffvorräte in der organischen Auflage (Litter, Of und Oh), sowie in 3 Horizonten des Mineralbodens (0 – 5 cm, 5 – 30 cm und 30 – 60 cm) wurden 2021 im Arnsberger Wald und den Egge-Vorbergen und 2022 im Kernmünsterland und am Niederrhein ermittelt. In den Bodenproben aus 0 – 5 cm Mineralbodentiefe wurden zusätzlich zahlreiche weitere bodenchemische und mikrobiologische Detailuntersuchungen durchgeführt.
AP F Biodiversität oberirdisch	03/2021 bis 11/2023	In allen 200 Plots wurden Mikrohabitate, Waldentwicklungsphasen, Brutvögel, Moose und Flechten kartiert. Die Untersuchung der Käfer war für 24 Plots vorgesehen und konnte letztlich auf 178 Plot durchgeführt werden. Die dabei gefangenen Spinnen wurden zusätzlich bestimmt. Die Untersuchungen wurden teils in Eigenregie, teils mit externen Partnern umgesetzt. Vögel wurden auf allen 200 Probekreisen erfasst (2021: Arnsberger Wald und Egge, 2023: Kernmünsterland und Niederrhein), die Spechte in einer separaten Erfassung.
AP G Biodiversität unterirdisch	05/2021 bis 11/2023	Alle 200 Plots wurden hinsichtlich ihrer Regenwurm- und Springschwanzfauna durch externe Partner untersucht.
AP H Ergebnissynthese	07/2020 bis 04/2024	In einer Synthese wurden die umfangreichen Daten der einzelnen Arbeitspakete zusammengeführt und zueinander in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse wurde auf der Abschlusstagung (I.5) präsentiert und bildeten die fachliche Basis bei der Entwicklung der Handlungsempfehlungen (H.4). Die Daten zu Waldstruktur, C-Speicher und Biodiversität wurden miteinander in Verbindung gesetzt und statistisch ausgewertet. Es zeigte sich, dass C-Speicher und Biodiversität in den wenigsten Fällen direkt miteinander korrelieren, sondern viele Muster von mehreren erklärenden Variablen miteinander beeinflusst werden und zudem zwischen den Untersuchungsgebieten teils starke Unterschiede bestehen.
AP I Transfer	07/2020 bis 04/2024	Im Bereich Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit wurden insgesamt 20 Veranstaltungen im Rahmen des Projektes mit insgesamt rund 600 Teilnehmenden durchgeführt. Dabei handelte es sich um Vortragsreihen, Exkursionen, Fortbildungen, waldbauliche Übungen sowie zwei Fachtagungen. Durch die Kooperation aus Wissenschaft, Naturschutz und Forstpraxis war das Projekt bei zahlreichen weiteren Tagungen, Kongressen und weiteren öffentlichen Veranstaltungen in Form von Vorträgen oder Poster präsent. Außerdem wurden zahlreiche Veröffentlichungen erstellt. Zudem wurde eine Projekthomepage (www.bico2.de) etabliert, Projektflyer sowie solche zur Bewerbung von Veranstaltungen erstellt und verteilt und Pressemitteilungen herausgeben. Als finales Produkt wurden Handlungsempfehlungen gemeinsam mit der Forstpraxis erarbeitet und stehen als Broschüre zur Verfügung.

Meilensteine (M) (lt. Planung im Antrag)	Fälligkeit (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
M 1 Flächenauswahl	01/2022	Wie vorgesehen wurden insgesamt 200 Plots verteilt auf vier Waldgebiete verteilt über NRW eingerichtet, auf denen alle

Meilensteine (M) (lt. Planung im Antrag)	Fälligkeit (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
abgeschlossen		Untersuchungen stattfanden.
M 2 Geländeaufnahme abgeschlossen	05/2023	Alle vorgesehenen Parameter konnten fristgerecht erhoben werden. Die zunächst erfolglose Ausschreibung der Collembolaaufnahmen für zwei der vier Untersuchungsgebiete führte zur Aufschiebung dieser Untersuchung um ein Jahr. Bis zur Auswertung für die Abschlusstagung im November 2023 standen dann aber auch diese Daten zur Verfügung.
M 3 Auswertungen abgeschlossen	11/2023	Die Auswertung der Daten zu den einzelnen Untersuchungsparametern und Eingabe in die gemeinsame Projekt-Datenbank erfolgte kontinuierlich bis zum Sommer 2023 und setzte sich mit der Ergebnissynthese fort.
M 4 Ergebnis-Synthese abgeschlossen, Fachtagung	11/2023	Mit Vorliegen der Einzeldaten wurde mit der Ergebnissynthese begonnen. Die Auswertungen wurden mit der Präsentation der Ergebnisse im Rahmen der Abschlusstagung im November 2023 in Teilen abgeschlossen. Dabei wurden die Zusammenhänge zwischen Waldbewirtschaftung (und damit einhergehend auch Waldstruktur) mit Biodiversität und Kohlenstoffspeicher in Beziehung gesetzt. Die dahinterliegenden Prozesse, insbesondere bzgl. der Bodenbiogeochemie und Bodenbiologie sowie die Übertragung der Ergebnisse auf Landschaftsebene wurden vertieft thematisiert. Einzelne vertiefende Auswertungen erfolgten im Zuge der Erstellung der Fachpublikationen bis zum Projektende.
M 5 Transfer abgeschlossen	04/2024	Der Transfer der im Projekt erzielten Erkenntnisse erfolgte beginnend mit allgemeinen Informationen zum Projekt bis zur Bereitstellung der Handlungsoptionen zum Projektende. Damit wurden auch die avisierten Zielgruppen in unterschiedlichem Umfang erreicht. Die allgemeine Öffentlichkeitsarbeit begleitete das Projekt stetig bis zum Projektende. Durch die kostenneutrale Verlängerung bis April 2024 und aufgrund des hohen Interesses ergab sich die Möglichkeit nach der Abschlusstagung noch weitere Transferveranstaltungen durchzuführen, so z. B. eine zweite Fortbildungsveranstaltung für die Forstpraxis. Auch erfolgte der Transfer der Ergebnisse über verschiedene zielgruppenspezifische Veröffentlichungen.

Die Fälligkeit der Meilensteine bezieht sich auf den gegenüber dem Antrag aktualisierten Balkenplan aus dem 3. Zwischenbericht vom April 2023.

b) Zusammenfassung

Das Projekt BiCO₂ hatte sich zum Ziel gesetzt, zu ermitteln, wie sich Waldbewirtschaftung auf Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität in Waldökosystemen auswirkt. Hierzu wurden jeweils 50 Flächen, die einen Nutzungsgradienten aufspannten, in vier für Mitteleuropa typischen Waldgebieten etabliert: Eichenmischwälder bodensaurer Standorte im Flachland (Niederrhein), Eichen-Hainbuchenwälder wechselfeuchter Standorte im Flachland (Münsterland), Buchenwälder saurer Standorte im Bergland (Arnsberger Wald) und Buchenwälder basenreicher Standorte im Bergland (Egge-Vorberge). Dabei wurden für jeden Standorttyp nicht (mehr) genutzte naturnahe Wälder, unterschiedlich stark forstlich genutzte Wälder bis hin zu Wäldern mit standorttypischen Nutzungsformen aus Nadelgehölzen im Gradienten berücksichtigt.

Um die Waldnutzungsintensität objektiv abbilden zu können, wurde der Forest Management Intensity Index (ForMI) nach Kahl und Bauhus (2014) herangezogen, der volumenbasiert die Anteile nichtheimischer Baumarten, des geernteten Holzes und des Totholzes mit Sägespuren beinhaltet. Daten zum gespeicherten Kohlenstoff wurde getrennt nach den einzelnen Kompartimenten (lebender Bestand, Totholz, Grobwurzeln, organische Auflage und Mineralboden) aufgenommen. Um Effekte der Waldnutzung auf die Biodiversität erfassen zu können, wurden exemplarisch Pflanzen, Moose, Flechten, Vögel und Käfer sowie – unterirdisch – Regenwürmer und Springschwänze erfasst. Weiterhin wurden strukturelle Parameter wie Mikrohabitate und Waldentwicklungsphasen kartiert. Eine Teiluntersuchung bezog sich zudem explizit auf die Auswirkungen der Befahrung in Rückegassen auf Bodenparameter. Die Daten wurden dahingehend analysiert, welche

Strukturparameter oder Managementaspekte sich für Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität am förderlichsten erwiesen. Aus den Untersuchungen wurden Handlungsempfehlungen für die Forstpraxis abgeleitet. Die Projektergebnisse wurden im Rahmen einer Vielzahl an Veranstaltungen (Fortbildungen, Vortragsveranstaltungen, Exkursionen, Fachtagungen) der Forstpraxis und anderen Stakeholdern präsentiert.

Die Betrachtung der Wechselbeziehungen zwischen Kohlenstoffvorräten und Biodiversität im Allgemeinen (Multidiversität), sowie in deren Wechselwirkung mit der Bewirtschaftungsintensität ergab, dass ein differenzierter Blick auf die jeweiligen Zusammenhänge notwendig ist. Unterschiedliche Bewirtschaftungsintensitäten wirkten sich auf die verschiedenen Organismengruppen unterschiedlich aus. So werden durch eine gegebene Bewirtschaftungsintensität einige Organismengruppen gefördert, während Andere gehemmt werden. Auch auf den Boden wirkte sich die Bewirtschaftung aus. Dabei erwiesen sich die Humusformen als guter Indikator für nutzungsbedingte Veränderungen im Boden. So bestimmt die Bestockung die Streuzusammensetzung und deren Zersetzungsprozesse die chemischen Rahmenbedingungen im Boden, was wiederum die Aktivität der Bodenorganismen beeinflusst. Die Biodiversität im Boden ist dabei mit der Biodiversität im Bestand gekoppelt. Mit Blick auf die Biodiversität erwiesen sich insbesondere die heimischen Eichenarten als vorteilhaft, da sie z. B. Flechten geeignete Mikrohabitate bereitstellten. Als bedeutsam erwies sich auch der Anteil älterer Bäume. Mit zunehmendem Bestandesalter und Anteil älterer Bäume erhöhte sich auch die Strukturvielfalt im Bestand, sowohl die Vielfalt der Waldentwicklungsphasen, als auch die der Mikrohabitate. Dies förderte zum einen die Biodiversität verschiedener Organismengruppen, als auch den oberirdischen Kohlenstoffvorrat im Bestand. Zusammenfassend ergab sich, dass eine forstliche Bewirtschaftung, die artenreiche, standortgemäße Bestände mit einem ausreichend hohen Anteil an tiefwurzelnden einheimischen Laubbaumarten sowie von alten Bäumen und Totholz unter Verwendung bodenschonender Methoden entwickelt, höhere Kohlenstoffvorräte aufbauen und die Biodiversität erhalten kann.

II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

1. Erzielte Ergebnisse

Arbeitspaket A: Projektkoordination

Die Kooperationspartner standen während der gesamten Projektlaufzeit in engem Austausch zueinander. Bei regelmäßig stattfindenden Projektbesprechungen wurden aktuelle Anliegen und das generelle Vorgehen im Projekt zusammen bearbeitet. Unterarbeitsgruppen – oft bestehend aus Vertretern aller drei Teilprojekte – bearbeiteten Arbeitsbereiche ebenfalls in engem Austausch miteinander. So wurde die Auswahl der Untersuchungsflächen gemeinsam durchgeführt, Geländeuntersuchungen einzelner Teilprojekte gegenseitig unterstützt, zahlreiche Veranstaltungen zum Wissenstransfer und zur Öffentlichkeitsarbeit gemeinsam geplant und durchgeführt sowie gemeinsame Veröffentlichungen erstellt. In allen Bereichen profitierte das Projekt durch das geschlossene Auftreten von Wissenschaft, Naturschutz und Forstpraxis, sowohl durch das Einbringen der unterschiedlichen Expertisen bei der Projektbearbeitung als auch bei der Durchführung von Veranstaltungen.

Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept

AP B.1 - Entwicklung Stichprobenkonzept und AP B.2 - Flächenauswahl

Für die Untersuchungen wurden Wald- und Standorttypen ausgewählt, die repräsentativ für NRW und bundesweit flächenmäßig bedeutsam sind. Zudem stellten die Standorte ausreichend große zusammenhängende Waldgebiete dar. Bis auf wenige Ausnahmen befinden sich die untersuchten Flächen im Staatswald: Insgesamt wurden 4 Schwerpunktregionen mit folgenden Waldtypen ausgewählt:

- Buchenwälder basenarmer Standorte, Bergland (Arnsberger Wald, Sauerland)
- Buchenwälder basenreicher Standorte, Bergland (Egge-Vorberge, Ostwestfalen)
- Bodensaure Eichenmischwälder, Flachland (Reichswald Kleve, Niederrhein)
- Wechselfeuchte Eichen-Hainbuchenwälder (Kernmünsterland)

Innerhalb der vier Schwerpunktregionen sollten die Untersuchungsstandorte möglichst jeweils den für das Gebiet typischen, einheitlichen Bodentyp aufweisen, der in der Bodenkarte zur Forstlichen Standorterkundung von NRW im Maßstab 1:5.000 zu finden ist. Außerdem wurden Standorte unterschiedlicher Hangneigung berücksichtigt (Digitales Geländemodell NRW). Um die Einrichtung von Probekreisen mit einem Radius von 56 m zu ermöglichen, wurde eine entsprechende Mindestgröße in sich homogen strukturierter Waldbestände vorausgesetzt. Zur Vermeidung von Randeffekten wurden zudem jeweils Puffer zwischen Beständen mit unterschiedlichen Hauptbaumarten sowie zum Offenland und Wegen eingehalten. Die Informationen zur Bestockung und zum Bestandesalter wurden der Forstbetriebskarte des Staatswaldes NRW entnommen. In jedem der vier Schwerpunktregionen wurden 50 Probepunkte von je 1.000 m² (0,1 ha) ausgewählt. Dabei

wurden pro Gebiet je 10 Probepunkte in nicht forstlich bewirtschafteten Beständen (Naturwaldzellen und Wildnisentwicklungsgebiete), 30 in Wirtschaftswäldern mit standortheimischer Bestockung (je nach Untersuchungsgebiet eichen- oder buchendominiert) und davon wenn möglich je 15 in alten Beständen über 80 Jahren und in mittelalten Beständen zwischen 40 und 80 Jahren sowie 10 in Wirtschaftswäldern mit standortfremder Nadelbestockung ausgewählt. So wurde eine gute Grundlage für eine gleichmäßige Verteilung des zu berechnenden Indexes der forstlichen Nutzungsintensität (ForMI) gelegt.

Alle Probeflächen sollten, wenn möglich auf dem gleichen Hauptbodentyp liegen. Im Arnberger Wald, den Egge-Vorbergen und am Niederrhein wurde hier die Braunerde ausgewählt, im Kernmünsterland der Pseudogley.

Unter Beachtung der oben beschriebenen Kriterien, ergaben sich entsprechend für die Untersuchungen geeignete Forstbestände. Um hieraus konkrete Untersuchungsstandorte zur Einrichtung von Probekreisen festzulegen, wurde über die geeigneten Bestände am Computer ein Raster von 113 x 113 m gelegt. Somit war eine Überschneidung der Probekreise mit einem Radius von 17,8 m (bzw. einem größeren Probekreisradius für ausgewählte Parameter, wie z.B. den Vögeln oder Totholz von 56 m) ausgeschlossen und zudem war das Raster mit einem bereits bestehenden Raster kompatibel. In den Egge-Vorbergen wurde aufgrund eines bereits bestehenden Rasters eines anderen Projektes ein Raster von 125 x 125 m gewählt. Die Schnittpunkte der Rasterquadrate wurden jeweils als potenzieller Probekreis-Mittelpunkt definiert. Aus den Punkten wurde dann (soweit möglich) eine Zufallsauswahl getroffen, auf dessen Grundlage nach Prüfung im Gelände die Probekreis-Mittelpunkte festgelegt wurden. Ausschlusskriterien bzw. Gründe zum Verlegen eines Punktes waren beispielsweise Rückegassen, Bestandesgrenzen oder Baumartenwechsel, die so nicht in der Forstbetriebskarte ersichtlich waren. Entwässerungsgräben oder Störungsflächen waren hingegen keine Ausschlusskriterien.

Bedingt durch die Fichten-Borkenkäferkalamität standen im Arnberger Wald nur wenige Flächen diesen Standorttyps zur Verfügung, sodass Alter und Hangneigung von denen der Laubwaldbestände abwichen. Auch waren im Kernmünsterland nicht ausreichend geeignete mittelalte Eichenbestände verfügbar, sodass hier mehr ältere Bestände ausgewählt werden mussten. Im Kernmünsterland musste neben Pseudogley-Standorten auch auf Übergänge zum Gley oder zum Podsol bei den Nadelholzbeständen zurückgegriffen werden, da keine passenden Nadelbestände auf reinen Pseudogleyen auffindbar waren. In den Egge-Vorbergen konnten zwei Probepunkte im Privatwald eingerichtet werden.

In der Umgebung von je 21 der 40 forstlich bewirtschafteten Probekreise wurden in jedem der vier Untersuchungsgebiete zudem noch Rückegassen zur Untersuchung ausgewählt.

Zur Gewährleistung einer umfänglichen Analyse (AP H) der Wechselwirkungen zwischen Biodiversität, Kohlenstoffspeicherung und Bewirtschaftung mussten alle zu untersuchenden Parameter im räumlichen Zusammenhang erhoben werden. Dazu diente die Einrichtung von Probekreisen in den ausgewählten Untersuchungsstandorten (AP B. 2). Deren Design (Abb. 3) orientierte sich an der Aufnahmeanweisung für Probekreisinventuren in nordrhein-westfälischen Naturwaldzellen von Wald und Holz NRW (Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen 2021; Meyer et al. 2018). Dies ermöglichte zugleich die im Projekt erhobenen Daten mit denen anderer Inventuren in Beziehung zu setzen. Alle Probekreise wurden mittels GPS eingemessen und ihr Mittelpunkt unterirdisch durch Magnete markiert. So stehen die Standorte auch späteren Untersuchungen noch zur Verfügung. Da diese Herangehensweise bereits im Kernmünsterland in dem Waldklimafondsprojekt „Fit für den Klimawandel“ zur Anwendung kam, wurde hier die Auswahl der Plots spürbar erleichtert. Zudem konnte bei der Einrichtung der Plots auf den Erfahrungen aus diesem Vorhaben aufgebaut werden.

