01089
15. Januar 2018
www.forstpraxis.de
2

AFZ DerWald

Fit für den Klimawandel

Anpassung von Feuchtwäldern

Waldpädagogik | Forschung

Fit für den Klimawandel: Anpassung von Feuchtwäldern

Nach aktuellen Klimaprognosen sind in der Westfälischen Bucht und somit auch für die dortigen Feuchtwälder zukünftig im Sommerhalbjahr länger anhaltende Trockenperioden zu erwarten. Wesentliche Ziele des Waldklimafonds-Projektes „Fit für den Klimawandel“ sind daher, Maßnahmen zur Anpassung der feuchten Wälder im Süden von Münster an Klimaveränderungen zu entwickeln, umzusetzen und wissenschaftlich zu begleiten sowie das Thema in die Gesellschaft zu transportieren.

Britta Linnemann, Michael Elmer, Dirk Bieker, Heinz-Peter Hochhäuser, Thomas Wälter

Foto: T. Hövelmann

Abb. 1: Vertreter aus Naturschutz, Forst, Wissenschaft und Politik stehen hinter dem Projekt.

Das Projektgebiet erstreckt sich südlich von Münster (Nordrhein-Westfalen) im eher waldarmen Münsterland. Zentrale Waldfläche ist das Vogelschutz-, FFH- und Naturschutzgebiet „Davert“ mit einer Fläche von 2.226 ha, das sich standörtlich in erster Linie durch großflächige Stieleichen-Hainbuchenwälder des FFH-LRT 9160 (Abb. 2) auf staunassen Böden auszeichnet (v. a. Pseudogley). Weitere Feuchtwälder sind Eichen-Eschen-Ulmen-Auenwälder, Moorbirkenwälder und Erlenbruchwälder. Daneben sind je nach Standort auch Nadelforste, Misch- und Kiefernwälder auf einem Kiessandzug sowie buchendominierte Bestände vorhanden. Das gesamte Projektgebiet umfasst mehr als 4.000 ha Waldfläche sowie einige mehr oder weniger stark degradierte Moore. Die Wälder werden in unterschiedlicher Intensität forstlich bewirtschaftet, ergänzt durch zwei Naturwaldzellen und drei Wildnisentwicklungsgebiete. Der überwiegende Teil der Flächen befindet sich in Privatbesitz, allerdings gibt es auch größere zusammenhängende Flächen in öffentlicher Hand. Ganz gezielt sollten auf freiwilliger Basis Privatwaldbesitzer gewonnen werden, ihre Flächen in das Projekt einzubringen.

Im Projektgebiet befindet sich das bedeutendste Brutvorkommen des Mittelspechtes in Nordrhein-Westfalen: Deutlich über 130 Revierpaare unterstreichen die hohe Bedeutung der Altholzbestände. Hervorzuheben ist darüber hinaus ihr durchweg typisches Vogelartenspektrum unter anderem mit Schwarzspecht, Wespenbussard und Hohltaube. Das Gebiet hat weiterhin wesentliche Bedeutung für zahlreiche an Wälder gebundene seltene Arten, z. B. Fledermäuse, Tagfalter, Totholzkäfer und Flechten.

Eichen im Münsterland

Die Wälder des Projektgebiets sind von Stieleichen-Hainbuchenwäldern geprägt und zeichnen sich durch eine relativ einheitliche Altersstruktur aus. Nach Angaben der aktuellen Landeswaldinventur NRW weist die Eiche im Regionalforstamt Münsterland einen Baumartenanteil von über 27 % auf und ist damit die bedeutendste Baumart im Gebiet [8].

Fit für den Klimawandel

Das Projekt „Fit für den Klimawandel – Maßnahmen für eine nachhaltige, naturnahe Anpassung feuchter Wälder im Münsterland an Klimaveränderungen“ ist ein Kooperationsprojekt zwischen der NABU-Naturschutzstation Münsterland e. V. und dem Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen. Die wissenschaftliche Begleitung erfolgt durch die Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Landschaftsökologie. Das Projekt wird seit dem 1. Januar 2014 vom BMEL und vom BMUB mit Mitteln des Waldklimafonds, dem MULNV NRW sowie dem NABU gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen
Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
NABU Naturschutzstation Münsterland e.V.

Hesse [5] beschreibt mehrere Phasen, in denen Eichen im Münsterland anthropogen gefördert wurden. Im 18. und 19. Jahrhundert war die Eiche die bevorzugte Baumart im Gebiet und wurde aufgrund der Holznutzung und der Eichelmast geschätzt. Die Waldbestände einiger Förstereien bestanden um 1930 zu über drei Vierteln aus Eiche. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts setzte eine mehrere Jahrzehnte andauernde Phase des Eichensterbens ein, eingeleitet durch ein Dürrejahr 1911. In den Folgejahren führte starker Fraß von Frostspanner und Eichenwickler in Kombination mit Mehltaubefall, weiteren Trockenjahren und wiederholten Spätfrösten zu einer lang anhaltenden Phase des Eichensterbens. Während und nach dieser Phase, die bis in die 1940er-Jahre andauerte, wurden kaum mehr Eichen nachgezogen oder gepflanzt. Erst seit rund 30 Jahren wird wieder vermehrt auf die Eiche gesetzt. Die heutige Zusammensetzung der Eichenwälder ist daher dominiert von Beständen, die im 19. Jahrhundert gepflanzt wurden und 120 bis 180 Jahre alt sind.

Das gemeinsame Ziel von Naturschutz und Forstwirtschaft im Rahmen des Projekts „Fit für den Klimawandel“ besteht darin, diese Wälder anpassungs- und widerstandsfähig zu machen für zukünftige Klimaveränderungen. Dadurch wird die langfristige Bindung und Speicherung von Kohlenstoff in den Bäumen und im Boden gewährleistet [4] und gleichzeitig der Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten gesichert [3]. Eine Reduzierung von Trockenstress soll aber auch die Wuchsleistung der Bäume steigern sowie ihre Vitalität und langfristige Nutzbarkeit fördern.

Foto: D. Bieker

Abb. 2: Eichen-Hainbuchenwald im Projektgebiet

Maßnahmen

Eine Besonderheit im Gebiet und Ansatzpunkt für das Projekt ist das dichte Netz aus Entwässerungsgräben. Dieses Grabensystem wurde vorab im Auftrag von Wald und Holz NRW kartiert. Diese teilweise schon sehr alten Entwässerungsstrukturen ziehen sich oft regelmäßig systematisch oder in Form von Fließgewässern verschiedener Größenordnung durch die Wälder und drainieren so die stau- und wechselfeuchten Böden. Die Gräben waren im 19. Jahrhundert bedeutsam für die Bestandesbegründung von Eichen-(Misch-)Wäldern. In Zeiten des Klimawandels mit reduziertem Wasserangebot in der forstlichen Vegetationsperiode verändern sie jedoch die Bedingungen der staunassen Standorte und beeinflussen so das Wachstum und die Vitalität der Bäume durch sommerlichen Trockenstress. Eine abnehmende Stabilität und Resilienz der Ökosysteme ist die Folge [6].