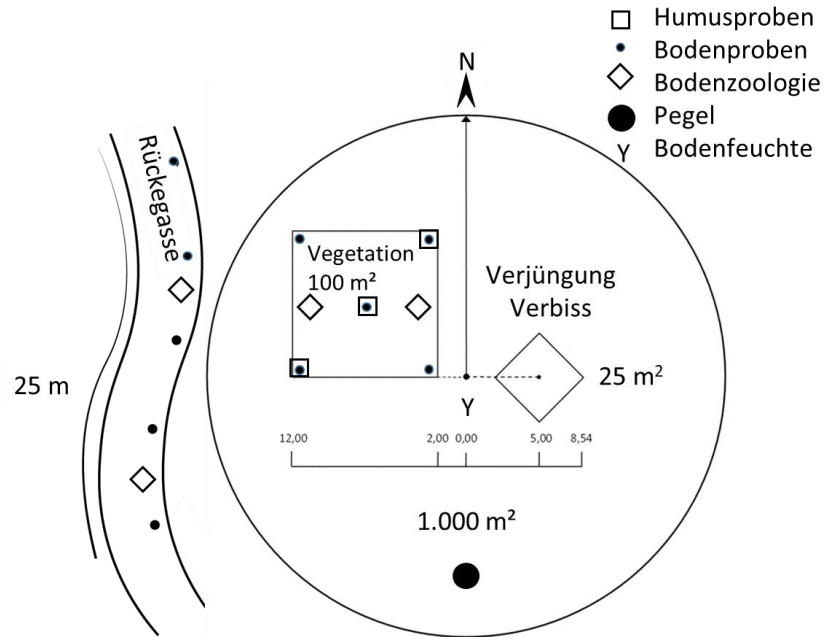


Abb. 3: Probekreisdesign.

AP B.3 - Wald- und vegetationskundliche Aufnahmen Probekreise

Ziel des Projektes ist es die Verknüpfung zwischen der forstlichen Bewirtschaftung, der Biodiversität und der Kohlenstoffvorräte darzustellen. Ein zentrales Element dazu stellt die Berechnung des ForMI, des Index der Bewirtschaftungsintensität, dar (Forest Management Intensity Index, ForMI) (Kahl et al. 2014). Der Index kann Werte zwischen 0 und 3 annehmen. Dabei kennzeichnet ein ForMI von 0 Flächen ohne erkennbare forstliche Nutzung in den zurückliegenden 5 Jahren mit standortheimischer Bestockung und ein Index von 3 eine komplett abgeerntete Fläche mit vormals nicht standortheimischer Bestockung. Um Effekte der Bewirtschaftung herausarbeiten zu können, war es notwendig ein möglichst breites Spektrum unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten abbilden zu können. Damit kam der Auswahl der Probekreise eine besondere Bedeutung zu. Auf allen 200 Probekreisen wurden dazu wald- und vegetationskundlichen Aufnahmen (lebende Bäume, Totholz, Vegetation, Verjüngung & Verbiss) durchgeführt. Die Berechnung der ForMI ergab eine relativ gleichmäßige Werteverteilung, was eine gute Grundlage für die Datenauswertung bot (Abb. 4).

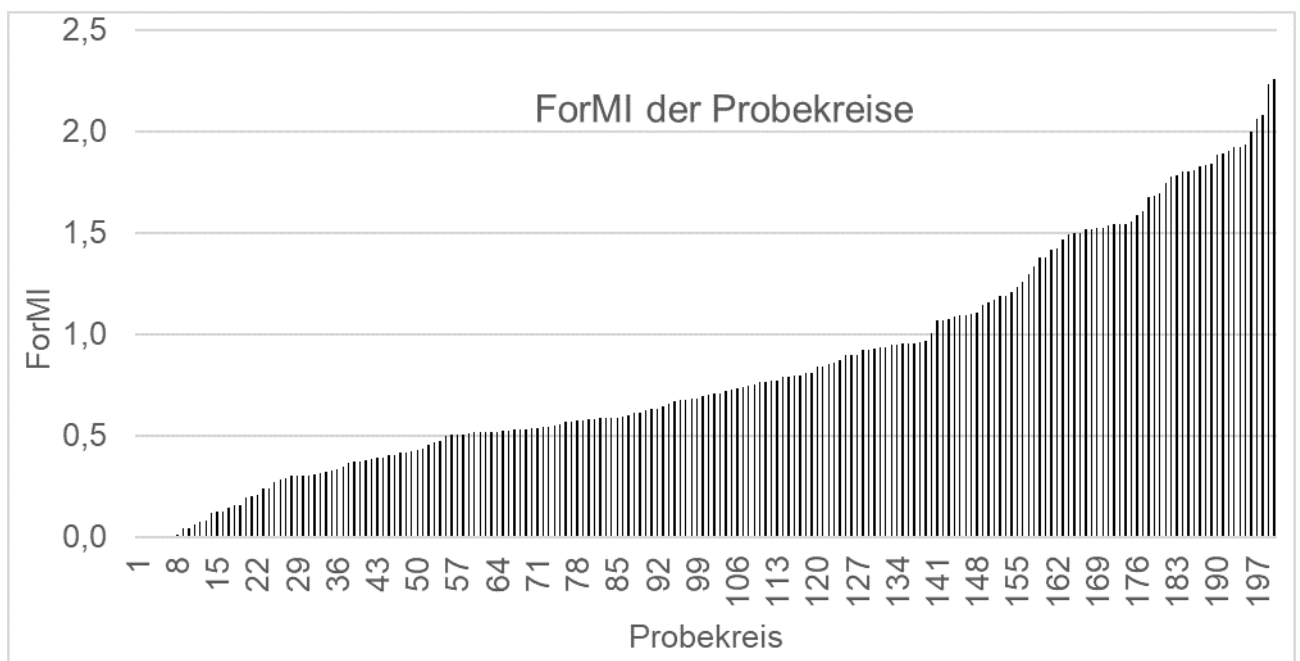


Abb. 4: ForMI der Probekreise.

In der Umgebung von je 21 der 40 forstlich bewirtschafteten Probekreise wurden in jedem der vier Untersuchungsgebiete zudem noch Rückegassen zur Untersuchung ausgewählt, die in unmittelbarer Nähe zu den Probekreisen lagen.

Forstbestände mit unterschiedlichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen bei der Bestandesbegründung wurden ausschließlich im Reichswald identifiziert.

Gemäß der Flächenauswahl stellten die heimischen Eichenarten in den beiden Untersuchungsgebieten im Flachland die häufigste Baumart dar, während dies in den beiden Untersuchungsgebieten im Bergland die Rotbuche ist. In den Buchenwäldern des Berglandes kamen kaum Mischbaumarten vor. Im basenarmen Untersuchungsgebiet war die Rotbuche die wichtigste Mischbaumart, während dies Kernmünsterland Hainbuchen, Birken und Buchen waren.

Die Untersuchungen des Totholzes ergaben durchschnittliche Vorräte von 28 m³/ha über alle Probekreise. Besonders viel Totholz fand sich in nicht mehr bewirtschafteten Waldbeständen. Haupteinflussfaktor auf die Totholzvorräte stellte allerdings das Bestandesalter dar. Gleiches gilt auch für die Menge an besonntem Totholz. Das Vorkommen von stehendem Totholz wurde dagegen vor allem negativ durch einen ansteigenden ForMI beeinflusst.

Die Daten zum lebenden Bestand wurden jeweils auf einer Fläche von 0,1 ha erfasst, die zum Totholz auf einer Fläche von einem Hektar, um einen Bezug zur Diversität der Vögel herstellen zu können. Baum- und Totholzdaten bildeten neben der Berechnung des ForMI auch die Grundlage für die Berechnung der oberirdischen Kohlenstoffvorräte.

Die Vegetation wurde innerhalb einer 10x10-Meter-Fläche erfasst. Die Deckungsgrade der Baumschicht lagen im Mittel über alle Probepunkte bei 77%. Die Strauchschicht war mit durchschnittlich 15% im Untersuchungsgebiet Egge-Vorberge am stärksten ausgeprägt. Die größten Differenzen ergaben sich innerhalb der Krautschicht: Während im Arnsberger Wald durchschnittlich nur 1% bedeckt war, waren dies im Reichswald Kleve 37%. Hier kommt in lichten Eichen- und Kiefernwäldern viel Adlerfarn vor, während die schattenwerfende Buche, die dichte Streuauflage auf saurem Gestein und starker Wildverbiss kaum Vegetation im Arnsberger Wald zulassen. Insgesamt förderten Lichtbaumarten, wie die heimischen Eichenarten, die Vegetationsvielfalt. Die höchsten Gefäßpflanzenartenzahlen fanden sich somit im Kernmünsterland. Die Diversität wird vor allem von den Licht- und Bodenbedingungen beeinflusst und kaum von der Nutzungsintensität. Die Anzahl an Gefäßpflanzen war jedoch generell sehr niedrig, was auch mit der starken Beschattung v.a. in den Buchenbeständen zusammenhängt, sodass hier kein Effekt der Waldnutzung nachgewiesen werden konnte. Rückegassen beeinflussten die Pflanzenartenzahl dagegen positiv, wobei v.a. Ruderalarten und Störungszeiger von der Befahrung profitierten. Arten mit Waldbindung fanden sich hingegen eher in den Beständen.

Die Verjüngung sowie der Verbiss wurden auf einer 5x5-Meter-Fläche erfasst. Auch bei der Verjüngung konnte keine Abhängigkeit zum ForMI festgestellt werden. Die Artenzahl war in Eichenbeständen höher als in dunkleren Buchen- oder Nadelbeständen. Ein Zusammenhang zwischen Wildverbiss und Nutzungsintensität konnte nicht beobachtet werden. Die Auswertungen ergaben hier keine verwertbaren Erkenntnisse.

Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank

Zur Verwaltung aller in dem Projekt entstandenen Untersuchungsergebnisse und möglicher weiterer relevanter Daten, wurde eine Access-Datenbank genutzt (AP C.1). Im Rahmen des bereits abgeschlossenen Waldklimafonds-Projektes „Fit für den Klimawandel“, das 2014 bis 2018 von der NABU-Naturschutzstation Münsterland geleitet wurde, wurden ebenfalls Untersuchungen innerhalb von Probekreisen durchgeführt. Zur Verwaltung der innerhalb der Probekreise erfassten, waldkundlichen Mess- und Metadaten hatte sich bereits eine Access-Datenbank in Verbindung mit dem Programm NWIn bewährt. Ursprünglich wurde dieses System entwickelt, um z.B. Mess- und Metadaten aus Naturwaldinventuren in die zentrale Naturwald-Datenbank der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt zu importieren. Auch für die Datenverwaltung im Projekt „BiCO₂“ sollte dieses System als Grundlage dienen. Zur Anpassung des bestehenden Datenbankmodells an die Ansprüche des Projektes „BiCO₂“ wurde deshalb der Entwickler der ursprünglichen Datenbank kontaktiert und um ein Angebot bezüglich nötiger Anpassungen und Ergänzungen gebeten. Nach Absage des Entwicklers und intensiven Abstimmungen zwischen allen Projektpartnern wurde entschieden, seitens der NABU-Naturschutzstation Münsterland eine vereinfachte Datenbankstruktur zu entwickeln. Diese erfüllte den Zweck, sämtliche erhobenen Daten in einer Datenbank zu verwalten und je nach Fragestellung verschiedene Daten abfragen und exportieren zu können. Außerdem wurde den zahlreichen Projektmitarbeitenden, die die Datenbank genutzt haben, eine relativ einfache Bedienung ermöglicht. Die Nutzung von Daten aus dem abgeschlossenen Projekt „Fit für den Klimawandel“ war problemlos möglich. Hierzu wurden grundlegende Tabellenstrukturen zur Erfassung der wald- und vegetationskundlichen Probekreis-Daten weitestgehend beibehalten.

Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch

Die Berechnung der lebenden und toten Biomasse und deren Kohlenstoffgehalte wurde nach internationalem Standard (UBA 2015) auf allen 200 Plots durchgeführt und basiert auf der Erfassung von über 24.000 Gehölzstrukturen. Dabei zeigten die vier unterschiedlichen Waldgesellschaften nur geringe Unterschiede in den oberirdischen Kohlenstoffvorräten (Abb. 5). Der Anteil des Totholzes an diesen Vorräten war gering. Probekreise mit höherem Bestandesalter wiesen dabei höhere Kohlenstoffvorräte im lebenden Bestand auf.

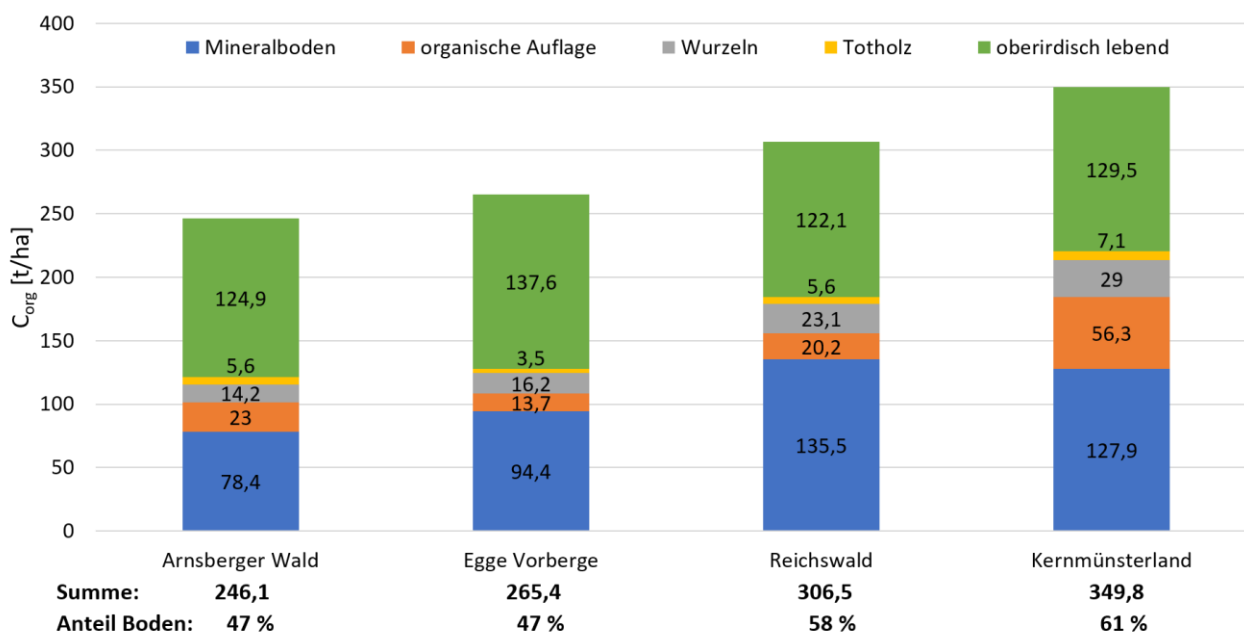


Abb. 5: Ober- und Unterirdische Kohlenstoffvorräte (Mineralboden bis 60 cm Tiefe) in den Untersuchungsflächen von BiCO₂.

Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch

AP E.1 Probekreise Aufnahme und Auswertung

Die Kohlenstoffvorräte in der organischen Auflage (Litter, Of und Oh), sowie in 3 Horizonten des Mineralbodens (0 – 5 cm, 5 – 30 cm und 30 – 60 cm) wurden 2021 im Arnsberger Wald und den Egge Vorbergen und 2022 im Kernmünsterland und am Niederrhein mit einer volumenbezogenen Probenahme und anschließender Laboranalyse der C- und N-Gehalte, sowie der Lagerungsdichten und Skelettgehalte bestimmt. Die Boden-Kohlenstoffvorräte bis in 60 Zentimeter Tiefe des Mineralbodens unterscheiden sich deutlich zwischen den Projektgebieten. Die Boden-Kohlenstoffvorräte bis in 60 cm Tiefe sind mit etwa 100 t C_{org}/ha in den Mittelgebirgsregionen (Arnsberger Wald und Egge Vorberge) aufgrund der hohen Skelettanteile (Steine > 2 mm) deutlich geringer als in den tiefgründigen und skelettarmen Flachlandwäldern im Kernmünsterland und am Niederrhein (185 und 160 t C_{org}/ha) (Abb. 5). Auffallend hoch sind die Vorräte in der organischen Auflage im Kernmünsterland. Hier sind die Böden zu einem großen Anteil von Stauwasser geprägt (Hauptbodentyp: Pseudogley) und durch intensive Feuchtperioden während des Winters und Trockenperioden im Sommer gekennzeichnet. Unter diesen Bedingungen wird der Zersetzungsprozess von organischem Material verlangsamt oder zeitweise unterbrochen, was zur Folge hat, dass sich hier mächtige organische Auflagen anreichern.

Neben der klassischen Kohlenstoffinventur wurden in den Bodenproben aus 0 – 5 cm Mineralbodentiefe umfangreiche bodenphysikalische, -chemische und mikrobiologische Analysen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit den Nutzungsaspekten der untersuchten Wälder verknüpft und ausgewertet. Mit zunehmendem Anteil an Nadelbäumen sinkt der pH-Wert des Bodens, was sich auf das mikrobielle Wachstum und die mikrobielle Aktivität auswirkt: das mikrobielle Wachstum (C_{mik}/C_{org}) ist in Beständen mit hohem Nadelbaumanteil und mächtiger organischer Auflage geringer und das C/N Verhältnis im Boden und in der mikrobiellen Biomasse wird weiter. Gleichzeitig steigt der metabolische Quotient qCO₂, was auf eine gesteigerte Freisetzung von CO₂ aus dem Boden in die Atmosphäre hindeutet, insbesondere in stark bewirtschafteten Waldbereichen.

AP E.2 Rückegassen Aufnahme und Auswertung

Zusätzlich zu den Probekreisuntersuchungen wurden in jedem Untersuchungsgebiet 21 Rückegassen ausgewählt, auf denen bodenphysikalische, -chemische und -mikrobiologische Detailuntersuchungen erfolgten. Neben gebietsübergreifenden Trends, wie höheren Lagerungsdichten und pH-Werten, konnten auch

gebietsabhängige Effekte nachgewiesen werden (Abb. 6). Rückegassen wirkten sich in den untersuchten Mittelgebirgswäldern weitaus drastischer aus als in den Wäldern des Flachlandes. In den Rückegassen der Mittelgebirgsstandorte verschob sich die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft von Pilzen hin zu mehr Bakterien. Die mikrobielle Gesamtaktivität erhöhte sich, was zu einem schnelleren Kohlenstoffumsatz und erhöhten CO₂-Verlusten aus dem Boden durch mikrobielle Atmung führte. Dazu tragen sicherlich auch die Faktoren Licht und Wärme bei. Rückegassen werden deutlich weniger durch Bäume überschirmt; gleichzeitig ist der Anteil an Offenboden höher. Mehr Sonnenlicht erreicht den Boden und erwärmt ihn. Das wiederum beschleunigt die Reaktionsraten und die Abbauprozesse. In den Tieflandwäldern waren die Auswirkungen von Rückegassen insgesamt geringer. Unabhängig von regionalspezifischen Auswirkungen wurde der relative Anstieg der Lagerungsdichte des Feinbodens als wichtiges Merkmal identifiziert, das die Auswirkungen von Rückegassen auf viele Bodenparameter bestimmt, was sich in negativen Korrelationen mit Corg, N, Cmic, Nmic, Pmic, Cmic/Corg und CO₂/Corg und positive Korrelationen mit den Aktivitäten bestimmter hydrolytischer Enzyme widerspiegelt.

Einfluss von Rückegassen auf Bodenparameter

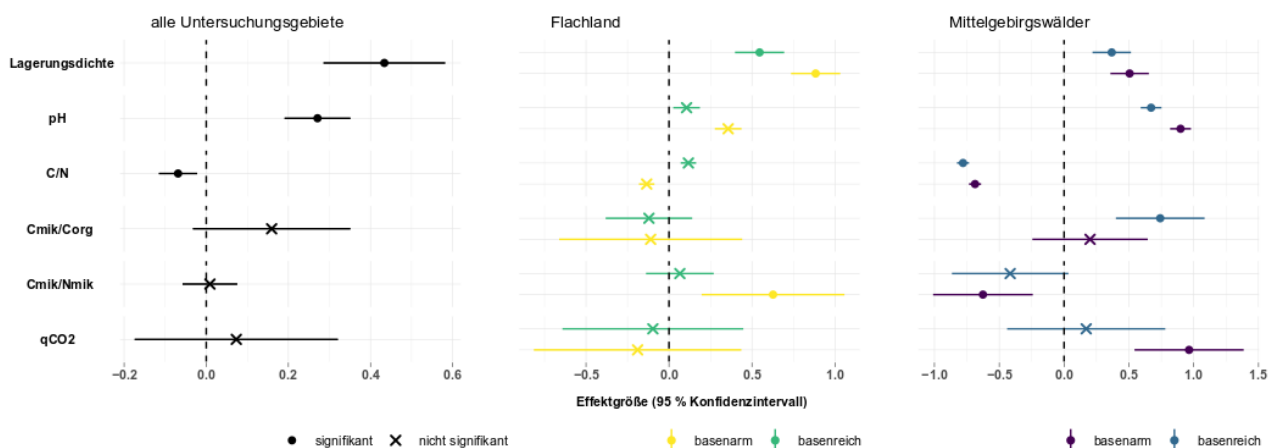


Abb. 6: Die Grafiken zeigen den Effekt der Befahrung auf untersuchte Bodenparameter. Eine Effektstärke von 0 bedeutet keinen Effekt, ein negativer Wert zeigt eine Verringerung auf der Rückegasse im Vergleich zum ungestörten Bestand, während ein positiver Wert höhere Werte auf der Rückegasse im Vergleich zur Kontrollfläche darstellt. Klein-Raufhake et al. 2024, AFZ 21/2023

AP E.3 Bodenvorbereitung Aufnahme und Auswertung

Nach umfangreicher Recherche und Flächensuche wurden die Probekreise in Beständen mit vorausgegangener Bodenbearbeitung bei Bestandsbegründung am Niederrhein durchgeführt. Bei den untersuchten Flächen handelte es sich um neun der 50 Probepunkte im Untersuchungsgebiet, in allen Fällen um bewirtschaftete Eichenbestände der Alterskategorie mittel (40-80 Jahre). Zusätzlich wurden drei weitere Probepunkte in der gleichen Altersklasse als Referenz-Probekreise ausgewählt. Die 9 ehemals gepflügten Flächen wurden verglichen mit 9 nicht-gepflügten Flächen derselben Altersklasse. Der pH-Wert des mineralischen Oberbodens war auf gepflügten Flächen tendenziell höher. Signifikante Pflugeffekte ließen sich in engeren C/N Verhältnissen im Mineralboden sowie in der mikrobiellen Biomasse nachweisen, sowie in erhöhten Gehalten an Phosphor (sichtbar sowohl im Gesamtphosphor, pflanzenverfügbarem Phosphat, sowie im Phosphor in der mikrobiellen Biomasse) und höheren Gehalten an Nitrat und Ammonium in ehemals gepflügten Waldböden.

Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch

AP F.1 Mikrohabitate Erfassung und Auswertung

Die Baum-Mikrohabitate wurden in allen Probekreisen nach Larrieu et al. (2018) erhoben. Einige dieser Strukturen, wie beispielsweise großvolumige Stammhöhlungen, setzen einen Mindestdurchmesser bei den Baumstämmen voraus und benötigen auch Zeit zur Entstehung. Zudem werden Bäume mit zunehmendem Alter anfälliger für Schäden und Erkrankungen, was auch die Zahl und Vielfalt an Mikrohabitaten erhöht. Diese Prozesse ließen sich auch in BiCO₂ nachweisen. Insgesamt nahm die Anzahl und Vielfalt der Mikrohabitate mit abnehmendem ForMI zu. Zudem unterschieden sich die Mikrohabitate je nach Baumart. Eichenbestände entwickelten mehr Mikrohabitate als die Nadelholzbestände und in Buchenbeständen fanden sich am wenigsten. Dabei prägten die Laubgehölze andere Mikrohabitatstypen aus als Nadelgehölze.

AP F.2 Waldentwicklungsphasen Erfassung und Auswertung

Die Waldentwicklungsphasen (WEP) wurden auf allen 200 Probekreisen nach einer etwas vereinfachten Methode von Winter (2005) erfasst. Insgesamt konnte eine große Dominanz von mittlerer und später Optimalphase in den Untersuchungsflächen festgestellt werden. Mit durchschnittlich 2,5 verschiedenen WEP (von 8 möglichen) sind die Probepunkte zudem vergleichsweise homogen. Zu den strukturreichsten Beständen gehörten ältere Buchenwälder im Übergang zur Zerfallsphase in Wildnisentwicklungsgebieten sowie Nadelbestände mit abgängigen Fichten. Ein Einfluss des ForMI auf die Vielfalt an WEP oder deren Diversität konnte nicht festgestellt werden, da sowohl strukturreiche intensiv genutzte als auch nicht genutzte Bestände vorkamen. Mit zunehmendem Bestandesalter nahm jedoch die Vielfalt der WEP zu.

Für die Wirtschaftswälder wäre es daher förderlich mehr Dynamik zuzulassen. Die Schaffung von Lücken bei Förderung und Schutz der Naturverjüngung und wenn notwendig, die Einbringung von Mischbaumarten, führt zu einer Diversifizierung der WEP innerhalb der Forstbestände. Die so erhöhte Strukturvielfalt steigert die ökologische Funktionalität und die Eignung des Waldes als Lebensraum für eine Vielzahl an Artengruppen.

AP F.3 Brutvögel Erfassung und Auswertung

Die Aktivitätsräume der allermeisten Vogelarten übertreffen die Größe der Probekreise als Bezugsraum aller Untersuchungsparameter. Daher wurde, ausgehend vom Mittelpunkt der Probekreise ein Radius von 50 m zur Aufnahme revieranzeigenden Verhaltens der Vögel für eine Punktkartierung verwendet. Wie Abb. 7 zeigt, erlaubt die Betrachtung der Gesamtabundanz der Vögel, genauso wie auch ihre Artenvielfalt, keine Aussage zu Abhängigkeiten vom ForMI. Dies war in gegenläufigen Verhalten der einzelnen Vogelarten begründet.

Betrachtet man das Nestbauverhalten und die Nahrungssuchstrategien genauer, zeigt sich ein eine Änderung der Artenzusammensetzung entlang des Nutzungsgradienten. Während in Probekreisen naturnaher Entwicklung in älteren Beständen (Probekreise mit niedrigem ForMI) Arten, die ihre Nester in Höhlungen bauen und ihre Nahrung an Stämmen suchen, häufiger sind, nimmt die Individuenzahl von Arten, die ihre Nester in Sträuchern bauen und ihre Nahrung in der Vegetation suchen, mit steigender Nutzungsintensität eher zu. Dies hängt damit zusammen, dass Flächen mit niedrigem ForMI oft typische Buchenhallenwälder mit alten, dicken Bäumen aber weniger Unterwuchs darstellten, wohingegen in Flächen mit mittlerer und hoher Nutzung oft eine strukturreichere Strauchschicht vorhanden war. Letztlich bestimmte also die Bestandesstruktur die Artenzusammensetzung.

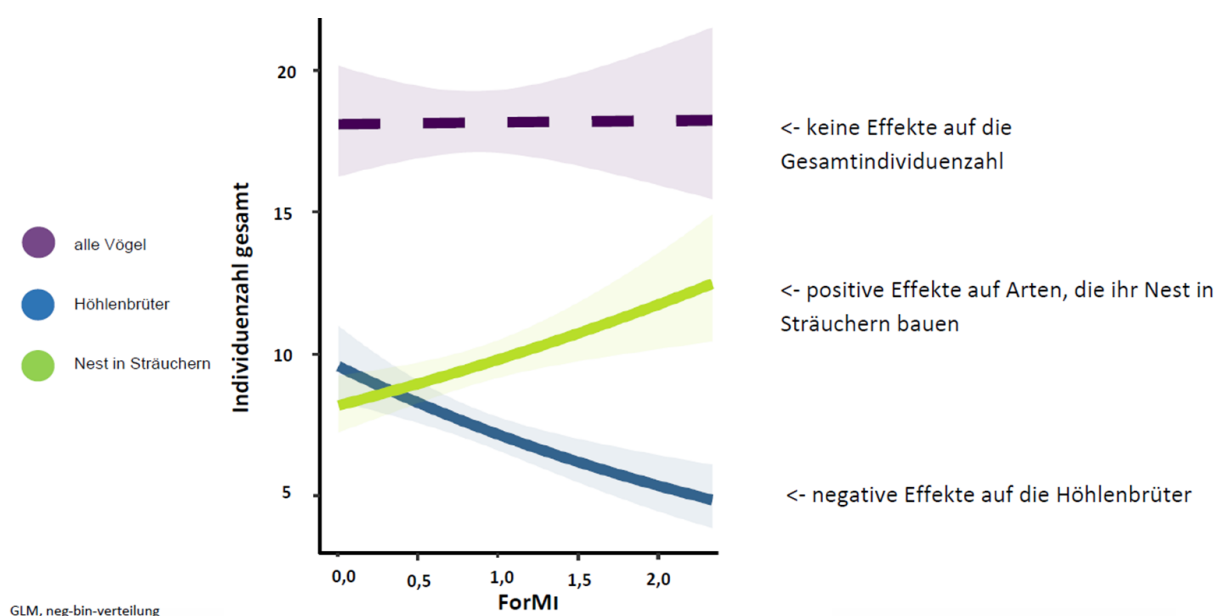


Abb. 7: Beziehung zwischen ForMI und Abundanz der Vögel.

AP F.4 Käfergemeinschaften Erfassung und Auswertung

Die Käfererfassung wurde entgegen der ursprünglichen Planung massiv ausgeweitet. So wurden im Arnsberger Wald, in der Egge und im Kernmünsterland alle 50 Plots, im Reichswald 28 Plots beprobt. Die Erfassung erfolgte für jeden Probekreis mit einer Kreuzfensterfalle (60 * 40cm), installiert im Halbschatten und zwei Bodenfallen im Abstand von 10m. Auch hier konnte, wenn man die Gesamtartenzahl oder Gesamtindividuenzahl betrachtet, keine Abhängigkeit vom ForMI abgeleitet werden. Zunächst ist zudem

festzustellen, dass sich die Käfercommunity zwischen den Gebieten (v.a. Bergland vs. Flachland) stark voneinander unterscheiden, was v.a. an klimatischen Aspekten und den dominierenden Baumarten liegt. Die ökologischen Ansprüche der Arten beeinflussen die Empfindlichkeit gegenüber Waldnutzung und Waldstruktur. Carnivore und detritivore Arten werden hinsichtlich Individuen- oder Artenzahl kaum von der Waldnutzung beeinflusst. Totholz bewohnende Arten zeigte sich dagegen sensitiver gegenüber der Waldstruktur. So stieg die Individuenzahl mit der Anzahl an Mikrohabitaten an, nahm aber gleichzeitig mit zu starker Beschattung, also zu dichtem Kronenschluss ab. Die Artenzusammensetzung zwischen den jeweiligen Flächen wurde allerdings maßgeblich von der vorherrschenden Baumart geprägt. In gewissem Maße tragen auch Strukturparameter, wie etwa Totholzvolumen und Mikrohabitats zu Unterschieden in der Artenzusammensetzung bei. Der ForMI allein spielt hier keine nennenswerte Rolle.

AP F.5 Flechten und Moose Erfassung und Auswertung

Flechten profitierten v.a. von alten Beständen und wurden von Eichen generell positiv beeinflusst. Nadelbestände hatten hier klar negative Effekte. Moose zeigten entlang des Waldnutzungsgradient eine Änderung der Artenzusammensetzung, die v.a. von dem von den Moosarten bevorzugten Wachstumssubstrat bzw. der dominierenden Baumart und damit von verfügbaren Strukturen und pH-Wert der Borke bzw. der Streu geprägt wurde.

Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch

AP G.1 Regenwürmer Erfassung und Auswertung

Die Abundanz der nachgewiesenen Regenwürmer erwies sich auch für Waldstandorte als auffällig gering. Die lang anhaltenden Trockenperioden in den Vorjahren und selbst in den Untersuchungs Jahren erschwerten die Probenahmen. Diese wurden wiederholt terminlich verschoben, um in feuchtere Perioden zu gelangen und höhere Abundanzen nachweisen zu können. Zudem wurden in den Oberböden derart geringe pH-Werte festgestellt, die viele Regenwurmart keine geeigneten Habitate mehr vorfanden. Insbesondere die für die Bioturbation in den Böden besonders bedeutsamen tiefgrabenden Arten waren nur auf wenigen Standorten in den Egge-Vorbergen zu finden, die sich durch basenreiches Ausgangsgestein auszeichneten. Da die Befahrung in den Rückegassen eine leichte Anhebung des pH-Wertes zur Folge hatte, zeigte sich auch eine Erhöhung der Regenwurmabundanz in diesen Habitaten im Vergleich zu den nicht befahrenen Beständen.

AP G.2 Springschwänze Erfassung und Auswertung

Die Springschwänze gelten als weniger empfindlich gegenüber niedrigen pH-Werten als die Regenwürmer. Sie konnten in allen 200 Plots in hoher Zahl nachgewiesen werden. Insgesamt wurden knapp 80.000 Tiere bewertet. Dabei war deren Häufigkeit in den organischen Auflagen signifikant höher als im mineralischen Boden. Da insbesondere die endogäischen Arten auf ein hinreichendes Angebot an Grobporen im Boden angewiesen sind, waren deren Abundanzen auf den Rückegassen geringer als in den Beständen. Zugleich waren jedoch ausgeprägt hygrophile Arten signifikant häufiger in den Rückegassen. Die höhere Bodendichte verursachte in einigen Rückegasse einen längeren Wasserstau und begünstigte so diese Arten. In einer dieser Rückegassen im Arnsberger Wald konnten im Rahmen der Collembolen-Erfassung sogar Copepoden (Ruderfußkrebse) nachgewiesen werden.

In den Beständen war ein klarer signifikanter Zusammenhang der Springschwanzabundanz vom ForMI nur in der Schwerpunktregion Niederrhein erkennbar, in der Tendenz nahmen die Abundanzen jedoch in allen Regionen mit abnehmendem ForMI zu. In nicht bewirtschafteten Beständen konnten auch Arten belegt werden, die ausschließlich hier vorkamen. Die Artzusammensetzung zwischen bewirtschafteten und unbewirtschafteten Forstbeständen unterschied sich also. Auch war auffällig, dass der Anteil an Proben mit besonders geringen Springschwanzabundanzen signifikant höher in Beständen mit Nadelgehölzen und auch in den Rückegassen ausfiel.

Im Vergleich der vier Schwerpunktregionen unterschied sich hinsichtlich der Artzusammensetzung insbesondere der Niederrhein von den anderen drei Regionen. Ausschlaggebend scheint hier insbesondere die Bodenart zu sein. So konnten mehrere psammophile Arten hier nachgewiesen werden, während die an den anderen drei Standorten häufige Art *Ceratophysella denticulata* fehlte.

Arbeitspaket H: Ergebnissynthese

AP H.1 Datengrundlage der Synthese Zusammenführung

Für sämtliche erfassten Parameter lagen die ersten Messwerte etwa ab Mitte 2021 vor und wurden sukzessive ergänzt. Die Daten wurden von Teilprojekt 1 in der Projekt-Datenbank (AP C) zusammengeführt. Aus den waldkundlichen Erhebungen (AP B3) wurde das Holz- und Totholzvolumen berechnet und zusammen mit weiteren erhobenen Kenngrößen sowohl der ForMI errechnet, als auch der oberirdische Kohlenstoffvorrat abgeleitet. Aus den im AP F erhobenen Abundanzen und Artzahlen wurden Kennzahlen der Diversität errechnet und zur Multidiversität verschnitten. Auf Grund der Komplexität der Wechselbeziehungen zwischen Kohlenstoffspeicherung und den so unterschiedlichen Organismengruppen und ihrer diversen ökologischen Gruppen konnten hier keine statistisch abgesicherten Erkenntnisse aufgezeigt werden. Wesentliche Ergebnisse wurden in den jeweiligen APs (AP B3, D-G) dargestellt.

AP H.2 Statistische Datenanalyse und Synthese der Ergebnisse

Die Kohlenstoffvorräte im Boden werden zunächst durch standörtliche Bedingungen (Skelettgehalt im Mineralboden oder Staunässeereignisse) beeinflusst, d.h. die Bewirtschaftung hat einen eher geringen Einfluss. Allerdings findet sich in nadeldominierten Beständen mehr C in der Streu (schlecht zersetzbare Nadeln, Speicherung eher labil), wohingegen Laubbäume einfacher zersetzbare Streu liefern, die leichter zersetzt und langfristig im Mineralboden gespeichert werden kann. Das Alter der Gehölze (und in unserem Fall damit einhergehend auch Reduktion der Waldnutzung) beeinflusst die oberirdischen Kohlenstoffvorräte in lebenden Bestand positiv. Auch durch tiefwurzelnde Laubbäume wurde Kohlenstoff in den mineralischen Boden verlagert und ergänzt so den langfristig stabilen Kohlenstoffspeicher.

Während Vögel und Käfer sowie die Moose entlang des Waldnutzungsgradienten v.a. eine Änderung der Artenzusammensetzung zeigten, reagierten Flechten v.a. auf die Baumartenwahl. Die Indikatorwirkung von Gefäßpflanzen darf eher als vernachlässigbar angesehen werden.