Daher war es ein Ziel des Projektes, den naturnahen bzw. möglichst natürlichen Wasserhaushalt der Wälder im Süden von Münster weitgehend wiederherzustellen. Der stufenweise Rückbau des Entwässerungsnetzes auf einer Fläche von etwa 450 ha soll den Frühjahrsabfluss vor Laubaustrieb reduzieren, die Möglichkeit des Waldbodens zur Wasserspeicherung nach sommerlichen Starkregen erhöhen und dabei aber gleichzeitig langanhaltende Überstauungen mit negativer Folge für das Waldökosystem vermeiden [1].

Alt- und Totholz im Wald sind wertvoller Lebensraum, dienen der Stabilität, Vitalität und Regenerationsfähigkeit des Ökosystems und leisten einen unverzichtbaren Beitrag zur Schaffung von naturnahen, struktur- und artenreichen Wäldern. Wenn Alt- und Totholz erhalten werden, bedeutet dies eine jahrzehntelange Form der Kohlenstoffspeicherung im Wald, zugleich erhöht es die biologische Vielfalt. Da Altholz besonders große Mengen an Kohlenstoff speichert, fördert eine Erhöhung des Altholzanteils das Kohlendioxid-Minderungspotenzial des Waldes. Im Rahmen des Projekts wurde daher die Förderung von Alt- und Totholz im Wirtschaftswald angestrebt, mit besonderem Fokus auf die freiwillige Umsetzung im Privatwald. Insgesamt konnten so 1.874 Bäume in Form von 19 Altholzinseln dauerhaft gesichert werden [2].

Auch eine Optimierung der Baumartenzusammensetzung wurde auf insgesamt 34 ha durchgeführt. Hier wurden überwiegend instabile Nadelholzbestände auf staunassen Böden in Mischwälder mit einer höheren Baumartenanzahl und zumeist mit einer Eichendominanz überführt. Ein weiterer wichtiger Projektbaustein war die hydrologische Optimierung zur Revitalisierung von Torfkörpern und Moorwäldern [1].

Monitoring und Begleitforschung

Zentrales Element der praxisbegleitenden Forschung war die Baseline-Erfassung und der Beginn eines dauerhaften Monitorings auf 14 Referenzflächen mit und ohne Rückbau der Entwässerung mit insgesamt 56 Probekreisen. Die Auswirkungen der Maßnahmen wurden in aus der forstlichen Nutzung genommenen Wildnisentwicklungsgebieten im Vergleich zu

weiterhin bewirtschafteten Flächen untersucht: Wie wirkt sich der Klimawandel auf diesen Flächen aus? Welche Auswirkungen hat die künstliche Entwässerung auf die Hydrologie des Gebietes? Wie viel Kohlenstoff ist in Holz und Boden gespeichert? Und wie groß ist die biologische Vielfalt? Unterscheiden sich Bestände mit und ohne hydrologischer Optimierung in Zuwachs und Vitalität? Untersuchungen zur Anpassungsfähigkeit der Eichen an sich verändernde Umweltbedingungen ergänzten das Spektrum [3].

Klimaschutz durch Wälder erfolgt im Wesentlichen durch Holzprodukte, stoffliche Substitution und Speicherung von Kohlenstoff im Waldökosystem. Im Rahmen des Projektes wurden die Kohlenstoffvorräte in Eichen-Hainbuchenwäldern und anderen Feuchtwäldern quantifiziert. Dabei wurden die lebende Biomasse in Form von Bäumen und Wurzeln, die tote Biomasse in Form von Totholz und Streu sowie der Boden untersucht. Mit durchschnittlich 322 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar tragen die untersuchten Wälder im sonst waldarmen Münsterland maßgeblich zum Klimaschutz bei. Zudem wird mithilfe der hydrologischen Optimierung der Wälder nicht nur die Wasserrückhaltefunktion ihrer Böden, sondern auch deren Potenzial zur Kohlenstoffspeicherung gestärkt [4].

Transfer

Der Transfer in verschiedene Gruppen der Bevölkerung ist ein weiteres wichtiges Ziel des Projektes. Die Entwicklung von bundesweit einsetzbaren Materialien für Schulklassen verschiedener Altersstufen soll das Verständnis von Kindern und Jugendlichen für die Bedeutung unserer Wälder vor dem Hintergrund des Klimawandels schärfen und eigene Handlungsspielräume aufzeigen. Diese Unterlagen werden ergänzt durch einen Wald-Klima-Lehrpfad, der für alle Interessierten die Anpassung der Wälder an den Klimawandel im Projektgebiet und allgemein das Thema Klimaschutz durch Wälder aufbereitet. Eine Wald-Klima-App begleitet den Lehrpfad; sie dient der allgemeinen Information und Besucherlenkung.

Private Waldbesitzer sind wichtige Adressaten des Vorhabens. Zahlreiche Maßnahmen konnten in enger Kooperation mit den zuständigen Forstleuten und den Waldbesitzern auf Privatwaldflächen durchgeführt werden (Abb. 3). Darüber hinaus führten die Projektpartner mehrere Informationsveranstaltungen für Waldbesitzer durch, um das Wissen über Wälder im Klimawandel in die private Praxis zu transferieren. Schließlich wurden verschiedene Informationsmaterialien produziert und zahlreiche Veranstaltungen durchgeführt, um die Ergebnisse des Projektes und die Bedeutung der Klimaleistung unserer Wälder zu zahlreichen Interessengruppen zu transportieren [7].

Foto: M. Elmer

Abb. 3: Beratung eines Privatwaldbesitzers durch Naturschutz, Forstbehörde und Gutachter

Folgerungen

Nach über vierjähriger Laufzeit lohnt sich der Blick auf die Ergebnisse dieses gelungenen Kooperationsprojektes zwischen Naturschutz und Forstwirtschaft, die in den folgenden Beiträgen näher beschrieben werden. Bedeutsam sind aber auch die Rahmenbedingungen, unter denen das Projekt umgesetzt werden konnte: Der Waldklimafonds ermöglichte den Akteuren vor Ort, die Flächenauswahl auf rein fachlicher Basis zu treffen, unabhängig von Eigentumsart oder Schutzkategorie. Dadurch wurde die Basis für einen größtmöglichen Nutzen der Maßnahmen in der Fläche gelegt. Ferner generierte die parallele Bearbeitung unterschiedlicher Themenfelder – Umsetzung von Maßnahmen, Monitoring und Begleitforschung, Umweltbildung und Transfer in die Öffentlichkeit – viele Synergien und einen deutlichen Mehrwert gegenüber vielen kleinen Einzelprojekten.