AP H.3 Entwicklung Bewertungsmatrix

Im Rahmen des Projekts wurde im Februar 2023 ein Expertenworkshop zur Erstellung der Bewertungsmatrix durchgeführt. Daran nahmen 13 projektexterne Vertreter*innen teil, mit großer Präsenz der Forstpraxis. Auch bei anderen Wissenstransferveranstaltungen wie Fortbildungen und Vortragsveranstaltungen wurde der Entwurf einer Bewertungsmatrix mit den Teilnehmenden aus der Forstpraxis diskutiert. Dabei ergab sich einer Weiterentwicklung zu einer Broschüre aufgrund der besseren Praxistauglichkeit. Diese erfüllt den gleichen Zweck und orientiert sich verstärkt an den Bedürfnissen der Zielgruppe. Die Broschüre hat das Ziel die Biodiversität und die Kohlenstoffspeicherung noch mehr in die forstliche Bewirtschaftung zu integrieren. Dort enthalten sind 17 forstliche Handlungsoptionen und deren Auswirkungen auf die Kohlenstoffspeicherung und die Biodiversität. Zudem werden auch konkrete Empfehlungen zur Umsetzung im Wald und Fördermöglichkeiten aufgezeigt. Die Handlungsoptionen wurden im Laufe des letzten Projektjahres erarbeitet und bereits auf zwei Fortbildungsveranstaltung und der Abschlusstagung vorgestellt. Die Broschüre wird nach der finalen Bearbeitung auch auf der Projekthomepage bereitgestellt werden.

AP H.4 Erprobung Bewertungsmatrix

Die Handlungsoptionen wurden auf zwei Fortbildungsveranstaltungen im Rahmen des Forstlichen Bildungsprogramms von Wald und Holz NRW, bei zwei Regionalforstämtern von Wald und Holz NRW und bei der Abschlusstagung vorgestellt. Eine Erprobung fand zudem bei der Exkursion der Abschlusstagung in Münster statt. Dort wurde an einer Station am Beispiel einzelner Maßnahmen eine mögliche Umsetzung im Wald simuliert.

Arbeitspaket I: Transfer

Der Austausch des Projektes mit den unterschiedlichen Zielgruppen begann bereits zu Beginn des Vorhabens mit der Vorstellung der Projektidee bei den Waldbesitzern, bzw. den zuständigen Forstämtern, da deren Daten und Ortskenntnisse bei der Auswahl der Untersuchungsflächen benötigt wurden. Im Laufe des Projektes wurde der Kreis der Ansprechpartner kontinuierlich erweitert und erreichte zum Ende des Projektes mit der Veröffentlichung der Projektergebnisse seinen Höhepunkt.

AP I.1 Ansprache Stakeholder

Beginnend im zweiten Projektjahr wurden zahlreiche Veranstaltungen zur Ansprache verschiedener Stakeholder durchgeführt. Von Sommer bis Frühherbst 2022 wurden je eine Exkursion für Waldbesitzende und Forstpraktiker in die vier Projektgebiete Arnsberger Wald, Egge-Vorberge, Reichswald Kleve und Kernmünsterland durchgeführt (Abb. 8). Diese wurden jeweils mit den Regionalforstämtern vor Ort durchgeführt und erreichten in Summe knapp 100 Personen. Diskussionen und ein angeregter Austausch zwischen der Fortpraxis und dem Projektteam führte auch zum Erkenntnisgewinn beim weiteren Vorgehen des Projekts in den Bereichen praxisnahe Wissensvermittlung, Öffentlichkeitsarbeit und Datenauswertung. Auch innerhalb von Wald und Holz NRW wurde das Projekt bei zahlreichen Dienstbesprechungen und Bereisungen vorgestellt. Zudem wurde eine einer Informationsveranstaltung für Behördenvertreter aus NRW durchgeführt (40 Teilnehmende).



Abb. 8: Exkursion für Waldbesitzende im Untersuchungsgebiet Kernmünsterland

2023 wurde zudem eine vierteilige Veranstaltungsreihe mit dem Titel „Multitalent Wald?!“ zu den Schwerpunktthemen Kohlenstoff-Speicherung, Bodenökologie, Biodiversität und einer praktischen waldbaulichen Martelloskop-Übung durchgeführt. Auf besonders großes Interesse stieß die Veranstaltung „Wald als Klimaschützer – Kohlenstoff-Speicherung im Wirtschaftswald“. Insgesamt nahmen 100 Waldbesitzende und –Interessierte an der Veranstaltungsreihe teil. Bei den Veranstaltungen gelang es stets verschiedene Interessengruppen zusammenzubringen und einen sachlichen, faktenbasierten Austausch zu fördern.

Die Projektpartner waren zudem auf zahlreichen anderen nationalen und internationalen Tagungen und Kongressen mit Vorträgen präsent, u. a. bei der Forstwissenschaftlichen Tagung 2023 in Dresden, der KWF-Tagung 2024 in Schwarzenborn, der GfÖ-Jahrestagung 2022 in Metz (zusammen mit der sfe2 und der eef) und 2023 in Leipzig, bei der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 2022 in Trier und 2023 in Halle, sowie dem Waldklimafondskongress 2022 in Göttingen. Zudem war das Projekt bei zahlreichen weiteren Tagungen in Form von Posterausstellungen präsent. Bei kleineren Veranstaltungen wurde das Projekt mehrfach vorgestellt, z.B. beim regelmäßigen Treffen der Naturschutzverbände NRW mit Wald und Holz NRW oder bei einer regionalen Klimawoche im Projektgebiet Münsterland gemeinsam mit der Waldbauernverbandsgruppe als Exkursion mit anschließender Diskussionsrunde.

AP I.2 Schulung Multiplikatoren

Im Rahmen des Forstlichen Bildungsprogramms von Wald und Holz NRW wurden 2023 eine Fortbildung zum Thema „Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis“ durchgeführt. Die eintägige Veranstaltung begann mit einer theoretischen Einführung und endete mit einer Exkursion im Arnsberger Wald (Abb. 9), wo die Erkenntnisse anschaulich im Waldbestand vermittelt und diskutiert werden konnten. Die Fortbildung stieß auf so großes Interesse, dass sie 2024 erneut durchgeführt wurde. Insgesamt nahmen über 40 Personen teil.



Abb. 9: Exkursion während der Fortbildung im Rahmen des Forstlichen Bildungsprogramms im Untersuchungsgebiet Arnsberger Wald

AP I.3 Anwendungsoptionen forstliche Förderung

Sowohl in dem Expertenworkshop als auch bei der Abschlusstagung wurde mit den Teilnehmenden über Anwendungsoptionen forstlicher Förderung diskutiert. Einbezogen wurde auch der beim Ministerium für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen zuständige Referent für forstliche Förderung, der einen Workshop leitete. In der Broschüre zu den Handlungsoptionen wurden Hinweise auf bestehende Fördermöglichkeiten von Maßnahmen, die zur Förderung der Kohlenstoffspeicherung und der Biodiversität im Wald beitragen, eingebaut.

AP I.4 Öffentlichkeitsarbeit allgemein

Zur Öffentlichkeitsarbeit wurde ein Projektlogo entwickelt, eine Projekthomepage (www.bico2.de) eingerichtet, ein Projektflyer, sowie weitere Flyer zur Bewerbung von Veranstaltungen erstellt. In Pressemitteilungen, über die Homepage und über die gezielte Ansprache von Multiplikatoren wurden die im Projekt durchgeführten Veranstaltungen intensiv beworben.

Während sich die meisten Veranstaltungen vor allem an Waldbesitzende und Forstpraktiker richteten, fanden im Sommer 2023 auch jeweils eine Exkursion in die vier Projektgebiete für die Öffentlichkeit statt. Diese wurden zielgruppengerecht über andere Kanäle, z.B. Lokalzeitungen, beworben. Auf das größte Interesse stieß die Exkursion im Reichswald Kleve, an der 30 Personen teilnahmen.

AP I.5 Veröffentlichungen, Tagung

Im Rahmen des Projektes sind zahlreiche Veröffentlichungen entstanden (vollständige Liste siehe Kapitel 4). Diese reichen von einem Schwerpunkt in der an die Forstpraxis gerichtete Zeitschrift "AFZ-Der Wald" mit 6 Beiträgen über insgesamt 18 Seiten über eine Veröffentlichung im Portal "Waldwissen", zahlreiche Bachelor- und Masterarbeiten an der Universität Münster, Posterbeiträge und Vorträge bei nationalen und internationalen Fachtagungen aus den Bereichen Forstwirtschaft, Naturschutz, Boden u. a. hin zu Artikeln im englischsprachigen Journal of Applied Ecology.

Im November 2021 wurde das BiCO₂-Projekt einer breiten Öffentlichkeit und den unterschiedlichen Stakeholdergruppen auf einer Hybridveranstaltung mit über 80 Teilnehmende vorgestellt. Ein früherer öffentlichkeitswirksamer Projektstart war aufgrund der Pandemiesituation nicht möglich gewesen.

Im November 2023 fand dann ebenfalls in Münster eine zweite Fachtagung des Projekts unter dem Titel „Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung“ statt (Abb. 10). Diese erstreckte sich über 3 Tage und endete mit einer Exkursion mit verschiedenen Schwerpunkten zu Handlungsoptionen, Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung im Boden. Insgesamt nahmen rund 160 Personen in Präsenz teil.



Abb. 10: Abschlusstagung des BiCO₂-Projektes in Münster

Projektmitarbeiter traten auf zahlreichen Fachtagungen und im Gespräch mit unterschiedlichen Stakeholdern auf:

- GfÖ-Jahrestagung Leipzig, September 2023
- Tagung der Fachgruppe Spechte der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft e.V., Nationalpark Hainich, 31.3.-02.04. 2022
- Module on International Nature Conservation (MINC) 2023; Vilm, 26. 02. - 04. 03. 22
- GfÖ-Jahrestagung, Metz, 21.-25.11.22
- 6. Treffen des Netzwerks Renaturierung, Osnabrück, 2022
- FNR – Waldklimafondskongress; Göttingen, 11.-12.10.22
- 9. Grüne Artenschutzkonferenz Wasser-Hitze-Artenschutz, Hilstrup, 06. 05. 2022.
- 21. Vilmer Sommerakademie, Vilm, 30. 05. – 03. 06. 2022
- 50 Jahre Naturwaldzellen – Nordrhein-Westfalen. 03. – 04. 05.2022
- Tagung der DBG, Trier. 2022
- Tagung der DBG, Halle (Saale); 2023.
- Forstwissenschaftliche Tagung, Dresden. 2023
- Klimaschutzwoche Ascheberg, öffentliche Exkursion gemeinsam mit Waldbauernverband, 20.09.23
- Waldbodenkolloquium, Geologischer Dienst NRW. 2024
- 18. KWF-Tagung, Schwarzenborn. 2024

2. Verwertung

a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Im Rahmen des Projektes erfolgten keine Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen.

b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Die im Projekt gewonnen Erkenntnisse, insbesondere die Broschüre zu Handlungsoptionen, sollen die Forstpraxis dazu anregen die Kohlenstoffspeicherung und die Biodiversität in bewirtschafteten Waldbeständen mit zu berücksichtigen. Die von diesen Optionen ausgehenden Empfehlungen zielen auch darauf ab Wälder mit ihren zahlreichen – auch wirtschaftlichen – Funktionen langfristig in Zeiten des Klimawandels zu erhalten.

c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Im Projekt wurden viele Erkenntnisse zur Auswirkung der Waldbewirtschaftung auf die Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung gewonnen. Neben zahlreichen Waldbesitzern, anderen Forstpraktikern, Politikern und anderen Stakeholdern fand im Projekt auch ein stetiger Austausch mit anderen Projekten und Forschungseinrichtungen statt, darunter NW-FVA, Uni Göttingen, LANUV und Thünen-Institut für Waldökosysteme. Insbesondere durch das Teilprojekt 2 wurden die Projektergebnisse an der Universität Münster durch zahlreiche Bachelor- und Masterarbeiten, die Integration in Lehrveranstaltungen sowie gemeinsame Veröffentlichungen mit den Projektpartnern breit gestreut.

d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die Projektpartner können zukünftig bei Veranstaltungen des Wissenstransfers und der Öffentlichkeitsarbeit weiterhin auf die Projektergebnisse, insbesondere der Broschüre zu forstlichen Handlungsoptionen, hinweisen. Insbesondere Wald und Holz NRW kann deren Anwendung im Privat-, Kommunal- und landeseigenen Staatswaldes, vor allem aber in der Betreuung des Privatwaldes bewerben.

Zukünftige Projekte, Abschlussarbeiten oder Veröffentlichungen können zudem an der Universität Münster auf den im Rahmen des BiCO₂-Projektes gewonnenen Erkenntnissen aufbauen.

Die 200 Probepunkte sind als GPS-Punkte sowie zusätzlich mit im Boden vergrabenen Magneten dauerhaft markiert (AP B). Die Möglichkeit für zukünftige Untersuchungen einzelner Parameter oder Teilbereiche bis hin zu einer kompletten Wiederholungsaufnahme und der Erstellung von Zeitreihen ist so grundsätzlich gewährleistet. Dass dies auch in Praxis funktioniert, zeigen die Untersuchungen im Waldgebiet Kernmünsterland. Für die dortige Flächenauswahl konnte auf das bereits zuvor im Waldklimafonds umgesetzte Verbundvorhaben „Fit für den Klimawandel“ (2014 – 2018) zurückgegriffen werden. Einzelne Plots, die ebenfalls in das Untersuchungskonzept von BiCO₂ passten, konnten hier reintegriert werden. Auch die Daten der vielfältigen untersuchten Parameter sind in eine Datenbank eingeflossen (AP C).

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

Die Ziele des Vorhabens sowie die im Antrag aufgeführten Verwertungsoptionen wurden vollumfänglich erreicht. Dank der bewilligten Mittelverschiebungen war es sogar möglich statt der ursprünglich geplanten Erhebung der Käferfauna auf 24 Plots, diese auf 178 Plots auszudehnen. Dadurch gelang es auch die Käferdaten in die Ergebnissynthese mit einfließen zu lassen.

3. Erkenntnisse von Dritten

Die Projektpartner befanden sich während allen Projektphasen in Austausch mit anderen Forschungsprojekten und –Einrichtungen (s.a. Kapitel 2 c). Anknüpfungspunkte gab es beispielsweise mit dem WABI-Projekt (Einfluss der Waldbewirtschaftung auf die Biodiversität in Wäldern) der NW-FVA und der Universität Göttingen. Der Austausch ergab keinen Änderungsbedarf bei der Methodik oder dem generellen Vorgehen im BiCO₂-Projekt.

4. Veröffentlichungen

Im Rahmen des BiCO₂-Projektes wurden zahlreiche Veröffentlichungen erstellt, darunter für die Forstpraxis relevante Zeitschriften, wie z.B. die AFZ, Artikel in internationalen Fachzeitschriften, Vorträge, Posterbeiträge und studentische Abschlussarbeiten.

Übersicht der Veröffentlichungen:

Zeitschriften

Klein-Raufhake, T., Hölzel, N., Schaper, J. J., Hortmann, A., Elmer, M., Fornfeist, M., Linnemann, B., Meyer, M., Rentemeister, K., Santora, L., Wöllecke, J., & Hamer, U. (2024). Severity of topsoil compaction controls the impact of skid trails on soil ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 00, 1–12. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14708>

Santora, L., Schaper J. (2023): Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung. *Naturzeit* 40, 28.

Wöllecke, J., Linnemann, B. (2021): BiCO₂-Forschungsprojekt zu Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität im Wald. *Naturzeit* 37, 31.

AFZ-Der Wald (6 Beiträge in der Ausgabe 21/2023)

Wöllecke, J.; Elmer, M.; Hamer, U.; Hölzel, N.; Linnemann, B. (2023). BiCO₂ - Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern. AFZ-Der Wald 21: 12-13.

Santora, L.; Fornfeist, M.; Wöllecke, J.; Elmer, M. (2023). Einfluss der Waldbewirtschaftung auf die Strukturvielfalt. AFZ-Der Wald 21: 14-16.

Klein-Raufhake, T.; Schaper, J.; Hölzel, N.; Hamer, U. (2023). Einfluss der Waldbewirtschaftung auf bodenökologische Prozesse. AFZ-Der Wald 21: 17-20.

Hamer, U.; Klein-Raufhake, T.; Meyer, M.; Schaper, J.; Rentemeister, K. (2023). Kohlenstoffspeicherung in Wäldern Nordrhein-Westfalens. AFZ-Der Wald 21: 21-23.

Meyer, M.; Schaper, J.; Santora, L., Wöllecke, J., Hölzel, N. (2023): Effekte der Waldbewirtschaftung auf die Biodiversität. AFZ-Der Wald 21: 24-27.

Fornfeist, M.; Elmer, M.; Hamer, U.; Linnemann, B. (2023). BiCO₂-Projekt: Handlungsempfehlungen für die Forstpraxis. AFZ-Der Wald 21: 28-29.

Natur in NRW (2 Beiträge in der Ausgabe 2/2024)

Linnemann, B.; Elmer, M.; Meyer, M.; Santora, L.; Wöllecke, J. (2024). Wirkung der Waldnutzung auf Biodiversität und Strukturvielfalt. Natur in NRW 2: 9-13.

Klein-Raufhake, T.; Schaper, J.; Fornfeist, M.; Hölzel, N.; Hamer, U. (2024). Wirkung der Waldnutzung auf Bodenökologie und C-Speicherung. Natur in NRW 2: 14-18.

Waldwissen.net

Fornfeist, M.; Elmer, M.; Linnemann, B.; Hamer, U.; Hölzel, N.; Klein-Raufhake, T.; Meyer, M.; Santora, L.; Schaper, J.; Wöllecke, J. (2024). Einfluss der Waldbewirtschaftung auf die Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung. (<https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/klima-und-umwelt/einfluss-der-waldbewirtschaftung-auf-die-biodiversitaet-und-kohlenstoffspeicherung>)

Flyer

Wöllecke, J., Rentemeister, K., Linnemann, B., Meyer, M., Hölzel, N., Hamer, U., Fornfeist, M., Elmer, M., Banyong, S. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität.

Wöllecke, J., Santora, L., Schaper, J., Linnemann, B., Meyer, M., Klein-Raufhake, T., Hölzel, N., Hamer, U., Fornfeist, M., Elmer, M., Banyong, S. (2023). Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung.

Vorträge

Elmer, M., Linnemann, B. (2020). "BiCO₂" - Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität.

Elmer, M. (2020). "BiCO₂" - Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität.

Fachtagung 2021

Linnemann, B., Hölzel, N., Elmer, M. (2021). Einleitung zur Fachtagung 05.11.21. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Fornfeist, M., Kalthoff, H., Klein-Raufhake, T., Schlager, T., Wöllecke, J. (2021). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Tagung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität, Münster.

Exkursionen für Waldbesitzende 2022

Wöllecke, J., Meyer, M., Fornfeist, M., Santora, L., Hamer, U., Hölzel, N., Elmer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Multitalent Wald?!“ - Erkenntnisse aus der Wissenschaft für Forstpraxis und Waldbesitz, Arnsberg.

Wöllecke, J., Fornfeist, M., Meyer, M., Hamer, U., Elmer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Multitalent Wald?!“ - Erkenntnisse aus der Wissenschaft für Forstpraxis und Waldbesitz, Bad Lippspringe.

Wöllecke, J., Fornfeist, M., Meyer, M., Hamer, U., Elmer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Multitalent Wald?!“ - Erkenntnisse aus der Wissenschaft für Forstpraxis und Waldbesitz, Kleve.

Wöllecke, J., Fornfeist, M., Meyer, M., Hamer, U., Elmer, M., Linnemann, B., Santora, L., Hölzel, N. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Multitalent Wald?!“ - Erkenntnisse aus der Wissenschaft für Forstpraxis und Waldbesitz, Münster.

Informationsveranstaltung für Behörden 2022

Wöllecke, J. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Informationsveranstaltung für Behörden, Videokonferenz.

Hamer, U. (2022). Erste Ergebnisse Kohlenstoffspeicherung und Nährstoffkreisläufe. Informationsveranstaltung für Behörden, Videokonferenz.

Meyer, M. (2022). Erste Ergebnisse Biodiversität. Informationsveranstaltung für Behörden, Videokonferenz.

Fornfeist, M. (2022). Wissenstransfer. Informationsveranstaltung für Behörden, Videokonferenz.

Weitere Vorträge 2022

Fornfeist, M., Elmer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Tagung des Netzwerkes Renaturierung, Osnabrück.

Fornfeist, M., Elmer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Dienstbesprechung des Zentrums für Wald und Holzwirtschaft, Arnsberg.

Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Meyer, M., Hölzel, N. (2022). Biodiversität und Stoffumsatzprozesse in Waldböden unterschiedlicher Nutzungsintensität. Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Trier.

Fornfeist, M., Elmer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Bereisung des Regionalforstamtes Münsterland durch den Leiter von Wald und Holz NRW, Münster.

Linnemann, B. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Themennachmittag: Biodiversität in den Wäldern, Videokonferenz.

Wöllecke, J., Hölzel, N., Fornfeist, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion während der Jahrestagung des DFWR, Münster.

Meyer, M. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Waldklimafondskongress, Göttingen.

Santora, L. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Waldklimafondskongress, Göttingen.

Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Rentemeister, K., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Linnemann, B., Santora, L., Wöllecke, J., Hölzel, N. (2022). Biodiversity and carbon sequestration in forests along a management intensity gradient. SFE2-GfÖ-EEF-Tagung, Metz.

Wöllecke, J. (2022): BICO₂ – Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Biologische Station Kreis Unna | Dortmund. Bergkamen, 16. September.

Workshop Bewertungsmatrix 2023

Elmer, M., Fornfeist, M., Linnemann, B., Hölzel, N., Klein-Raufhake, T., Meyer, M., Santora, L., Schaper, J., Wöllecke, J. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Workshop zur Erstellung einer Bewertungsmatrix, Münster.

Veranstaltungsreihe 2023

Hamer, U. (2023). Grundlagen zur Rolle des Kohlenstoffkreislaufs im Wald. Veranstaltungsreihe 1 - Wald als Klimaschützer – Kohlenstoff-Speicherung im Wirtschaftswald, Münster.

Hamer, U. (2023). Methoden im BiCO₂-Projekt. Veranstaltungsreihe 1 - Wald als Klimaschützer – Kohlenstoff-Speicherung im Wirtschaftswald, Münster.

Schaper, J., Hamer, U. (2023). Erste Ergebnisse zum Kohlenstoffspeicher. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 1 - Wald als Klimaschützer – Kohlenstoff-Speicherung im Wirtschaftswald, Münster.

Hamer, U. (2023). Grundlagen zur Bodenökologie. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 2 - Bodenökologie im Wirtschaftswald, Münster.

Hamer, U., Wöllecke, J., Klein-Raufhake, T., Olsen, M. (2023). Erste Ergebnisse BiCO₂. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 2 - Bodenökologie im Wirtschaftswald, Münster.

Linnemann, B., Hölzel, N., Elmer, M. (2023). Einführung Biodiversität. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 3 - Biodiversität: Vielfalt im Wald gezielt fördern, Münster.

Meyer, M., Schaper, J. (2023). Erste Ergebnisse BiCO₂. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 3 - Biodiversität: Vielfalt im Wald gezielt fördern, Münster.

Elmer, M. (2023). Wie kann ich Naturschutz in die Bewirtschaftung meines Waldes integrieren. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 3 - Biodiversität: Vielfalt im Wald gezielt fördern, Münster.

Fornfeist, M. (2023). Vorstellung BiCO₂-Projekt. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 4 - Wie kann ich Naturschutz in die Waldbewirtschaftung integrieren - Waldbauliche Marteloskop-Übung, Münster.

Santora, L. (2023). Bedeutung von Baumkrohabitat im Wald. Veranstaltungsreihe Multitalent Wald 4 - Wie kann ich Naturschutz in die Waldbewirtschaftung integrieren - Waldbauliche Marteloskop-Übung, Münster.

Exkursionen für die Öffentlichkeit 2023

Schaper, J., Fornfeist, M. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Arten- und Klimaschützer Wald?“, Münster.

Fornfeist, M., Wöllecke, J. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Arten- und Klimaschützer Wald?“, Bad Lippspringe.

Fornfeist, M. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Arten- und Klimaschützer Wald?“, Arnsberg.

Schaper, J., Fornfeist, M. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Exkursion „Arten- und Klimaschützer Wald?“, Kleve.

Fortbildung Forstliches Bildungszentrum 2023

Wöllecke, J. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Meyer, M. (2023). Biodiversität. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Hamer, U., Fornfeist, M. (2023). Kohlenstoffspeicherung. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Hamer, U. (2023). Bodenökologie im Wirtschaftswald. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Elmer, M. (2023). Synthese und Ausblick. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Abschlusstagung 2023

Linnemann, B. (2023). Einführung in das Projekt BiCO₂ - Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Elmer, M., Fornfeist, M. (2023). Charakterisierung der Untersuchungsgebiete. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Fornfeist, M. (2023). Ermittlung der Waldbewirtschaftungsintensität - Forest Management Intensity Index (ForMI). Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Hölzel, N., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Meyer, M., Linnemann, B., Kurowski, L., Rentemeister, K., Santora, L., Schaper, J., Wöllecke, J., Elmer, M., Fornfeist, M. (2023). Kohlenstoff-Speicher Wald in Zeiten des Klimawandels. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Meyer, M., Schaper, J. (2023). Effekte der Waldbewirtschaftung auf die Biodiversität. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Hölzel, N. (2023). Bewirtschaftung versus Trade-offs zwischen Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Fornfeist, M., Santora, L. (2023). Strukturvielfalt im Wald: Der Einfluss der Nutzungsintensität auf Mikrohabitate, Totholz & Co. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Meyer, M. (2023). Lebensraum Totholz. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Wöllecke, J. (2023). Bodenfauna entlang des ForMI. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Klein-Raufhake, T. (2023). Bodenökologie - Stoffumsatzprozesse im Boden entlang des ForMI. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Klein-Raufhake, T., Olsen, M., Schaper, J. (2023). Der Einfluss von Rückegassen auf Stoffumsatzprozesse und Biodiversität. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Wöllecke, J. (2023). Ergebnissynthese. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Elmer, M., Fornfeist, M. (2023). Vorstellung der Handlungsoptionen. Tagung Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung, Münster.

Weitere Vorträge 2023

Fornfeist, M. (2023). Das Projekt BiCO₂ – Ansatz und erste Ergebnisse. Besprechung Team Waldnaturschutz von Wald und Holz NRW, Münster.

Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Kurowski, L., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J., Wöllecke, J., Scherber, C., Hölzel, N. (2023). Effekte von Waldstruktur und Waldnutzung auf die Biodiversität in Buchenwäldern. Tagung der Fachgruppe Spechte der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft e.V., Nationalpark Hainich

Fornfeist, M. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Seminartag der Anwärtler von Wald und Holz NRW, Münster.

Hamer, U., Elmer, M., Fornfeist, M., Klein-Raufhake, T., Kurowski, L., Linnemann B., Meyer, M., Rentemeister, K., Santora, L., Schaper, J., Wöllecke, J., Hölzel, N. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Waldböden unterschiedlicher Nutzungsintensität. Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Halle (Saale).

Fornfeist, M. (2023). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Forstwissenschaftliche Tagung, Dresden.

Hölzel, N., Meyer, M., Klein-Raufhake, T., Schaper, J., Santora, L., Fornfeist, M., Elmer, M., Linnemann, B., Wöllecke, J., Hamer, U. (2023). Impact of forest management intensity and abiotic site conditions on carbon sequestration. 52. Jahrestagung der GfÖ, Leipzig.

Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Kurowski, L., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J. J., Wöllecke, J., Hölzel, N. (2023). Trophic levels and functional guilds are differentially sensitive to the management of forests. 52. Jahrestagung der GfÖ, Leipzig.

Wöllecke, J., Burkhardt, U., Elmer, M., Fornfeist, M., Hamer, U., Hölzel, N., Jänsch, S., Meyer, M., Olsen, M., Klein-Raufhake, T., Kurowski, L., Santora, L., Schaper, J.J., Scheffczyk, A. & B. Linnemann (2023): Belowground coenosis react on forest management, 52. Jahrestagung der GfÖ, Leipzig.

Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Kurowski, L., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J. J., Wöllecke, J., Scherber, C., Hölzel, N. (2023). Effects of forest structure and forest management on carbon sequestration and biodiversity. zbm-Seminar, Zentrum für Biodiversitätsmonitoring, Bonn

Vorstellung der Projektergebnisse in den Regionalforstämtern 2024

Fornfeist, M., Santora, L. (2024). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität (BiCO₂). Dienstbesprechung RFA Arnsberger Wald, Arnsberg.

Fornfeist, M., Wöllecke, J. (2024). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität (BiCO₂). Dienstbesprechung RFA Niederrhein, Kranenburg.

Fortbildung Forstliches Bildungszentrum 2024

Wöllecke, J. (2024). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Meyer, M. (2024). Biodiversität. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Hamer, U. (2024). Kohlenstoffspeicher Wald. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Klein-Raufhake, T. (2024). Der Einfluss von Rückegassen auf Stoffumsatzprozesse und Biodiversität. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Fornfeist, M., Elmer, M. (2024). Handlungsoptionen für die Forstpraxis. Fortbildungsveranstaltung Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis, Arnsberg.

Weitere Vorträge 2024

Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Schaper, J.J., Meyer, M., Hölzel, N., Linnemann, B., Rentemeister, K., Santora, L., Wöllecke, J., Elmer, M., Fornfeist, M. (2024). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. Waldbodenkolloquium, Geologischer Dienst NRW, Krefeld.

Fornfeist, M. (2024). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. 18. KWF-Tagung, Schwarzenborn.

Posterbeiträge

Wöllecke, J., Elmer, M., Fornfeist, M., Greiving, K., Hamer, U., Hölzel, N., Kalthoff, H.M., Linnemann, B., Meyer, M., Santora, L., Schaper, J.J., Siegemund, K. (2022). Einfluss der Waldbewirtschaftung auf das Vorkommen der Vögel. 9. Grüne Artenschutzkonferenz Wasser-Hitze-Artenschutz, Hilstrup, 06. Mai.

Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Freude-Waltermann, A., Greiving, K., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J.J., Wöllecke, J., Hölzel, N. (2023). Biodiversity and carbon sequestration in forests along a management intensity gradient. Module on International Nature Conservation (MINC) 2023; 26. Februar – 04. März.

Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Freude-Waltermann, A., Greiving, K., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J.J., Wöllecke, J. & N. Hölzel (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität, Waldklimafonds-Kongress, Göttingen, 11. – 12. Oktober.

Wöllecke, J., Elmer, M., Fornfeist, M., Greiving, K., Hamer, U., Hölzel, N., Kalthoff, H.M., Linnemann, B., Meyer, M., Santora, L., Schaper, J.J., Siegemund, K. (2022). Einfluss der Waldbewirtschaftung auf das Vorkommen der Vögel. Waldklimafonds-Kongress, Göttingen, 11. – 12. Oktober.

Wöllecke, J., Elmer, M., Fornfeist, M., Meyer, M., Freude-Waltermann, A., Greiving, K., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J.J., Hölzel, N. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. 21. Vilmer Sommerakademie, Vilm, 30. Mai – 03. Juni.

Wöllecke, J., Fornfeist, M., Meyer, M., Elmer, M., Freude-Waltermann, A., Greiving, K., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Linnemann, B., Santora, L., Schaper, J.J., Hölzel, N. (2022). Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität. 50 Jahre Naturwaldzellen in NRW, Bonn, 03. – 04. Mai.

Klein-Raufhake, T., Elmer, M., Fornfeist, M., Hölzel, N., Linnemann, B., Meyer, M., Santora, L., Schaper, J.J., Wöllecke, J. & U. Hamer (2023). Skid trails impact carbon budgets and nutrient turnover in managed forests, 52. Jahrestagung der GfÖ, Leipzig.

Santora, L., Elmer, M., Fornfeist, M., Hamer, U., Hölzel, N., Meyer, M., Klein-Raufhake, T., Kurowski, L., Linnemann, B., Schaper, J.J. & J. Wöllecke (2023). The occurrence of tree-related microhabitats is influenced by forest management intensity, 52. Jahrestagung der GfÖ, Leipzig.

Schaper, J.J., Meyer, M., Elmer, M., Fornfeist, M., Hamer, U., Klein-Raufhake, T., Schlager, T., Linnemann, B., Santora, L., Wöllecke, J. & N. Hölzel (2023): Skid trails enrich the forest habitat by ruderal plant communities, 52. Jahrestagung der GfÖ, Leipzig.

Fornfeist, M., Hamer, U., Hölzel, N., Klein-Raufhake, T., Linnemann, B., Meyer, M., Santora, L., Schaper, J. J., Wöllecke, J., Elmer, M. (2024). Einfluss der Waldbewirtschaftung auf die Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität. 18. KWF-Tagung, Schwarzenborn.

Studentische Abschlussarbeiten

Braasch, M. (2022). Effekte der forstlichen Bewirtschaftungsintensität auf die taxonomische und funktionelle Diversität von Käfergemeinschaften in einem buchendominierten Wald der Egge Vorberge (NRW) (Masterarbeit, Betreuung: Dr. M. Meyer und Prof. Dr. Dr. h.c. N. Hölzel)

Brans, E. (2022). Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte in der mikrobiellen Biomasse in Waldböden bei Kleve (Bachelorarbeit, Betreuung: PD Dr. U. Hamer und Dr. M. Meyer)

Engelmayer, K. (2022). Bodenatmung in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität (Bachelorarbeit, Betreuung: PD Dr. U. Hamer und Dr. M. Meyer)

Funken, S. C. (2022). Effects of forest management and skid trails on soil organic carbon stocks in the Arnsberger Wald (Bachelorarbeit, Betreuung: PD Dr. U. Hamer und Dr. M. Meyer)

Hülbusch, K. (2022): Effekte der Waldstruktur und Bewirtschaftung auf die taxonomische und funktionelle Diversität von Käfergemeinschaften im Klever Reichswald (Masterarbeit, Betreuung: Dr. M. Meyer und PD Dr. M. Bartelheimer, Münster)

Kalthoff, H. (2021). Forest management and deadwood volume predict the abundance of woodpeckers in the Nature Reserve Egge-North (Masterarbeit, Betreuung: Prof Dr. Dr. h.c. N. Hölzel und Dr. W. Heim)

Kölsch, E. (2023). How does the main tree species, the proportion of deadwood and the intensity of forest management influence the occurrence of woodpeckers in two forest areas in North Rhine-Westphalia?, (Forschungsprojekt Master LÖK, Co-Betreuung Dr. M. Meyer mit Prof. Dr. Dr. h.c. N. Hölzel)

Lambeck, L. (2022). Mikrobielle Biomasse in unterschiedlich intensiv genutzten Waldböden (Bachelorarbeit, Betreuung: PD Dr. U. Hamer und Dr. M. Meyer)

Olsen, M. (2024). Gegenüberstellung der Wirkungsgefüge epigäischer und endogäischer Regenwürmer auf und neben Rückegassen in Wäldern Nordrhein-Westfalens (Masterarbeit, Betreuung: Prof. Dr. Ute Hamer und Theresa Klein-Raufhake)

Opitz, L. (2024). Untersuchungen ökologischer Zusammenhänge zwischen Waldzustand und Spinnenvielfalt im Reichswald Kleve (Bachelorarbeit, Betreuung: Dr. M. Meyer und Prof. Dr. Dr. h.c. N. Hölzel)

Schlager, T. (2022). Influence of skid trails on understory vegetation in managed forests (Masterarbeit, Betreuung: Prof. Dr. Dr. h.c. N. Hölzel und Dr. D. Rupprecht)

Schnieder, M. (2022). Einfluss verschiedener Waldbewirtschaftungsformen auf die Aktivität extrazellulärer Enzyme im Boden (Bachelorarbeit, Betreuung: Prof Dr. K. Müller, Münster und PD Dr. U. Hamer)

Siegemund, K. (2021). The occurrence of woodpeckers in relation to forest use and deadwood parameters in the Arnsberger Wald, Germany (Bachelorarbeit, Betreuung: Prof Dr. Dr. h.c. N. Hölzel und Dr. W. Heim)

Siepkner, H. F. (2022). Phosphorverfügbarkeit in Wäldern unterschiedlicher Nutzungsintensität (Bachelorarbeit, Betreuung: PD Dr. U. Hamer und Dr. M. Meyer)

Straub, S. (2024). Beziehung zwischen Vegetationsmustern und Bodenkohlenstoff- und Stickstoffvorräten in unterschiedlich intensiv genutzten Wäldern des Münsterlandes. (Bachelorarbeit, Betreuung Prof. Dr. U. Hamer und Theresa Klein-Raufhake)

Westrich, F. (2022). Influences of forest management and forest structure on the taxonomic and functional diversity of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) (Bachelorarbeit, Betreuung: Dr. M. Meyer und Prof. Dr. Dr. h.c. N. Hölzel)

Wulff, A. (2022). Phosphorgehalte in der mikrobiellen Biomasse in Waldböden bei Kleve (Bachelorarbeit, Betreuung: PD Dr. U. Hamer und Dr. M. Meyer)

Zascerinskij, D. (2023). Auswirkungen der Bewirtschaftung von Wäldern auf die Biodiversität von Webspinnen und Weberknechten (Bachelorarbeit, Betreuung: Prof. Dr. K. Müller, Münster, und Dr. M. Meyer, in Kooperation mit PD Dr. M. Bartelheimer, Münster)

Sonstiges

- Broschüre Handlungsoptionen
- Flyer:
 - Flyers zum Projekt
 - Flyer zu den Exkursionen und zur Veranstaltungsreihe „Multitalent Wald!“
 - Flyer zur Projekttagung 2021
 - Flyer zur Abschlusstagung 2023
- Pressemitteilungen erfolgten seitens des Landesbetriebs Wald und Holz Nordrhein-Westfalen und der NABU-Naturschutzstation Münsterland e.V.
- Pressespiegel:
 - 24.02.2021 - Westfälische Nachrichten: “Die Vielfalt hält den Wald intakt”
 - 22.02.2021 - Die Glocke: “Projekt untersucht Bäume und Böden - Entscheidungshilfe für Waldbewirtschaftung”
 - 23.02.2021 - Forstpraxis.de - “Projekt BiCO2: Wissenschaftler untersuchen Wälder in NRW”
 - 23.02.2021 - Westfälische Nachrichten - Telgte: „Klimawandel und Biodiversität“
 - 22.07.2021 - Westfälische Nachrichten – Hilstrup: „Klimaschutz aus der Tiefe“
 - 03.11.2021 - Westfälische Nachrichten: “Fachtagung zur Biodiversität“
 - 31.05.2022 - Westfälische Nachrichten: “Vom Urwald lernen“
 - 14.04.2023 – Ruhrnachrichten: „Waldsterben: Wie der Wald der Zukunft aussehen kann“
 - 05.04.2023 - Westfälische Nachrichten: “Vielfalt im Wald gezielt fördern“
- Hörfunk:
 - 20.01.2023 - WDR 5 „Neugier genügt; Feature“: Totholzbäume wichtig für den Wald
 - 08.01.2022 - Podcast: WDR „Quarks daily“; Markus Meyer-Gehlen Spezial – CO2: So holen wir das Klimagas wieder aus der Luft.