Fachtagung zum Thema

Am 15./16. Februar 2018 findet eine Fachtagung des Projektes zum Thema „Feuchtwälder im Klimawandel“ in Münster statt. Details zur Tagung sowie weitere Informationen zum Projekt sind unter www.fit-fuer-den-klimawandel.de zu finden.

Literaturhinweise:

[1] BIEKER, D.; ELMER, M.; WITTJEN, K.; LINNEMANN, B. (2018): Mehr Wasser für feuchte Wälder und Moore. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 13. **[2]** ELMER, M.; BIEKER, D.; LINNEMANN, B. (2018): Förderung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 16. **[3]** ELMER, M. et al. (2018): Monitoring und Begleitforschung von Feuchtwäldern. AFZ-DerWald Nr. 2/2018. **[4]** GREIVING, K. et al. (2018): Kohlenstoffvorräte in Feuchtwäldern der Westfälischen Tiefebene. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 19. **[5]** HESSE, S. (1997): Die Eiche im Münsterland. Schwerte, 59 S. **[6]** MKULNV NRW (2015): Wald und Waldmanagement im Klimawandel – Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 64 S. **[7]** TECKER, A. et al. (2018): Transfer von Wald und Klima: Schüler und Waldbesitzer im Fokus. AFZ-DerWald Nr. 2/2018. **[8]** Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank. https://bwi.info, Waldfläche nach Forstamt und Bestockungstyp der Hauptbestockung (44Z1JI_R343_344or_2013 / 2015-10-12 16:47:5.863), Abruf am 17.12.2017.

Dr. Britta Linnemann, b.linnemann@nabu-station.de, ist Projektleiterin im Waldklimafonds-Projekt „Fit für den Klimawandel“ und Leiterin der NABU-Naturschutzstation Münsterland e. V. **Michael Elmer** arbeitet ebenfalls als Projektleiter in dem Projekt. **Dr. Dirk Bieker** war bis Oktober 2017 als Projektleiter tätig. **Heinz-Peter Hochhäuser** ist Leiter des Regionalforstamtes Münsterland bei Wald und Holz NRW. **Thomas Wälter** leitet den Fachbereich Hoheit, Schutzgebiete, Umweltbildung und Nationalpark Eifel bei Wald und Holz NRW.

Mehr Wasser für feuchte Wälder und Moore

Im Rahmen des Projekts „Fit für den Klimawandel“ wurden im Münsterland künstlich angelegte Entwässerungsgräben auf einer Fläche von über 450 ha zurückgebaut. Den Eichen-Hainbuchenwäldern wird durch diese Maßnahme in den Frühjahrs- und Sommermonaten mehr Wasser zur Verfügung stehen. Bei den zu erwartenden Klimaveränderungen ist dies eine geeignete Maßnahme, um möglichen Trockenstress zu reduzieren und die naturschutzfachlich und forstwirtschaftlich bedeutsamen Wälder aktiv auf den Klimawandel vorzubereiten.

Dirk Bieker, Michael Elmer, Kerstin Wittjen, Britta Linnemann

Die stau- und wechselfeuchten Böden im Süden von Münster sind von einem engmaschigen Netz aus Entwässerungsgräben durchzogen. Der Großteil der Gräben wurde im 19. Jahrhundert in sumpfigen Gebieten angelegt, um diese Standorte auf die Bepflanzung mit Eichen vorzubereiten [8]. Eine genauere Beschreibung der örtlichen Verhältnisse findet sich in Linnemann et al. [7]. Viele der Entwässerungsgräben werden bis heute stetig unterhalten und dadurch in ihrer Funktion erhalten. Aber auch in Bereichen, in denen schon lange keine Grabenunterhaltung mehr stattfindet, zeigen die Gräben und oberflächlichen Abflussrinnen häufig noch ihre Wirkung. In Zeiten von zunehmender Frühjahrs- und Sommertrockenheit sind diese Entwässerungseffekte negativ zu bewerten. Eine verminderte Wasserverfügbarkeit kann zu Vitalitäts- und Zuwachseinbußen sowie Trockenstress führen.

Foto: Dirk Bieker

Abb. 1: Graben mit einfachem Lehmstau

Schneller Überblick

- Im Süden von Münster werden seit 2014 Maßnahmen zur Anpassung von Feuchtwäldern an den Klimawandel umgesetzt
- Im Rahmen des Waldklimafonds-Projektes „Fit für den Klimawandel“ wurden auf über 450 ha künstliche Entwässerungsgräben zurückgebaut
- Feuchtwälder und Moore profitieren von dem zusätzlichen Wasser

Trockenstress gilt als schadauslösender Faktor für das Eichensterben [4]. Im Münsterland trat das Phänomen infolge geringer Niederschläge, unter anderem in der Vegetationsperiode des Jahres 1911, auf. In den Folgejahren führte starker Fraß von Frostspanner und Eichenwickler in Kombination mit Mehltaubefall, weiteren Trockenjahren und wiederholten Spätfrösten zu einer lang anhaltenden Phase des Eichensterbens [3].

Aktuelle Klimamodelle für den Naturraum Westfälische Bucht gehen von insgesamt steigenden Temperaturen bei verringerten Niederschlägen in den Frühjahrs- und Sommermonaten aus [6]. Sollte sich dieses Szenario bewahrheiten, werden die Bäume zunehmend unter Trockenstress geraten, was die Schadanfälligkeit der Eiche weiter erhöhen wird [9, 5].

Trockenstress minimieren

Das gemeinsame Ziel von Naturschutz und Forstverwaltung besteht darin, die Stieleichen-Hainbuchenwälder und Eschen-Ulmen-Auwälder gegenüber den zu erwartenden Folgen des Klimawandels zu stabilisieren. Durch den stufenweisen Rückbau der Entwässerungsgräben soll die Wasserrückhaltefunktion der Waldböden gestärkt und der Verlust von pflanzenverfügbarem Wasser vermindert werden. Dadurch steht den Bäumen zur Zeit des Laubaustriebs und nach Starkregen im Sommer mehr Wasser zur Verfügung, was sich wiederum positiv auf die Vitalität der Bäume auswirkt. Gleichzeitig

muss man jedoch auch bedenken, dass die Bäume unter den gegebenen Bedingungen bereits seit über 150 Jahren wachsen und auf kurzfristige und starke Veränderungen eventuell negativ reagieren können. Eine zu radikale Veränderung des bestehenden Wasserhaushalts durch den vollständigen Rückbau der Entwässerungsgräben könnte daher ebenfalls negative Auswirkungen auf die Vitalität der Bäume haben. Der einfache Anstau von Gräben an nur wenigen Punkten würde zwar den Ablauf von großen Wassermengen verhindern, gleichzeitig aber zu einer ungleichen Verteilung des Wassers führen. Vor einem derartigen Staupunkt wäre mit einer flächigen Überstauung zu rechnen, während in den weiter entfernten Bereichen immer noch eine Wasserabfuhr von der Fläche bis hin zu dem Staupunkt stattfinden würde.