Literaturverzeichnis

Kahl, T., Bauhus, J. (2014). An index of forest management intensity based on assessment of harvested tree volume, tree species composition and dead wood origin. *Nature Conservation* 7: 15–27.

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2021): Probekreisinventuren in nordrhein-westfälischen Naturwaldzellen – Aufnahmeanweisung. 43 S.

Meyer, P., Brößling, S., Bedarff, U. et al. (2018): Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt: 61 S.

UBA - UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2015): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2015. National Inventory Report for German Greenhouse Gas Inventory 1990-2013.

Winter S. (2005). Ermittlung von Struktur-Indikatoren zur Abschätzung des Einflusses forstlicher Bewirtschaftung auf die Biozönosen von Tiefland-Buchenwäldern. Dresden.
<https://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Dresden/Winter2005.pdf>

ANHANG

Teilvorhaben 1: BiCO₂ – NABU Naturschutzstation Münsterland e.V.

1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

Die Wechselwirkungen zwischen Biodiversität, Kohlenstoffhaushalt und forstlicher Bewirtschaftung auf für Deutschland repräsentativen Forststandorten zu untersuchen war Ziel des Projektes BiCO₂. Dabei standen für das Teilprojekt der NABU-Naturschutzstation Münsterland neben der Koordination des Gesamtvorhabens, der Projektpartner und externen Partner, die Aufnahme der Biodiversitätsparameter und des oberirdischen Kohlenstoffs im Fokus. Zudem war das Teilprojekt in der konzeptionellen, inhaltlichen und organisatorischen Umsetzung des Erkenntnistransfers an die unterschiedlichen Zielgruppen gemeinsam mit den anderen Teilvorhaben substantiell beteiligt.

2. Bearbeitete Arbeitspakete

Die NABU-Naturschutzstation Münsterland war an allen APs beteiligt. Im AP E beschränkte sich die Beteiligung auf die Aspekte der Probekreisauswahl und spätere Übernahme der bodenkundlichen Daten in die Datenbank.

Arbeitspaket A: Projektkoordination

Die Koordination des Gesamtprojekts und der Projektpartner bildeten die Voraussetzung für die aufeinander bezugnehmenden Arbeiten der drei Projektpartner. Die Abstimmung der Projektpartner von der Auswahl der Untersuchungsstandorte über die Datenhaltung bis zum Transfer der Erkenntnisse an die unterschiedlichen Zielgruppen waren für den Erfolg des Projektes ausschlaggebend. Monatliche Abstimmungsgespräche (online und in Präsenz) aller Projektpartner galt es zu moderieren. Als zentraler Ansprechpartner sichert die Projektleitung die Meilensteinplanung ab und stand auch den Stakeholder von Beginn an als vertrauensvoller Partner zur Verfügung. Nicht zuletzt übernahm die Projektleitung die Kommunikation mit dem Projektträger.

Im Rahmen von Vergaben wurden für die Untersuchung einiger der Parameter externe Partner mit ausgewiesener Fachexpertise gewonnen. Hierzu war z.T. die Durchführung öffentlicher Ausschreibungen erforderlich. Die Koordination dieser externen Partner und deren Arbeiten mit dem Gesamtprojekt ermöglichten einen erfolgreichen und fristgerechten Projektlauf.

Bei der Umsetzung des Transfers der Projekterkenntnisse an die unterschiedlichen Zielgruppen stellte die Projektkoordination Räumlichkeiten (etwa für die Veranstaltungsreihe „Multitalent Wald“), bewarb sämtliche Veranstaltungen und koordinierte die durchgeführten Tagungen.

Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept

Das ausführlich in Kap. II, AP B dargestellte Untersuchungskonzept konzentrierte sich auf die vier in NRW und bundesweit flächenmäßig bedeutsamsten Standorttypen, die jeweils in einer Schwerpunktregion untersucht wurden. Dabei galt es in jeder Schwerpunktregion ein breites Spektrum der Nutzungsintensität abzubilden. Um dies zu erreichen, wurden auf Basis der vorliegenden Daten und nach Rücksprache mit den betroffenen Forstämtern in jeder Region nicht bewirtschaftete Standorte, Standorte mit standortsfremder Bestockung und bewirtschaftete Standorte aus zwei unterschiedlichen Altersklassen gesucht. Gemeinsam mit den Projektpartnern wurden die oben beschriebenen Kriterien festgelegt, die die Untersuchungsstandorte erfüllen mussten. Diese Gebietskulisse wurde im Gelände mit den Projektpartnern überprüft. Aus der verbliebenen Gebietskulisse wurden dann per Zufallsauswahl am Computer die finalen Probekreise ausgewählt.

Im Kernmünsterland konnten zudem Probekreise aus dem früheren Waldklimafondsprojekt „Fit für den Klimawandel“ in den Prozess der Probekreisauswahl mit integriert werden. Dies ermöglichte Synergieeffekte bei der Flächenauswahl wie auch bei der Auswertung der Ergebnisse. Zudem standen an diesen Standorten ergänzende Daten zum Bodenwasserhaushalt zur Verfügung. Für einzelne Parameter wurde so auch der Vergleich der Ergebnisse über die Zeit auf einigen der Probekreise möglich.

Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank

Die hohe Zahl der Untersuchungsparameter und Standortcharakteristika erforderte die Zusammenlegung der Daten in einer projekteigenen Datenbank. Diese wurde aufgebaut, basierend auf der Datenbank des ebenfalls von der NABU-Naturschutzstation durchgeführten Waldklimafondsprojektes „Fit für den Klimawandel“. Die Datenbank enthält Komponenten zum Import von Daten der Naturwald-Datenbank der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Da eine weitere Zusammenarbeit mit dem Entwickler dieser Datenbank nicht zustande kam, wurde eine auf die Bedürfnisse des BiCO₂-Projektes zugeschnittene Datenbank entwickelt.

Sämtliche im Projekt erhobenen Daten sowie die Metadaten zu den Untersuchungsgebieten und den Arten wurden eingegeben und die Datenbank den Projektpartnern zur Datenanalyse (AP H) zur Verfügung gestellt.

Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch

Zur Ermittlung der oberirdischen Kohlenstoffvorräte wurden die lebende Biomasse und das Totholzvolumen getrennt für jede Baumart aufgenommen in Anlehnung an Meyer et al. (2018) und die Methoden des Nationalen Inventarberichts von 2015 (UBA 2015) berücksichtigt. Die Erhebung der Gehölzdaten erfolgte teils in Eigenregie, im Arnsberger Wald und in den Egge-Vorbergen wurde diese Aufgabe ausgeschrieben und von externen Partnern übernommen. Dies gewährleitete die Einordnung der Projektdaten mit denen nationaler Monitoringvorhaben wie der Bundeswaldinventur.

Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch

Die Untersuchungen zur Dynamik von Quantität und Qualität des Kohlenstoffs in der Streuauflage, im Mineralboden und in den Wurzeln oblagen dem Teilvorhaben 2. Der gemeinsam mit dem Teilvorhaben 3 erarbeitete Index der Bewirtschaftungsintensität (ForMI) für die einzelnen Plots ermöglichte die Verknüpfung der unterirdischen Kohlenstoffdynamik mit der der Bewirtschaftung. Die vom Teilvorhaben 2 erhobenen Daten wurden in die Projektdatenbank eingepflegt.

Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch

Neben den Organismen selbst, sind auch Strukturparameter wie die Vielfalt und Anzahl an Mikrohabitaten (F.1) für die Entwicklung der Biodiversität an einem Standort entscheidend (Paillet et al. 2018). Diese wurden mit Unterstützung von Teilprojekt 3 in Anlehnung an die Typologie von Larrieu et al. (2018) erhoben.

Die Aufnahme der Waldentwicklungsphasen (F.2) nach Winter (2005) wurde modifiziert und im Gelände auf Umsetzbarkeit mit den Projektpartnern getestet. Die Datenaufnahme erfolgte dann überwiegend durch das Teilprojekt 3.

Im Vergleich mit allen anderen betrachteten Organismengruppen wiesen die Brutvögel (F.3) die größten Aktivitätsräume auf. Daher konnten die ornithologischen Aufnahmen nicht auf einen Probekreis begrenzt werden. Hier wurde daher ein Radius von 100m um den Probekreismittelpunkt herum für die Datenaufnahme herangezogen. Da in diesem Abstand zum Teil die Bestandesgrenze überschritten wurde, wurde bei der Datenauswertung ein maximaler Radius von 50m verwendet. Die jeweiligen Punktkartierungen revieranzeigenden Verhaltens wurden im Arnsberger Wald und in den Egge-Vorbergen auf der Basis von Ausschreibungen von externen Partnern übernommen und erfolgten in den beiden anderen Waldgebieten in Eigenregie.

Die Konzeption der Probennahme bei den Käfern (F.4) erfolgte gemeinsam mit dem Teilvorhaben 2. Auf Grund von Einsparungen bei den ursprünglich geplanten Vergabemitteln und unter Einbeziehung der Arbeitskraft der FÖJ und BFD Kräfte, sowie ehrenamtlich Tätiger an der NABU-Naturschutzstation und von studentischen Hilfskräften wurde es möglich, für die Käfer die Probenahme und Probenaufbereitung über einen jeweils dreimonatigen Zeitraum für 178 der 200 Probekreise zu gewährleisten. Dies erlaubte die vollumfängliche Berücksichtigung dieses Parameters in den Auswertungen zur Biodiversität. Ursprünglich war dies nur exemplarisch für 24 Probekreise vorgesehen gewesen. Die Bestimmung der Käfer wurde teils an externe Experten vergeben, teils vom Teilprojekt 2 übernommen.

Die Untersuchungen zu den Moosen und Flechten (F.5) wurden vom Teilvorhaben 1 konzipiert und ausgeschrieben. Für beide Artengruppen konnten international anerkannte Personen für das Projekt gewonnen werden. Die von den externen Partnern erarbeiteten Daten wurden aufbereitet und in die Projektdatenbank integriert. Die Erhebung der Bodenvegetation (F.1) erfolgte in Eigenregie.

Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch

Die Bodenfauna stellt Ökosystemdienstleistungen in mitteleuropäischen Wäldern bereit und steuert insbesondere den Umsatz organischer Substanz im Boden. Zur Beurteilung der unterirdischen Biodiversität und Funktionalität wurden Abundanz, Biomasse und Artenzusammensetzung der Regenwürmer und Springschwänze in allen 200 Probekreisen, sowie den im AP E2 untersuchten Rückegassen erhoben. Die Probennahme und Artansprache wurden öffentlich ausgeschrieben und an externe Experten vergeben. Eine erste Marktanalyse zeigte eine starke zeitliche Auslastung der uns bekannten Experten für diese wenig bearbeiteten Organismengruppen auf und erschwerte die Ausschreibungen. Trotz dieser Schwierigkeiten Auftragnehmer zu finden, konnten bundesweit renommierte Experten für das Projekt gewonnen werden. Für die Springschwänze fanden sich externe Partner erst für eine Probennahme in 2023. Dank der bewilligten Projektverlängerung machte es Sinn, diese Untersuchungen noch umzusetzen. So standen die ersten

Ergebnisse dann auch kurz vor der Abschlusstagung (AP I.5) zur Verfügung und flossen noch in die Auswertung (AP H) mit ein.

Arbeitspaket H: Ergebnissynthese

Für eine Ergebnissynthese wurden die Daten der einzelnen Parameter in einem ersten Schritt miteinander in Beziehung gesetzt und so Abhängigkeiten der Diversität der Organismengruppen von anderen biotischen und abiotischen Parametern analysiert. In einem zweiten Schritt wurden dann die biotischen Daten so normiert, dass sie als Multidiversität mit den Kohlenstoffdaten und der Bewirtschaftungsintensität in Beziehung gesetzt werden konnten. Die NABU-Naturschutzstation übernahm schwerpunktmäßig die Auswertung der Parameter der Arbeitspakete D, F.1, F.5 sowie der Berechnung zur Multidiversität und beteiligte sich an der weiteren Auswertung und Bewertung der Ergebnisse. In einem dritten Schritt erfolgte dann die Ableitung der Handlungsempfehlungen (H.3).

Arbeitspaket I: Transfer

Mit Start des Vorhabens begann bereits der Austausch mit unterschiedlichen Stakeholdern. Dabei standen anfangs Fragen nach der Flächenverfügbarkeit bei der Waldbesitzern und ausgewählten Forstämtern im Vordergrund. Mit fortschreitendem Projektfortschritt konnten weitere Stakeholdergruppen für einen Erkenntnisaustausch in verschiedenen Formaten gewonnen werden. Dabei reichte die erreichte Zielgruppe von waldinteressierten Laien, über die Waldbesitzer und Verbändevertreter, die wissenschaftliche Fachwelt und auch Behördenvertreter von der lokalen Ebene bis hinauf zur Bundesebene. Im letzten Drittel des Vorhabens dominierten Fortbildungsveranstaltungen. Mit der Durchführung der mehrtägigen Fachtagung und der Publikation ausgewählter Ergebnisse konnte das Ziel des Projektes erreicht werden. Sowohl über die Präsentationen auf wissenschaftlich Fachtagungen (s. Kap. II 4.), als auch über Veranstaltungen des European Forest Institute (EFI) konnten die Erkenntnisse aus dem BiCO₂-Vorhaben auch einem internationalen Publikum präsentiert werden. Ein Austausch mit dem EFI wurde bereits auch über die Projektlaufzeit hinaus vereinbart.

Die zum Teil aufeinander aufbauenden Arbeitspakete konnten alle vollumfänglich und dank der bewilligten Verlängerung der Projektlaufzeit zeitlich passend erarbeitet werden und ermöglichten so das finale AP I inhaltlich auszufüllen.

Neben der konzeptionellen, organisatorischen und inhaltlichen Beteiligung an nahezu allen Transferangeboten, oblag dem Teilvorhaben 1 zudem die Erstellung und Produktion der Projektflyer und anderer Info-Materialien bis hin zur Erstellung und Betrieb der Projekthomepage, deren Betrieb auch über die Projektlaufzeit hinweg vorerst gesichert ist.

3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

Dem Teilvorhaben oblag u.a. auch die Koordination des Gesamtvorhabens. Durch intensiven Austausch und Beteiligung aller Teilvorhaben in allen Phasen des Projektes von der Planung der Untersuchungsgebiete, der methodischen Herangehensweise in den einzelnen APs bis zur Organisation der Abschlusstagung, gelang es das komplexe Vorhaben in vollem Umfang umzusetzen. Die durchweg positive Resonanz nach unserer Abschlusstagung, sowie der intensive Meinungs-austausch mit den unterschiedlichen Zielgruppen (AP I) belegt, dass unser Ziel die Wechselbeziehungen zwischen Kohlenstoffspeicherung, Biodiversität und Bewirtschaftung nicht nur zu untersuchen, sondern auch auf breiter Front zu kommunizieren erreicht wurde.

Inhaltlich wurde deutlich, dass sich Kohlenstoffspeicherung, Biodiversität und Bewirtschaftung nicht grundsätzlich ausschließen, deren Zusammenhänge jedoch komplex sind. So erwies sich ein Sammelparameter wie „Biodiversität“ selten als hilfreich, da sich unterschiedliche ökologische Gruppen teils gegenläufig verhielte. Ein genauere Blick auf einzelne funktionelle Gruppen war notwendig. Insgesamt zeigte sich, dass für die Höhe des oberirdischen Kohlenstoffspeichers das Bestandesalter entscheidend war. Dabei beeinflusste die Nutzungsintensität auch die Stabilität des Kohlenstoffdepots im Boden.

Aus einer Alters-, Struktur- und Baumartenvielfalt in den Beständen resultierte eine größere Biodiversität. Heimische Baumarten wie Stiel- und Trauben-Eiche wirkten sich dabei besonders positiv auf die Artenvielfalt aus. Ergänzend zeigten die Untersuchungen, dass viele an Tot- und Altholz gebundene Vogelarten sowie holzzersetzende Käfer und Flechten, sowie unterirdisch einige Gruppen von Springschwänzen auf alte Wälder mit viel Totholz und vielen Mikrohabitaten angewiesen sind. Deshalb kommt Alt- und Totholz eine besondere Bedeutung für die Artenvielfalt zu, welche darum in ausreichenden Anteilen erhalten werden sollten.

Artenreichere Forstbestände führen zu diverserem Kohlenstoffangebot für Bodenorganismen und Speichermöglichkeiten im Boden. Die Hauptbaumarten eines Bestandes bestimmten dabei auch die Biodiversitätszusammensetzung verschiedener Organismengruppen, wie beispielsweise der Käfer oder Flechten. Der Erhalt von Altholz und Habitatbäumen kann zudem wichtige Mikrohabitats für verschiedene

Organismengruppen bereitstellen und so positiv auf die Biodiversität einwirken. Dabei ist die Biodiversität im Bestand auch verknüpft mit der Biodiversität im Boden.

Für den Erhalt ökosystemarer und ökonomischer Leistungen der Wälder in den kommenden Jahrzehnten ist es entscheidend, ihre Funktion als Lebensraum walddisperser Arten und als ober- und unterirdischer Kohlenstoffspeicher zu erhalten. Dabei können Forstwirtschaft, Naturschutz und Wissenschaft voneinander profitieren.

4. Literatur:

- Larrieu, L.; Paillet, Y.; Winter, S.; Bültner, R.; Kraus, D.; Krumm, F.; Lachat, T.; Michel, A. K.; Regnery, B. & Vandekerkhove, K. (2018): Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators* 84: 194-207.
- Meyer, P., Brößling, S., Bedarff, U. et al. (2018): Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten. *Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt*: 61 S.
- Paillet, Y.; Archaux, F.; du Puy, S.; Bouget, C.; Boulanger, V.; Debaive, N.; Gilg, O.; Gosselin, F. & Guilbert, E. (2018): The indicator side of tree microhabitats: A multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *Journal of Applied Ecology* 55: 2147–2159.
- Umweltbundesamt (UBA) (2015): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2015. National Inventory Report for German Greenhouse Gas Inventory 1990-2013. Dessau-Roßlau: 913 S.
- Winter, S. (2005): Ermittlung von Struktur-Indikatoren zur Abschätzung des Einflusses forstlicher Bewirtschaftung auf die Biozönosen von Tiefland-Buchenwäldern. Dissertation. TU Dresden. 397 S.

Teilvorhaben 2: BiCO₂ – Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie

1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

Ziel des Teilvorhabens der Universität Münster war die Bewertung der forstlichen Nutzungsintensität auf den Boden und die unterirdischen Kohlenstoffvorräte. Dabei soll auch der Einfluss der Rückegassen und bodenbearbeitender Maßnahmen untersucht werden. In Rücksprache und Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden die Aktivitäten in der Erfassung der oberirdischen Biodiversität ausgeweitet. Ein weiterer wichtiger Aufgabenbereich liegt in der Zusammenführung der Ergebnisse, der Datensynthese und -auswertung sowie dem Transfer.

2. Bearbeitete Arbeitspakete

Arbeitspaket A: Projektkoordination

Alle drei Projektpartner standen in regelmäßigem Informationsaustausch. Dadurch konnte sowohl die Installation der Probekreise, die Messung der jeweiligen Untersuchungsparameter, als auch die Auswertung der Ergebnisse und die Veröffentlichung unkompliziert mit den anderen Projektpartnern abgestimmt werden.

Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept

Mit den Projektpartnern wurde sich bereits zu Beginn des Projektes darauf verständigt, dass der ForMI (Forest Management Intensity Index nach Kahl und Bauhus) dazu dienen sollte, die Waldbewirtschaftung standardisiert quantifizieren zu können. Dazu wurden pro Untersuchungsgebiet 10 Flächen in nicht mehr wirtschaftlich genutzten Beständen, 10 in Beständen mit standortfremden Baumarten, je 15 Flächen in alten bzw. jungen bewirtschafteten Beständen mit heimischen Baumarten (in total 50 Flächen) festgelegt. Die zur Ermittlung des volumenbasierten ForMIs nötige Datenaufnahme erfolgte durch KollegInnen des Teilprojektes 1 und 3.

Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank

Die Entwicklung und Betreuung der Datenbank lag schwerpunktmäßig bei den KollegInnen der NABU Biostation (Teilprojekt 1). Die von der Universität Münster erhobenen Daten wurden entsprechend an die KollegInnen weitergeleitet und in die Datenbank eingepflegt.

Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch

Die Ermittlung der oberirdischen Kohlenstoffvorräte erfolgte schwerpunktmäßig durch die KollegInnen des Teilprojektes 1. Die Uni Münster beteiligte sich schwerpunktmäßig mit der Auswertung der Ergebnisse.

Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch

Die Kohlenstoffvorräte in der organischen Auflage (Litter, Of und Oh), sowie in 3 Horizonten des Mineralbodens (0 – 5 cm, 5 – 30 cm und 30 – 60 cm) wurden 2021 im Arnsberger Wald und den Egge Vorbergen und 2022 im Kernmünsterland und am Niederrhein mit einer volumenbezogenen Probenahme und anschließender Laboranalyse der C- und N-Gehalte, sowie der Lagerungsdichten und Skelettgehalte bestimmt. Neben der klassischen Kohlenstoffinventur wurden in allen 200 Probekreisen sowie insgesamt 84 Rückegassen (21 pro Untersuchungsgebiet) in den Bodenproben aus 0 – 5 cm Mineralbodentiefe umfangreiche bodenphysikalische, -chemische und mikrobiologische Analysen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit den Nutzungsaspekten der untersuchten Wälder verknüpft und ausgewertet.

Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch

Die durch Teilprojekt 1 generierten Daten zu den Vögeln wurde in Zusammenarbeit mit den KollegInnen hinsichtlich der Artenzahl und Individuenzahl ausgewertet, wobei explizit auf das Nahrungssuchverhalten und Brutpräferenzen der einzelnen Arten eingegangen wurde

Dazu wurden ergänzend nach einem separaten Protokoll die Spechte erfasst, wobei der Fokus auf den kleinen Spechtarten (Klein-, Mittel-, und Buntspecht) liegt.

In Zusammenarbeit mit den KollegInnen aus Teilprojekt 1 wurden im Arnsberger Wald, in der Egge und im Kernmünsterland auf allen 50 Probekreisen, im Reichswald aus logistischen Gründen nur auf 28 Probekreisen Käfer mittels Bodenfallenfallen und Kreuzfensterfallen erfasst. Zu den Arten wurde Information zur Waldbindung, Totholzbindung und Ernährung gesammelt und die Daten daraus resultierend hinsichtlich der taxonomischen Zugehörigkeit und der Funktionalität der Arten im Ökosystem ausgewertet.

Die durch Teilprojekt 1 generierten Daten zu Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten wurden gemeinsam ausgewertet, wobei hier die Zeigerwerte nach Ellenberg (Gefäßpflanzen), und bevorzugtes Wachstumssubstrat besondere Berücksichtigung fanden.

Ergänzend zu den Untersuchungen zu bodenökologischen Prozessen auf den Rückegassen wurden auf den Rückegassen Vegetationsaufnahmen durchgeführt und diese zu einer gleich großen ungestörten Fläche im Bestand in Beziehung gesetzt.

Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch

Die durch Teilprojekt 1 generierten Daten zu Regenwürmern wurden in Zusammenarbeit mit den KollegInnen ausgewertet. Hier wurde auf die Lebensweise der Tiere (in der Streu vs. in den oberen Schichten des Mineralbodens) eingegangen. Zudem wurde auch hier der Effekt von Rückegassen untersucht.

Arbeitspaket H: Ergebnissynthese

Die Untersuchungen liegen schwerpunktmäßig auf Analysen entlang des Nutzungsgradienten (ForMI). Einen weiteren Untersuchungsaspekt bildete der Effekt von Rückegassen.

Abhängig von den geplanten Analysen wurden die Daten teilweise vorher entsprechend transformiert, um die geplanten statistischen Methoden anwenden zu können. Die Analyse innerhalb eines Untersuchungsgebietes erfolgte meist mit (generalisierten) linearen Modellen, wobei die Familie der Fehlerverteilung entsprechend charakterisiert wurde. Bei Berechnungen über alle Untersuchungsgebiete hinweg wurden durch das Gebiet bedingte Varianz in den Daten statistisch kontrolliert, um generalisierbare Muster aus den Daten ableiten zu können. Durch Waldstruktur- oder Waldbewirtschaftung bedingte Variabilität in der Artenzusammensetzung der erfassten Organismengruppen wurde mittels multivariater Analysen (NMDS, PCA etc.) charakterisiert. Um das System bzw. die Interaktionen der einzelnen Parameter untereinander zu verstehen, kamen Strukturgleichungsmodelle (SEMs) zum Einsatz.

Arbeitspaket I: Transfer

Der Transfer erfolgte stets in enger Abstimmung mit den Projektpartnern aus Teilprojekt 1 und 3.

Öffentliche Veranstaltungen, an denen die Universität Münster maßgeblich beteiligt war, sind:

Auftaktveranstaltung (November 2021)

Exkursionen in die vier Projektgebiete (Sommer 2022)

Eine Informationsveranstaltung für Behörden (November 2022)

Workshop zur Erstellung einer Bewertungsmatrix (Februar 2023)

Vortragsreihe "Multitalent Wald?!", Vorträge zur Kohlenstoffspeicherkapazität, zur Bodenökologie und unterirdischen Stoffumsätzen sowie zur Biodiversität (Frühjahr 2023)

Fortbildung im Forstlichen Bildungszentrum Arnsberg (2023 und 2024)

Abschlussagung: Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung (November 2023)

Zudem wurde das Projekt bzw. daraus gewonnene Erkenntnisse auf diversen Fachtagungen vorgestellt, u.a.:

Tagung der Bodenkundlichen Gesellschaft 2022 (Trier) und 2023 (Halle/Saale), je ein Vortrag

Gemeinsame Tagung der GfÖ/ sfe2 und EEF 2022 (Metz, F), ein Vortrag

Waldklimafondskongress 2022 (Göttingen), zwei Poster und ein Kurzvortrag

Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie 2023 (Leipzig), drei Vorträge und drei Poster

Waldbodenkolloquium, Geologischer Dienst NRW 2024 (Krefeld), ein Vortrag

Auch in schriftlichen Publikationen wurden die gewonnenen Resultate entsprechend präsentiert. Neben diversen Artikeln in internationalen Journalen, die teils publiziert, teils im Reviewverfahren sind oder vor der Einreichung stehen, wirkte die Uni Münster an sechs Beiträgen in der AFZ-Der Wald (21/2023) und zwei Beiträgen in der Natur in NRW sowie einem Artikel auf Waldwissen.net mit. Darüber hinaus wurde in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern eine Broschüre zu Handlungsoptionen für Waldbesitzer erarbeitet.

3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

Boden

Die Boden-Kohlenstoffvorräte bis in 60 Zentimeter Tiefe des Mineralbodens unterscheiden sich deutlich zwischen den Projektgebieten. Die Boden-Kohlenstoffvorräte bis in 60 cm Tiefe sind mit etwa 100 t Corg/ha in den Mittelgebirgsregionen (Arnsberger Wald und Egge Vorberge) aufgrund der hohen Skelettanteile (Steine > 2 mm) deutlich geringer als in den tiefgründigen und skelettarmen Flachlandwäldern im Kernmünsterland und am Niederrhein (185 und 160 t Corg/ha) (Abb. 5). Auffallend hoch sind die Vorräte in der organischen Auflage im Kernmünsterland. Hier sind die Böden zu einem großen Anteil von Stauwasser geprägt (Hauptbodentyp: Pseudogley) und durch intensive Feuchtperioden während des Winters und Trockenperioden im Sommer gekennzeichnet. Unter diesen Bedingungen wird der Zersetzungsprozess von organischem Material verlangsamt oder zeitweise unterbrochen, was zur Folge hat, dass sich hier mächtige organische Auflagen anreichern.

Neben der klassischen Kohlenstoffinventur wurden in den Bodenproben aus 0 – 5 cm Mineralbodentiefe umfangreiche bodenphysikalische, -chemische und mikrobiologische Analysen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit den Nutzungsaspekten der untersuchten Wälder verknüpft und ausgewertet. Mit zunehmendem Anteil an Nadelbäumen sinkt der pH-Wert des Bodens, was sich auf das mikrobielle Wachstum und die mikrobielle Aktivität auswirkt: das mikrobielle Wachstum (Cmik/Corg) ist in Beständen mit hohem Nadelbaumanteil und mächtiger organischer Auflage geringer und das C/N Verhältnis im Boden und der mikrobiellen Biomasse wird weiter. Gleichzeitig steigt der metabolische Quotient q_{CO_2} , was auf eine gesteigerte Freisetzung von CO₂ aus dem Boden in die Atmosphäre hindeutet, insbesondere in stark bewirtschafteten Waldbereichen.

Neben gebietsübergreifenden Trends, wie höheren Lagerungsdichten und pH-Werten auf Rückegassen, konnten auch gebietsabhängige Effekte nachgewiesen werden (Abb 6). Rückegassen wirkten sich in den untersuchten Mittelgebirgswäldern weitaus drastischer aus als in den Wäldern des Flachlandes. In den Rückegassen der Mittelgebirgsstandorte verschob sich die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft von Pilzen hin zu mehr Bakterien. Die mikrobielle Gesamtaktivität erhöhte sich, was zu einem schnelleren Kohlenstoffumsatz und erhöhten CO₂-Verlusten aus dem Boden durch mikrobielle Atmung führte. Dazu tragen sicherlich auch die Faktoren Licht und Wärme bei. Rückegassen werden deutlich weniger durch Bäume überschirmt; gleichzeitig ist der Anteil an Offenboden höher. Mehr Sonnenlicht erreicht den Boden und erwärmt ihn. Das wiederum beschleunigt die Reaktionsraten und die Abbauprozesse. In den Tieflandwäldern waren die Auswirkungen von Rückegassen insgesamt gering. Unabhängig von regionalspezifischen Auswirkungen wurde der relative Anstieg der Lagerungsdichte des Feinbodens als wichtiges Merkmal identifiziert, das die Auswirkungen von Rückegassen auf viele Bodenparameter bestimmt, was sich in negativen Korrelationen mit Corg, N, Cmik, Nmic, Pmic, Cmik/Corg und CO₂/Corg und positive Korrelationen mit den Aktivitäten bestimmter hydrolytischer Enzyme widerspiegelt.

Der pH-Wert des mineralischen Oberbodens war auf gepflügten Flächen tendenziell höher. Signifikante Pflüfungseffekte ließen sich in engeren C/N Verhältnissen im Mineralboden sowie in der mikrobiellen Biomasse nachweisen, sowie in erhöhten Gehalten an Phosphor (sichtbar sowohl im Gesamtphosphor, pflanzenverfügbarem Phosphat, sowie im Phosphor in der mikrobiellen Biomasse) und höheren Gehalten an Nitrat und Ammonium in ehemals gepflügten Waldböden.

Biodiversität

Generell konnte kein negativer Effekt der Bewirtschaftung auf die Biodiversität nachgewiesen werden. Lediglich bei den Flechten deutete sich ein entsprechender Trend an, der allerdings v.a. davon herrührte, dass diese Gruppe v.a. von alten Eichen positiv beeinflusst werden und Flächen mit alten Eichen in unseren Untersuchungen einen niedrigen ForMI aufwiesen. Bei allen anderen Artgruppen zeigt sich kein Effekt der Waldnutzung auf Individuen- oder Artenzahl wenn man die Gruppen in ihrer Gesamtheit betrachtet.

Vögel zeigen entlang des ForMI eine Änderung der Artenzusammensetzung, die v.a. durch das Nistverhalten und die Nahrungspräferenz bestimmt wird. Während in (tendenziell eher älteren) Flächen mit niedrigem ForMI Arten, die ihre Nahrung an Rinde suchen, und ihr Nest in Höhlen bauen, häufiger vorkommen, sind Arten, die in Büschen brüten und dort auch ihre Nahrung suchen, tendenziell eher in Flächen mit hohem ForMI und damit einhergehender Waldstruktur, d.h. mehr Unterwuchs, zu finden. Bei den Spechten zeigte sich zudem ein gekoppelter Effekt der Baumart und des Bestandesalters - so ist der Mittelspecht in 50-jährigen Eichenbeständen etwa so häufig anzutreffen wie in 120-jährigen Buchenbeständen, was sich damit begründen lässt, dass die Rindenstruktur von Buchen erst in hohem Alter so rau ist wie die der Eiche und die Bestände erst nach einem längeren Zeitraum für den Mittelspecht entsprechend attraktiv werden.

Die Käfer machen mit ca. 800 nachgewiesenen Arten und mehr als 70.000 Individuen die artenreichste Artgruppe aus. Bedingt durch den Lebensraum und das Mikroklima sowie die dominierenden Baumarten und

die umgebende Landschaft wiesen die vier Projektgebiete sehr große Unterschiede hinsichtlich der Artenzusammensetzung auf. Auch bei den Käfern gilt, dass keine Abnahme entlang des ForMI zu verzeichnen war, wenn man die Gesamtarten- oder Individuenzahl betrachtet. Auch hier ist es notwendig, die ökologischen Präferenzen der Arten in die Betrachtung einzubeziehen. Carnivore und detritivore Arten fanden sich unabhängig von der Nutzungsintensität zu gleichen Mengen, wenngleich sich auch hier bedingt durch das Waldinnenklima die Artenzusammensetzung zwischen den Untersuchungsgebieten, teilweise auch abhängig von der dominierenden Baumart voneinander unterschieden. Einer Gruppe, der hier besondere Bedeutung zukommt, sind xylobionte, d.h. an Holz angepasste Käfer. Auch hier sind zunächst beträchtliche Unterschiede in der Zusammensetzung der Artengemeinschaft festzustellen, wobei das Massenaufreten von Buchdrucker, Kupferstecher und kleinem Buchenborkenkäfer im Arnsberger Wald Erwähnung finden sollen. Allerdings ist auch hier nicht die Waldnutzungsintensität ausschlaggebend für das Auftreten dieser Artengruppe. Stattdessen haben hier der Kronenschluss und damit einhergehend die Beschattung eher negative Effekte, wohingegen Mikrohabitate positive Effekte auf die totholzbewohnenden Käfer haben. Bedingt durch die Tatsache, dass viele xylobionte Käfer nur an einzelne oder wenige Baumarten gebunden sind, ist trotzdem die dominierende Baumart der Grund für sehr starke Unterschiede hinsichtlich der Käfercommunity zwischen den Flächen. Weiterhin ist festzustellen, dass die Strukturparameter zumindest in gewissem Maße miteinander korrelieren, d.h., dass Flächen mit niedrigem ForMi meist alt sind, damit größere Bäume mit mehr Mikrohabitaten aufweisen, allerdings – v.a., wenn sie mit Buchen bestanden sind – einen dichteren Kronenschluss aufweisen und damit stärker beschattet sind.

Die Anzahl an Gefäßpflanzen war generell sehr niedrig, was auch mit der starken Beschattung v.a. in den Buchenbeständen zusammenhängt sodass hier kein Effekt der Waldnutzung gezeigt werden konnte. Rückegassen beeinflussen die Pflanzenartenzahl positiv, wobei v.a. Ruderalarten und Störungszeiger von der Befahrung profitieren.