Rückbau kleiner Gräben stärkt die Wasserrückhaltefunktion

Um diese negativen Effekte zu vermeiden, wurde im Projekt „Fit für den Klimawandel“ ein Konzept entwickelt, bei dem den kleineren Grabenstrukturen das besondere Augenmerk gilt. Ausgehend von der Idee, dass ein Rückbau der Gräben gleichzeitig den Wasserabfluss aus der Fläche verhindern und die Wasserrückhaltefunktion der Waldböden steigern soll, wurden zuerst die kleinsten Grabenkategorien bearbeitet. Dabei werden die Gräben der 1. Ordnung (Stichgräben ohne weiteren Zulauf) und 2. Ordnung (Gräben mit wenigen Zuläufen und einem Einzugsgebiet von unter 5 ha) durch kaskadenartigen Anstau in ihrer Wirkung reduziert bzw. aufgehoben. In Abhängigkeit von der Geländeneigung wird dabei alle 20 bis 50 m ein Grabenstau errichtet (Abb. 1). Der Zulauf zu den Gräben der höheren Ordnungen, also Gräben mit einem Einzugsgebiet über 5 ha sowie Vorfluter etc. bleiben in ihrer Funktion bestehen. Auch die Funktion von Wegeseitengräben bleibt erhalten, um die Qualität des forstlichen Wegenetzes nicht zu beeinträchtigen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass im Falle von langanhaltenden oder starken Niederschlägen überschüssiges Wasser, das nicht vom Boden aufgenommen werden kann, über die Vorfluter und offenen Gräben abgeführt wird. Durch dieses Verfahren wird dem Wald mehr Wasser zur Verfügung gestellt, ohne dass die Gefahr von langanhaltender starker Überstauung in der Vegetationsperiode besteht. Lang anhaltende Überstauungen können besonders in Kombination mit dem Frühjahrsfraß von Insekten zu einer weiteren Belastung für die Vitalität der Eichen werden [3].

Foto: Kerstin Wittjen

Abb. 2: Grabenverschluss unter Verwendung von Holzbohlen

Vor der Umsetzung der Maßnahmen wurden in mehreren Gutachten potenzielle Flächen für den Rückbau der Entwässerung ermittelt. Neben der Grabenstruktur selbst wurde dabei auch die aktuelle Bestockung bzw. der Standort mit berücksichtigt. Bestände mit vorwiegend Fichte oder Buche wurden von den Maßnahmen ausgenommen, um diese Stauwasser-sensiblen Baumarten nicht weiter zu destabilisieren. Die Kartierung von potenziellen Verschlusspunkten erfolgt dann auf Basis des Digitalen Geländemodells und Flächenbegehungen. Abschließend wurde jeder der etwa 2.000 Staupunkte von den Mitarbeitern der NABU-Naturschutzstation im Gelände markiert und eventuelle Abweichungen von den zuvor ermittelten Grundlagen dokumentiert.

Rückbau von Gräben wirkt sich positiv aus

Die Grabenverschlüsse wurden mithilfe eines Mini-Baggers (< 2,5 t) errichtet. Dabei wurden in Abhängigkeit von dem Einzugsgebiet und Grabengröße zwei verschiede Techniken angewendet. Bei kleinen Gräben mit einem geringen Einzugsgebiet wurde anstehender Lehm verwendet. Dabei entfernt der Bagger zuerst loses Material aus dem Graben und legt es neben dem Graben ab. Anschließend wird in direkter Nähe lehmiges Material freigebaggert und in Form eines etwa ein Meter breiten Staus in den Graben eingebracht. Der Bagger verdichtet das eingebrachte Material dabei immer wieder mit der Schaufel, um eine durchgehende Stabilität des Grabenverschlusses zu gewährleisten. Abschließend wird das zuvor abgelegte lose Material in das ausgebaggerte Loch verfüllt. Gräben mit einem größeren Einzugsgebiet werden zusätzlich mit Holz befestigt. Dabei werden fünf Zentimeter dicke Nut- und Feder-Bohlen senkrecht nebeneinander in den Graben eingebracht (Abb. 2). Diese Sperre aus Holz wird abschließend ebenfalls mit Lehm abgedeckt.

Die Kosten für den Verschluss der Gräben liegen bei etwa 300 €/ha für die reine Ausführung der Arbeiten mit dem Mini-Bagger. Bei Bestandeswerten von weit über 30.000 €/ha ist dies eine vergleichsweise geringe Investition, um die Wasserrückhaltefähigkeit der Waldböden zu steigern und damit den Trockenstress der alten Eichen dauerhaft zu mindern.

Die Wirksamkeit der Staupunkte ist in Abb. 3 erkennbar. Während das Wasser aus dem ungestauten Graben weiter abfließt, verhindert der Staupunkt im linken Bildabschnitt den Abfluss. Den Bäumen steht damit zum Laubaustrieb mehr Wasser zur Verfügung, ohne dass insgesamt eine Gefahr für langzeitige Überstauung besteht.

Um die Auswirkungen der durchgeführten Maßnahmen auf den Bodenwasserhaushalt und die Wälder langfristig dokumentieren zu können, wurde ein umfangreiches Monitoringsystem eingerichtet [2].

Revitalisierung von Waldmooren

Neben der Verbesserung des landschaftstypischen Wasserhaushalts auf mehreren hundert Hektar konnten im Rahmen des Projekts zwei Moore revitalisiert werden. Im 27 ha großen Nottebrockmoor wurden die zentralen Entwässerungsgräben durch den Einbau von Holzstauen und die Verfüllung der Gräben mit Sägespänen und Sägemehl in Anlehnung an die „Zuger Methode“ verschlossen [1]. Vor der Verfüllung der Gräben wurde jeweils die Vegetation innerhalb des Grabens, in erster Linie Torfmoose, mit dem Bagger zur Seite gelegt und anschließend wieder auf den verfüllten Graben aufgebracht. Durch die Verfüllung der zentralen Entwässerungsgräben kann der Abbau des noch vorhandenen Torfkörpers gestoppt bzw. verlangsamt werden. Die im Moor gespeicherte Menge Kohlenstoff (insg. 5.300 t) kann so langfristig verbleiben und wird nicht durch Mineralisierung in Form von CO_2 freigesetzt.