Flechten profitierten v.a. von alten Beständen und wurden von Eichen generell positiv beeinflusst. Nadelbestände hatten hier klar negative Effekte. Moose zeigten entlang des Waldnutzungsgradient eine Änderung der Artenzusammensetzung, die v.a. von dem von den Moosarten bevorzugten Wachstumssubstrat bzw. der dominierenden Baumart wurde und damit von verfügbaren Strukturen und pH-Wert der Borke bzw. der Streu geprägt wurde.

Teilvorhaben 3: BiCO₂ – Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen

1. Ziel und Gegenstand des Teilvorhabens

Übergeordnetes Ziel des Teilvorhabens waren der Erkenntnisgewinn und der Wissenstransfer, um die Funktionen der Kohlenstoffspeicherung und der Förderung der Biodiversität von bewirtschafteten Wäldern zu verbessern.

Wald und Holz NRW übernahm im BiCO₂-Projekt in den Bereichen Wissenstransfer und Flächenmanagement die Federführung. Als Flächeneigentümer der Staatswaldflächen, in denen sich 198 der 200 Probepunkte befanden, übernahm Wald und Holz NRW die notwendigen internen Absprachen zur Durchführung der über zwei Jahre andauernden Geländeuntersuchungen.

Ab dem zweiten Projektjahr bis zum Projektabschluss bildete der Wissenstransfer in die Forstpraxis einen Schwerpunkt des Teilprojektes. Durch die Kontakte zu Waldbesitzenden und anderen Stakeholdern aus dem Forstbereich gelang es mit einer Vielzahl an Vorträgen, Exkursionen, Fortbildungen, Tagungen und Veröffentlichungen u. a. das gewonnene Wissen an die Entscheidungsträger im Wald zu vermitteln.

Das BiCO₂-Projekt sorgte mit Hilfe dieser Aktivitäten für einen transdisziplinären Wissensaustausch und Dialog zwischen Wissenschaft, Forstpraxis, Naturschutz, politischen Entscheidungsträgern und interessierter Öffentlichkeit.

2. Bearbeitete Arbeitspakete

Arbeitspaket A: Projektkoordination

Wald und Holz NRW stand in engem Austausch mit den Projektpartnern. Bei regelmäßig stattfindenden Projektbesprechungen wurden aktuelle Anliegen und das generelle Vorgehen im Projekt diskutiert und festgelegt. Unterarbeitsgruppen – oft bestehend aus Vertretern aller Teilprojekte – bearbeiteten Teilaspekte ebenfalls in engem Austausch miteinander. So wurde die Auswahl der Untersuchungsflächen gemeinsam durchgeführt, Untersuchungen der anderen Teilprojekte kooperativ durchgeführt, zahlreiche Veranstaltungen zum Wissenstransfer und zur Öffentlichkeitsarbeit gemeinsam geplant und durchgeführt sowie gemeinsame Veröffentlichungen erstellt.

Darüber hinaus übernahm Wald und Holz NRW die verwaltungstechnische Koordination der Geländeuntersuchungen (Befahrungsgenehmigungen für Forstwege, Absprachen zu Untersuchungsterminen mit den Regionalforstämtern).

Arbeitspaket B: Untersuchungskonzept

Wald und Holz NRW war an der Entwicklung des Stichprobenkonzeptes beteiligt. Die Aufnahmen der lebenden Gehölze sowie des Totholzes orientierten sich an der Aufnahmeanweisung für Probekreisinventuren in nordrhein-westfälischen Naturwaldzellen von Wald und Holz NRW. Dies sicherte die Übertragbarkeit der Ergebnisse und den Vergleich mit anderen Untersuchungen in NRW und darüber hinaus.

Gemeinsam mit den Projektpartnern und in Abstimmung mit den Regionalforstämtern fand die Planung und Umsetzung der Flächenauswahl (200 Probepunkte zzgl. 84 Rückegassen) statt.

Wald und Holz NRW unterstützte die wald- und vegetationskundlichen Aufnahmen in den Probekreisen vor allem im zweiten Untersuchungsjahr 2022 in den Untersuchungsgebieten Kernmünsterland und Niederrhein. Für diese führte Wald und Holz NRW auch die Berechnung des forstlichen Nutzungsindex (ForMI) durch.

Arbeitspaket C: Etablierung Datenbank

Die Datenbank wurde bei der NABU-Naturschutzstation Münsterland (Teilvorhaben 1) etabliert. Wald und Holz NRW unterstützte die Überlegungen zur Anlage und Strukturierung der Datenbank.

Arbeitspaket D: Kohlenstoff oberirdisch

Wald und Holz NRW unterstützte das Teilvorhaben 1 bei der Auswertung der Daten zur oberirdischen Kohlenstoffspeicherung.

Arbeitspaket E: Kohlenstoff unterirdisch

Wald und Holz NRW übernahm die Suche nach geeigneten Flächen zur Untersuchung der Bodenvorbereitung. Nach umfangreicher Recherche und Flächensuche wurde aufgrund besserer Flächenverfügbarkeit und von den Bodentypen passender Standorte das Untersuchungsgebiet Niederrhein ausgewählt.

Arbeitspaket F: Biodiversität oberirdisch

Wald und Holz NRW mit dem Teilvorhaben 1 die Erfassung und Auswertung der Mikrohabitate und Waldentwicklungsphasen auf allen 200 Probekreisen durch. Die Erfassung und Auswertung der Brutvögel inkl. Spechte, der Käfergemeinschaften sowie der Moose und Flechten fand dagegen überwiegend durch die anderen Teilprojekte sowie externe Auftragnehmer statt.

Arbeitspaket G: Biodiversität unterirdisch

Die Erfassung und Auswertung der unterirdischen Biodiversität in Form von Regenwürmern und Collembolen fand durch die NABU-Naturschutzstation Münsterland (Teilvorhaben 1) und externe Auftragnehmer statt.

Arbeitspaket H: Ergebnissynthese

Wald und Holz beteiligte sich intensiv an der Zusammenführung und statistischen Auswertung der Ergebnisse, mit Schwerpunkt auf der Berechnung des Nutzungsindex (ForMI), der Auswertung der Diversität der vorkommenden Waldentwicklungsphasen, der Berechnung eines Index zur ökonomischen Standortbewertung, der Verjüngung und des Wildverbisses sowie der Auswertung forstlicher Eckdaten wie Vorratsfestmeter und Stammzahlen.

Mit den anderen Teilprojekten wurde ein Expertenworkshop zur Erstellung der Bewertungsmatrix durchgeführt. Daran nahmen zahlreiche projektexterne Vertreter*innen aus der Forstpraxis sowie der Forst- und Naturschutzverwaltung teil. Dieser Personenkreis fungierte auch als externer Fachbeirat, der bei unterschiedlichen Fragestellungen situativ hinzugezogen wurde (u.a. Handlungsoptionen). Auch bei anderen Wissenstransferveranstaltungen wurden die Pläne zur Erstellung einer solchen Matrix mit den Teilnehmenden aus der Forstpraxis diskutiert. In der Diskussion ergab sich aus Gründen einer besseren Zielgruppenorientierung aus der Bewertungsmatrix eine Broschüre zu Handlungsoptionen für die Forstpraxis zu entwickeln. Diese erfüllt den gleichen Zweck und hat das Ziel die Biodiversität und die Kohlenstoffspeicherung noch mehr in die forstliche Bewirtschaftung zu integrieren. Dort enthalten sind 17 forstliche Handlungsoptionen und deren Auswirkungen auf die Kohlenstoffspeicherung und die Biodiversität. Zudem werden auch konkrete Empfehlungen zur Umsetzung im Wald und Fördermöglichkeiten aufgezeigt. Die Handlungsoptionen wurden im letzten Projektjahr im Austausch mit zahlreichen Akteuren aus dem Beirat und der weiteren Forst- und Naturschutzpraxis entwickelt. Die entsprechende Broschüre wird auf der Projekthomepage www.bico2.de zur Verfügung gestellt.

Die Vorstellung und praktische Erprobung der Handlungsoptionen erfolgte unter anderem auf zwei Fortbildungsveranstaltungen im Rahmen des Forstlichen Bildungsprogramms von Wald und Holz NRW, bei Praxisübungen mit den beteiligten Regionalforstämtern von Wald und Holz NRW sowie bei der Abschlusstagung im November 2023 in Münster. Dies sichert die forstliche Praxistauglichkeit wie auch die naturschutzfachliche Effektivität des Instruments ab.

Arbeitspaket I: Transfer

Wald und Holz NRW übernahm federführend die Planung und Durchführung von zahlreichen Veranstaltungen zum Wissenstransfer an die Forstpraxis sowie an andere Stakeholder. Stets in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern fanden auch zahlreiche Aktivitäten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit statt. Dabei wurden über 600 Akteure aus Forst- und Naturschutzpraxis zielgerichtet erreicht. Viele von ihnen werden als Multiplikatoren die Wirksamkeit des Transfers noch erhöhen.

Anfang November 2021 begann diese mit einer Fachtagung an der Universität Münster mit über 80 Teilnehmende als Hybridveranstaltung. Dabei wurde das Projekt sowie erste Ergebnisse der laufenden Untersuchungen vorgestellt. Ein früherer öffentlichkeitswirksamer Projektstart war aufgrund der Pandemiesituation nicht möglich.

Von Sommer bis Frühherbst 2022 wurde je eine Exkursion für Waldbesitzende und Forstpraktiker in den vier Projektgebieten Arnsberger Wald, Egge-Vorberge, Reichswald Kleve und Kernmünsterland durchgeführt. Diese wurden jeweils mit den Regionalforstämtern vor Ort organisiert und erreichten in Summe rund 100 Personen. Diskussionen und ein angeregter Austausch zwischen der Forstpraxis und dem Projektteam führte auch zum Erkenntnisgewinn beim weiteren Vorgehen des Projekts in den Bereichen praxisnahe Wissensvermittlung, Öffentlichkeitsarbeit und Datenauswertung. Auch innerhalb von Wald und Holz NRW wurde das Projekt bei zahlreichen Dienstbesprechungen und Bereisungen vorgestellt. Zudem wurde eine Informationsveranstaltung für Behördenvertreter aus NRW durchgeführt (40 Teilnehmende).

2023 wurde zudem eine vierteilige Veranstaltungsreihe mit dem Titel „Multitalent Wald?!“ zu den Schwerpunktthemen Kohlenstoff-Speicherung, Bodenökologie, Biodiversität und einer praktischen waldbaulichen Marteloskop-Übung durchgeführt. Auf besonders großes Interesse stieß die Veranstaltung „Wald als Klimaschützer – Kohlenstoff-Speicherung im Wirtschaftswald“. Insgesamt nahmen etwa 100 Waldbesitzende und Interessierte an der Veranstaltungsreihe teil.

Während sich die bisherigen Veranstaltungen vor allem an Waldbesitzende und Forstpraktiker richteten, fanden im Sommer 2023 auch jeweils eine Exkursion in die vier Projektgebiete für die Öffentlichkeit statt.

Im Rahmen des Forstlichen Bildungsprogramms von Wald und Holz NRW wurde 2023 eine Fortbildung zum Thema „Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung in Wäldern – Erkenntnisse aus der Forschung für die Forstpraxis“ durchgeführt. Die eintägige Veranstaltung begann mit einer theoretischen Einführung und endete mit einer Exkursion im Arnsberger Wald, wo die Erkenntnisse anschaulich im Waldbestand vermittelt und diskutiert werden konnten. Die Fortbildung stieß auf großes Interesse und erhielt sehr positive Rückmeldung, weshalb sie 2024 erneut durchgeführt wurde. Insgesamt nahmen rund 40 Personen teil.

Im November 2023 fand in Münster die Abschlusstagung des Projekts „Wälder im Spannungsfeld von Bewirtschaftung, Biodiversität und Kohlenstoff-Speicherung“ statt. Diese erstreckte sich über drei Tage und endete mit einer Exkursion mit verschiedenen Schwerpunkten zu Handlungsoptionen, Biodiversität und Kohlenstoffspeicherung im Boden. Insgesamt nahmen rund 160 Personen in Präsenz teil.

Wald und Holz NRW stellte das Projekt zudem auf zahlreichen weiteren Veranstaltungen vor: Vortrag bei der Forstwissenschaftlichen Tagung 2023 in Dresden, Vortrag bei der KWF-Tagung 2024 in Schwarzenborn, Vortrag bei der Tagung des Netzwerks Renaturierung 2022 in Osnabrück sowie Exkursion während der Jahrestagung des DFWR in Münster. Zudem war Wald und Holz NRW mit den Projektergebnissen bei einigen Tagungen im Rahmen von Poster-Ausstellungen präsent: „50 Jahre Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen“ 2022 in Bonn, Waldklimafonds-Kongresses 2022 der FNR in Göttingen sowie KWF-Tagung 2024 in Schwarzenborn.

Im Jahr 2023 wurde sowohl im Rahmen des Expertenworkshops als auch bei der Abschlusstagung mit den Teilnehmenden über Anwendungsoptionen forstlicher Förderung diskutiert. Bei der Tagung wurde dabei gemeinsam mit dem zuständigen Referat des Ministeriums für Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MLV NRW) ein Workshop angeboten. In der Broschüre zu den Handlungsoptionen wurden Hinweise auf bestehende Fördermöglichkeiten von Maßnahmen, die zur Förderung der Kohlenstoffspeicherung und der Biodiversität im Wald beitragen, eingebaut. Wald und Holz NRW steht diesbezüglich weiterhin im Austausch mit den zuständigen Landesministerien.

Unter Beteiligung von Wald und Holz NRW wurde ein Projektlogo entwickelt, eine Projekthomepage (www.bico2.de) eingerichtet, ein Projektflyer sowie weitere Flyer zur Bewerbung von Veranstaltungen erstellt.

Neben der Broschüre zu Handlungsoptionen für die Forstpraxis sind im Projekt zahlreiche weitere Veröffentlichungen entstanden, darunter ein Schwerpunkt in der Zeitschrift AFZ-Der Wald mit insgesamt sechs Beiträgen und zwei Beiträge in der Zeitschrift Natur in NRW. Dabei stand jeweils der Transfer in die Forst- und Naturschutzpraxis und die zielgerichtete Ansprache der jeweiligen Akteure im Fokus.

3. Wesentliche Ergebnisse des Teilvorhabens

Wald und Holz NRW gewährleistete die Durchführung der Geländeaufnahmen auf 198 Probepunkten, 82 Rückegassen und zwölf Flächen mit Bodenbearbeitung im Staatswald von Nordrhein-Westfalen sowie auf je zwei Probepunkten und Rückegassen im Privatwald.

Die Untersuchungen haben aus waldökologischer wie auch aus forstpraktischer Sicht bedeutende Ergebnisse geliefert. Eine wichtige Erkenntnis ist, dass der Boden ein sehr wichtiger Kohlenstoffspeicher ist. Je nach Standort kann das Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung sehr unterschiedlich sein und z. T. deutlich über dem in der lebenden Biomasse liegen. Eine stabilere C-Speicherung im Boden kann die Forstwirtschaft über die Streuqualität mit der Baumartenwahl beeinflussen. Zudem stellten sich wasserbeeinflusste Standorte als solche mit der größten C-Speicherung dar, sodass der Forstpraxis eine Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushaltes empfohlen werden kann. Im lebenden Bestand war das Bestandesalter der entscheidende Einflussfaktor auf die C-Speicherung. Die Ergebnisse unterstreichen damit die Bedeutung alter Waldbestände auch für den natürlichen Klimaschutz. Mit 2 % machte Totholz dagegen nur einen sehr geringen Anteil am durchschnittlichen C-Vorrat aus.

Bei der Biodiversität zeigte sich, dass sich forstliche Bewirtschaftung und Artenvielfalt im Wald nicht ausschließen. Vielmehr ist die Art der Bewirtschaftung entscheidend für die Biodiversität im Wald. Dabei zeigten sich Unterschiede innerhalb von Artengruppen: So profitierten z. B. höhlenbrütende Vögel von einer weniger intensiven Bewirtschaftung, da dort eine höhere Abundanz von Höhlen zu finden ist, während in Sträuchern brütende Vögel häufiger in stärker bewirtschafteten Wäldern zu finden waren, da die Strauchschicht hier oft stärker ausgeprägt war. Es zeigte sich zudem, dass die Hauptbaumart einen wichtigen Einfluss auf die Artenzusammensetzung hat. Dies trifft z. B. auf die Vögel, Käfer und Moose zu, bei denen in benachbarten Beständen teilweise komplett andere Arten gefunden wurden, wenn sich die Baumarten veränderten. Bei Artengruppen wie Flechten und Spechten zeigte sich die besondere Bedeutung von alten Beständen und dem Vorkommen von heimischen Eichenarten auf die Biodiversität. Für die Forstpraxis ergibt sich daraus vor allem die Erkenntnis eine möglichst große Lebensraumvielfalt auf Landschaftsebene zu fördern. Außerdem konnte gezeigt werden, dass sich Sonderstrukturen wie Totholz, Biotopbäume und Bestandeslücken ebenfalls positiv auf die Biodiversität auswirken.

Die 17 abgeleiteten Handlungsoptionen zur Stärkung der Kohlenstoffspeicherung und der Biodiversität in der waldbaulichen Praxis stellen ein westliches Projektergebnis dar. Die Broschüre der Handlungsoptionen für die Forstpraxis zeigt auf, mit welchen praktischen Maßnahmen im Wald Kohlenstoffspeicherung und Biodiversität im Wald gefördert werden können. Sie steht auf der Projekthomepage www.bico2.de zum Download bereit.

Im Bereich Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit wurden mit den Kooperationspartnern insgesamt 20 projekteigene Veranstaltungen mit zusammen über 600 Teilnehmenden durchgeführt. Zudem war das Projekt bei zahlreichen weiteren Tagungen, Workshops und Dienstbesprechungen präsent, wo ebenfalls eine Vielzahl an Personen erreicht werden konnten. Bei den Veranstaltungen gelang es stets, Forstpraxis, Naturschutz und Wissenschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit zusammenzubringen und einen sachlichen, faktenbasierten Austausch zu fördern. Zu finanziellen Fördermöglichkeiten befindet sich Wald und Holz weiterhin im Austausch mit dem zuständigen Referat im MLV NRW.

Im Rahmen des Projektes sind zahlreiche Veröffentlichungen wie Artikel in Zeitschriften, Vorträge und Poster entstanden. Neben Beiträgen in internationalen Fachzeitschriften war Wald und Holz NRW bei der Erstellung von Artikeln in Zeitschriften federführend, die für den Transfer in die Forstpraxis relevant sind (s. Übersicht der Veröffentlichungen im Hauptteil, II 4.).