Auch im Venner Moor (150 ha) konnte durch die Instandsetzung eines undichten Dammkörpers (Einbau einer 150 m langen Holzspundwand mit Lehmschürze), die Errichtung von mehreren Stauen zwischen wasserführenden Torfstichen (Einbau Holzstaue) und dem gezielten Anstau von zahlreichen kleinen Entwässerungsgräben innerhalb des Waldbereiches (Einbau von anstehendem Torfmaterial und streckenweise Verfüllung) die Hydrologie soweit optimiert werden, dass langfristig stellenweise wieder mit einer Torfakkumulation gerechnet werden kann. Die Maßnahmen wirken sich auf einer Fläche von etwa 90 ha positiv aus. In diesem aus forstwirtschaftlicher Sicht wenig interessanten Gebiet ist mit einer flächigen Zunahme und Optimierung des FFH-Lebensraumtyps Moorwald (91DO) zu rechnen. Auf nährstoffreicheren Standorten wird der § 30-Biotoptyp Erlenbruchwald gefördert. Die weitere Entwicklung des FFH-Lebensraumtyps Übergangsmoor (7140) wird entscheidend davon abhängen, wie sich der Gehölzaufwuchs aus Birke in den nächsten Jahren entwickelt.

Foto: Dirk Bieker

Abb. 3: Vergleich zwischen gestautem Graben (linke Bildhälfte) und ungestautem Graben mit Wasserabfluss

Folgerungen

Die Wiederherstellung des landschaftstypischen Wasserhaushalts und damit die Stärkung der Wasserrückhaltefunktion der Waldböden auf einer Fläche von über 450 ha verringert den Trockenstress der Bäume auf feuchten, wechselfeuchten und nassen Standorten im Süden von Münster und macht die Wälder dadurch fit für den Klimawandel. Gleichzeitig bleiben durch die Wiedervernässung der Moorwälder große Mengen Kohlenstoff in Form von Torf gespeichert.

Insbesondere bei der Umsetzung von konkreten Maßnahmen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel hat sich der Waldklimafonds als sehr wirksames Förderinstrument erwiesen. Im vorliegenden Projekt konnten die Maßnahmen unabhängig vom Schutz- oder Besitzstatus umgesetzt werden. Wichtigstes Kriterium war jeweils die fachliche Notwendigkeit und Dringlichkeit der Umsetzung.

Literaturhinweise:

[1] BAFU – Bundesamt für Umwelt (2009): Regeneration von Hochmooren – Grundlagen und technische Maßnahmen. 96 Seiten. [2] ELMER et al. (2018): Monitoring. AFZ-DerWald 2/2018 [3] HESSE, S. (1997): Die Eiche im Münsterland. 57 S. [4] KÄTZEL, R.; LÖFFLER, S.; SCHRÖDER, J. (2013): Sterben vor der Zeit. Das „Eichensterben“ als Komplexkrankheit. In: Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 53: Die Eiche – Chancen und Risiken einer Charakterbaumart im nordostdeutschen Tiefland. S. 21-34. [5] KECA, N. D.; KOUFAKIS, I.; DIETERSHAGEN, J.; NOWAKOWSKA, J. A.; OSZAKO, T. (2016): European oak decline phenomenon in relation to climatic changes. Folia Forestalia Polonica, Series A 58(3): 170-177. [6] KROPP, J.; HOLSTEN, A.; LISSNER, T.; ROITHMEIER, O.; HATTERMANN, F.; HUANG, S.; ROCK, J.; WECHSUNG, F.; LÜTTGER, A.; POMPE, S.; KÜHN, I.; COSTA, L.; STEINHÄUSER, M.; WALTHER, C.; KLAUS, M.; RITCHIE, S.; METZGER, M. (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV), 250 S. [7] LINNEMANN et al. (2018): Fit für den Klimawandel – Feuchtwälder im Klimawandel, AFZ-DerWald 2/2018. [8] MÜLLER, H. (1973): Die Davert – Historische Streifzüge durch ein münsterländisches Wald- und Jagdgebiet. 74 S. [9] THOMAS, F. M.; BLANK, R.; HARTMANN, G. (2002): Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. Forest Pathology, 32: 277-307.

Dr. Dirk Bieker, bieker@rvr.ruhr, war bis Oktober 2017 als Projektleiter des Projekts „Fit für den Klimawandel“ tätig und ist derzeit bei RVR Ruhr Grün beschäftigt. **Michael Elmer** und **Dr. Britta Linnemann** arbeiten als Projektleiter ebenfalls in dem Projekt. **Kerstin Wittjen** ist beim Naturschutzzentrum Kreis Coesfeld e.V. für das Projektgebiet Venner Moor zuständig.

Förderung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald

Alte Bäume und Totholz sind essenzielle Bestandteile von natürlichen Waldökosystemen, Kohlenstoffspeicher, Klimaregulatoren und Hotspots der Artenvielfalt im Wald. In Wirtschaftswäldern sind diese Strukturen jedoch Mangelware und viele der an sie gebundenen Arten gefährdet. Daher wurde im Projekt „Fit für den Klimawandel" ein Instrument zur Förderung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald entwickelt und erfolgreich umgesetzt.

Michael Elmer, Dirk Bieker, Britta Linnemann

Alt- und Totholz leisten einen unverzichtbaren Beitrag zur Entwicklung von struktur- und artenreichen Wäldern, zum Erhalt ihrer Leistungsfähigkeit sowie zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen. Der Erhalt von Alt- und Totholz bis zum natürlichen Zerfall hat eine jahrzehntelange Form der Kohlenstoff-Speicherung im Wald zur Folge und fördert gleichzeitig die biologische Vielfalt der Wälder. Nutzungsfreie Wälder mit größeren Totholzmengen weisen eine signifikant erhöhte Artenvielfalt auf [13]. Davon profitieren vor allem Vertreter von Artengruppen, die an eine Kontinuität der Waldbedeckung, hohe Totholzanteile und große alte Bäume gebunden sind, wie Flechten, Moose, Pilze und xylobionte Käfer (Abb. 1). So wurden im nordostdeutschen Tiefland in unbewirtschafteten Buchen- und Eichenwäldern deutlich mehr xylobionte Insektenarten festgestellt als in bewirtschafteten Beständen [21, 23]. Über tausend Käferarten sind in Deutschland an Alt- und Totholz gebunden, fast die Hälfte von ihnen gilt allerdings als gefährdet oder vom Aussterben bedroht [10].

Alt- und Totholz im Waldökosystem

Der Erhalt von Althölzern stärkt zudem die Wasserrückhaltefunktion des Bodens, vermindert die Erosion durch Wind und Wasser und reduziert die Temperaturschwankungen und somit auch die Zersetzung der Humusauflage. Strukturreiche, naturnahe Wälder sind ferner in der Lage, durch die Abpufferung von Temperaturextremen einen erheblichen Beitrag zur Abschwächung von Auswirkungen des Klimawandels zu leisten. Alt- und Totholz wirken sich positiv auf die Stabilität und Resilienz der Wälder aus [12]. Dies betrifft die Anpassungsfähigkeit an klimatische Änderungen wie auch die Widerstandsfähigkeit gegen Forstschädlinge, zum Beispiel durch die Förderung von Spechten (Abb. 2), Schlupfwespen und räuberisch lebenden Käfern [20].

Aktuell sind lediglich zwei Prozent der Waldfläche in Deutschland und weniger als ein Prozent der Waldfläche in Europa einer natürlichen Entwicklung überlassen [1, 5]. Der weit überwiegende Teil der heimischen Wälder wird hingegen forstlich genutzt. Daher sind lediglich drei Prozent der Wälder in Deutschland älter als 160 Jahre [2]. Der Bewirtschaftung fallen gerade die Alters- und Zerfallsphasen der Wälder zum Opfer, in denen die größte Vielfalt, inklusive vieler stark bedrohter Arten, beheimatet ist. Letztere sind oftmals hochspezialisiert und nicht in der Lage, auf andere Lebensräume auszuweichen [14]. Die biologische Vielfalt von Ökosystemen ist positiv für ihre Pro-

Foto: Frank Köhler

Abb 1: Der Eichenwurzel-Düsterkäfer (Hypulus quercinus), der sich in historisch alten Wäldern im unteren Stammbereich absterbender oder toter Eichen entwickelt; im Projektgebiet aktuell einziger Nachweis für Westfalen.

Schneller Überblick

- Im Projekt „Fit für den Klimawandel" wurde ein Instrument zur Förderung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald entwickelt und umgesetzt
- Untersuchungen zeigten die mittel- und langfristige Effektivität der Maßnahmen für spezialisierte Artengruppen
- Erfordernisse der Arbeits- und Verkehrssicherheit im Wald wurden berücksichtigt

duktivität und ihre Stabilität bei klimatischen Extremereignissen. Die Folgen eines Artenrückgangs können daher einschneidender sein als die Auswirkungen der Erderwärmung [7, 17]. Dies verdeutlicht die große Bedeutung der biologischen Vielfalt für das Funktionsgefüge der Ökosysteme und den akuten Handlungsbedarf, sie zu schützen.

Weiss & Köhler [19] ermittelten Besonnung, Verpilzung und Isolation als besonders wichtige Merkmale von Alt- und Totholz als Lebensraum für gefährdete Organismen. So ist zum Beispiel die Artenzahl der Holz- und Mulmkäfer wesentlich vom Grad der Besonnung abhängig. Für die Pilz- und Mulmkäfer scheint darüber hinaus die Verpilzung der Bäume von großer Bedeutung zu sein. Allgemein ist die Artenvielfalt der xylobionten Käfer und auch der gefährdeten Arten umso größer, je geringer die Isolation und je höher der Verpilzungsgrad ist. Darüber hinaus stellten sie wie auch Lassauce et al. [11] fest, dass nicht allein die Menge toten Holzes, sondern vor allem seine Qualität und räumliche Verteilung ausschlaggebend sind.

Konzeptionelle Ansätze im Wirtschaftswald

Auch naturnah bewirtschafteten Wäldern fehlt es im Vergleich zu lange ungenutzten Naturwäldern an Struktur- und Baumartenvielfalt. Demgegenüber stehen die hohen Ansprüche einiger Arten an eine Habitattradition inklusive großer Mengen an hochwertigem Totholz. Scherzinger [15] empfiehlt die Kombination von größeren Prozessschutz-Flächen mit integrativen Elementen im Wirtschaftswald. Viele der hoch bedrohten Alt- und Totholzspezialisten sind von Prozessschutz-Wäldern abhängig. Nach Braunisch [5] sollte sich Waldnaturschutz auf die unterrepräsentierten frühen und späten Sukzessionsstadien der Naturwaldentwicklung konzentrieren, vor allem auf die Alters- und Zerfallsphasen.

Dabei sollte die ganze Vielfalt des Totholzspektrums erhalten werden: Tieflandswälder inklusive wertvoller Altholzbestände und Auwaldreste sollten wie auch Starkholz (> 50 cm) im lebenden Bestand stärker berücksichtigt werden, der Anteil von Laubbäumen erhöht und abgestorbene Bäume in Lücken belassen werden [16]. Größere Kernflächen sollten unter anderem mit kleineren Altholzinseln kombiniert werden. Letztere können eine wichtige Rolle für die Vernetzung weiter voneinander entfernt liegender Gebiete übernehmen [9]. Zusammen mit Gruppen von Habitatbäumen lassen sie sich auch in Flächen integrieren, die vorrangig der Holzproduktion dienen [5].

Zur Förderung der spezialisierten Lebensgemeinschaften ist selbst in naturnah bewirtschafteten Wäldern eine Ergänzung durch Maßnahmen der Altbaumerhaltung über das reguläre wirtschaftliche Nutzungsalter hinaus notwendig. Aus Gründen der ökologischen Effektivität sollten dafür Altholzinseln aus der Nutzung genommen werden [18, 19]. Höhlenbäume der größeren Spechtarten sollten den Kern der Altbaumgruppen bilden. Dies führt im Laufe der Zeit auch im geschlossenen Bestand zur erwünschten Besonnung, ermöglicht Zufallsprozesse der Altbaumentwicklung und fördert die strukturelle Diversität im Altbaumschutz.

Im Rahmen der „Naturschutz-Offensive 2020“ des Bundes [4] wird daher angestrebt, entsprechende Programme auf Landesebene zu entwickeln. In den Bundesländern wurden zahlreiche Konzepte zur Förderung von Alt- und Totholz im Wirtschaftswald entwickelt. In Hessen wurden seit 1977 im Staatswald 660 Altholzinseln ausgewiesen [6], um ein landesweites Netz von ungenutzten, alten Laubholzbeständen zu erhalten. Nach 25 Jahren hatten sich die Inseln zu effektiven Refugien für die Artenvielfalt im Wirtschaftswald entwickelt [8]. Im Staatswald NRW soll im Zuge der „Xylobius-Strategie“ [22] ein kohärentes Netz von Biotopholz-Inseln mit einem breiten Spektrum an Alt- und Totholzbäumen unterschiedlicher Zerfallsstadien sowie dazwischen auszuweisende Biotopholz-Gruppen entstehen. Die Flächengröße der Biotopholz-Inseln soll etwa einen Hektar betragen.

Umsetzung im Projekt „Fit für den Klimawandel“

Im Rahmen des vorgestellten Projektes wurde ebenfalls die Sicherung von Alt- und Totholz in Baumgruppen umgesetzt, im Sinne der ökologischen Effektivität sowie im Einklang mit den Anforderungen von Arbeitssicherheit und Verkehrssicherung. Der überwiegende Teil der

Foto: Theo Israel

Abb 2: Der Mittelspecht (Dendrocopos medius) profitiert im Projektgebiet (weit über 100 Reviere) vom hohen Anteil mittelalter und alter Eichen.

Wälder im Süden von Münster wird forstlich genutzt. In Ergänzung zu den bereits vorhandenen Naturwaldzellen und Wildnisentwicklungsgebieten soll ein Netz von ungenutzten Altholzinseln entstehen, in denen die Bäume bis zu ihrem natürlichen Zerfall verbleiben können. Aus Gründen der Nachhaltigkeit ist in dem Fall rechtzeitig die Gründung einer neuen Insel in engem räumlichem Zusammenhang anzustreben.

Ein priorisiertes Ziel der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt ist es, auf zehn Prozent der Privatwald-Fläche langfristige Vertragsnaturschutz-Programme wirksam werden zu lassen, vor allem zur Förderung von Alt- und Totholz im Wirtschaftswald [3]. Daher wurde der Fokus der Maßnahmen im Süden von Münster auf den privaten Waldbesitz gelegt. Pri-

vatwaldbesitzer konnten sich freiwillig an der Maßnahme beteiligen und die sich daraus ergebenden Vorteile für ihre Wälder nutzen.

Für den Ertragsverlust erhält der Eigentümer bei langfristiger vertraglicher Sicherung eine entsprechende Ausgleichszahlung. Der Waldbesitzer gewährt in diesem Vertrag eine im Grundbuch eingetragene beschränkte persönliche Dienstbarkeit. Sie besagt, dass im Bereich der Vertragsfläche die gesicherten Bäume und die von ihnen überschirmte Fläche bis zum natürlichen Zerfall der Bäume von jeglicher forstlicher Nutzung ausgenommen sind. Durch die praktizierte Sicherung in Form von Baumgruppen wurde die juristische Umsetzbarkeit erleichtert und somit die Akzeptanz bei den Privatwaldbesitzern wesentlich erhöht. Der Vertrag besitzt Modellcharakter, da hiermit bundesweit erstmals zeitlich unbefristet Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald entsprechend dem integrativen Waldnaturschutzgedanken gesichert wird.

Foto: Michael Elmer

Abb 3: Altholzinsel im Projektgebiet mit markiertem Biotopbaum

Abgeleitet aus den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen wurde eine Inselgröße von etwa einem Hektar angestrebt. Die Verteilung im Gebiet und die Flächengröße hängen aufgrund der freiwilligen Teilnahme der Waldbesitzer neben der fachlichen Eignung auch von der jeweiligen Bereitschaft zur Teilnahme an dem Projekt ab. Aus Gründen der Verkehrssicherungspflicht werden im Abstand von 30 Metern von Orten erhöhter Verkehrssicherungspflicht keine Altholzinseln etabliert. Innerhalb der Vertragsflächen wurden sämtliche Bäume mit einem Brusthöhen-Durchmesser größer 30 Zentimeter gesichert.

Bisher wurden so in 19 Altholzinseln 1.874 Bäume aus der Nutzung genommen (Abb. 3). Darüber hinaus sind weitere Inseln mit 1.322 Bäumen im Eigentum der NABU-Naturschutzstation Münsterland und der NABU-Stiftung Nationales Naturerbe aus der Nutzung genommen worden. Zusammen fungieren sie als wichtige Bindeglieder zwischen den existierenden Prozessschutz-Flächen und einzelnen Biotopbäumen. Untersuchungen zur Besiedlung von Wäldern im Projektgebiet durch Brutvögel und Totholzkäfer (s. Beitrag von Elmer et al. in diesem Heft) zeigten die mittel- und langfristige Effektivität dieser Maßnahme im Sinne des Biodiversitätsschutzes.

Folgerungen

Wesentliches Ziel der Entwicklung von Altholzinseln im Süden von Münster ist der integrative Biodiversitätsschutz im privaten Wirtschaftswald auf freiwilliger Basis. Untersuchungen nach dem Prinzip einer Raum-Zeit-Analyse zeigten die mittel- und langfristige Effektivität der Maßnahme für die spezialisierten Artengruppen. Gleichzeitig berücksichtigen die Altholzinseln die bewirtschaftungstechnischen Erfordernisse in Bezug auf die Arbeitssicherheit und die Verkehrssicherungspflicht im Wald. Damit kann die beschriebene Vorgehensweise als Blaupause für eine vertragliche Sicherung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald dienen.

Ein Mustervertrag kann kostenlos über die Autoren bezogen werden.

Literaturhinweise:

[1] BfN [Bundesamt für Naturschutz] (Hrsg.) (2015): Artenschutz-Report 2015 – Tiere und Pflanzen in Deutschland. Bonn: 61 S. **[2]** BMEL [Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft] (Hrsg.) (2014): Der Wald in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin: 52 S. **[3]** BMUB (2007): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. Berlin: 179 S. **[4]** BMUB [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit] (Hrsg.) (2015): Naturschutz-Offensive 2020 – Für biologische Vielfalt! Berlin: 39 S. **[5]** BRAUNISCH, V. (2015): Natur zulassen – ein Konzept für den Prozessschutz. AFZ-DerWald 6/2015: 29-32. **[6]** HESSEN-FORST (Hrsg.) (2011): Naturschutzleitlinie für den Hessischen Staatswald. Kassel: 94 S. **[7]** ISBELL, F. et al. (2015): Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. Nature 526: 574-577. **[8]** JEDICKE, E. (2006): Altholzinseln in Hessen: Biodiversität in totem Holz – Grundlagen für einen Alt- und Totholz-Biotopverbund. Hrsg.: Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz, Arbeitskreis Main-Kinzig, Rodenbach: 80 S. **[9]** JEDICKE, E. (2008): Biotopverbund für Alt- und Totholz-Lebensräume – Leitlinien eines Schutzkonzepts inner- und außerhalb von Natura 2000. Naturschutz und Landschaftsplanung 40: 379-385. **[10]** KÖHLER, F. (2014): Die klimabedingte Veränderung der Totholzkäferfauna (Coleoptera) des nördlichen Rheinlandes – Analysen zur Gesamtfauna und am Beispiel von Wiederholungsuntersuchungen in ausgewählten Naturwaldzellen. Landesbetrieb Wald und Holz NRW (Hrsg.): 198 S. **[11]** LASSAUCE, A.; PAILLET, Y., JACTEL, H.; BOUGETA, C. (2011): Deadwood as a surrogate for forest biodiversity: Meta-analysis of correlations between deadwood volume and species richness of saproxylic organisms. Ecological Indicators 11: 1027-1039. **[12]** NORRIS, C.; HOBSON, P.; IBISCH, P. (2012): Microclimate and vegetation function as indicators of forest thermodynamic efficiency. Journal of Applied Ecology 49: 562-570. **[13]** PAILLET, Y. et al. (2009): Differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. Conservation Biology 24: 101-112. **[14]** SCHERZINGER, W. (1996): Naturschutz im Wald. Ulmer, Stuttgart: 447 S. **[15]** SCHERZINGER, W. (2015): Wald-Naturschutz im Spiegel der Wald-Natur. AFZ-DerWald 6/2015: 10-12. **[16]** SEIBOLD, S.; LEIBL, F. (2015): Eckpfeiler gegen Artenschwund bei Totholzbewohnern. AFZ-DerWald 8/2015: 23-24. **[17]** TILMAN, D.; ISBELL, F.; COWLES, J. M. (2014): Biodiversity and Ecosystem Functioning. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 45: 471-493. **[18]** WEISS, J. (2007): Altholzinselprogramm aus naturschutzfachlicher Sicht – damals und heute. In: Hessen-Forst u. HGON (Hrsg.): 25 Jahre Altholzinselprogramm in Hessen: 8-12. **[19]** WEISS, J.; KÖHLER, F. (2005): Erfolgskontrolle von Maßnahmen des Totholzschutzes im Wald. LÖBF-Mitteilungen 3/05: 26-29. **[20]** WIMMER, N. & V. ZAHNER (2010): Spechte – Leben in der Vertikalen. G. Braun, Karlsruhe: 112 S. **[21]** WINTER, S.; FLADE, M.; SCHUMACHER, H.; MÖLLER, G. (2003): Naturschutzstandards für die Bewirtschaftung von Buchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland. Sachbericht F+E Vorhaben „Biologische Vielfalt und Forstwirtschaft", unveröffentlichtes Gutachten. **[22]** Wald und Holz NRW (Hrsg.) (2017): Xylobius – Biotopholz als Quelle der Vielfalt. Münster: 62 S. **[23]** ZIESCHE, T.; KÄTZEL, R.; SCHMIDT, S. (2011): Biodiversität von Eichenwirtschaftswäldern: Empfehlungen zur Bewirtschaftung von stabilen, artenreichen, naturnahen Eichenwäldern in Nordostdeutschland. Naturschutz und Biologische Vielfalt 114: 204 S.

Michael Elmer,
m.elmer@nabu-station.de,
ist Projektleiter im Waldklimafonds-Projekt „Fit für den Klimawandel" der NABU-Naturschutzstation Münsterland e.V. **Dr. Britta Linnemann** arbeitet ebenfalls als Projektleiterin in dem Projekt.
Dr. Dirk Bieker war bis Oktober 2017 als Projektleiter tätig.

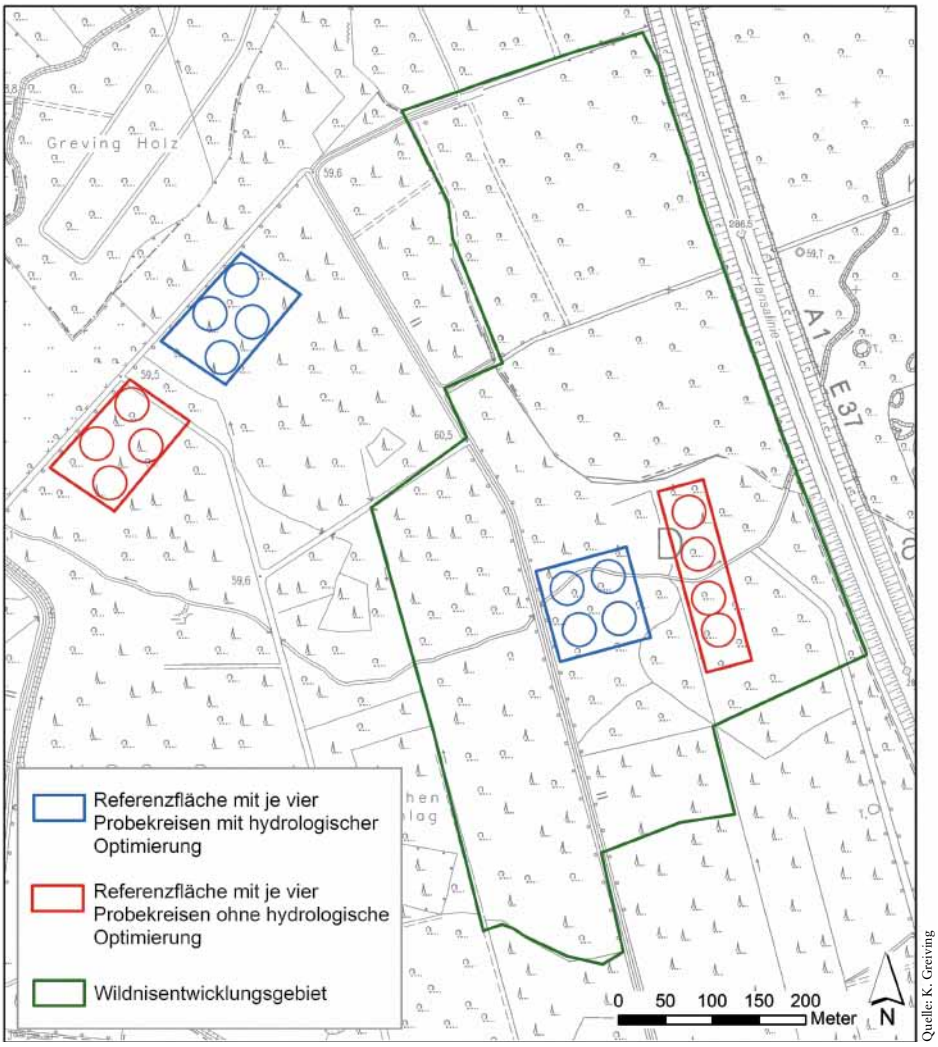
Monitoring und Begleitforschung in Feuchtwäldern

Im Projekt „Fit für den Klimawandel“ werden Untersuchungen in Feuchtwäldern des Münsterlandes durchgeführt, um eine Effizienzkontrolle von Maßnahmen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel zu ermöglichen und die Basis für ein Monitoring ihrer langfristigen Entwicklung zu legen. Im Zentrum der Analyse der Waldökosysteme steht ein System von Referenzflächen mit Probekreisen.

Michael Elmer, Dirk Bieker, Katharina Greiving, Anuschka Tecker, Annika Brinkert, Norbert Hölzel, Britta Linnemann

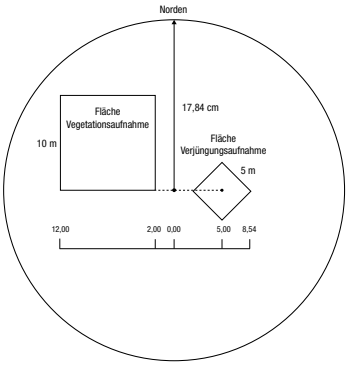
Die Wälder im Projektgebiet im Süden von Münster werden dominiert von Eichen-Hainbuchenwäldern auf wechselfeuchten Standorten. Dort ist seit Beginn des 19. Jahrhunderts vielfach in den naturraumtypischen Landschaftswasserhaushalt eingegriffen worden. Ein umfangreiches Grabensystem wurde angelegt, um die vormals stark vernässten Flächen forstwirtschaftlich nutzen zu können. Im Zuge sich ändernder Witterungsbedingungen in den vergangenen Jahrzehnten häufen sich jedoch Phasen ausgeprägter Trockenheit während der Vegetationsperiode [6].

Die Eiche ist eine Baumart, die im Allgemeinen als ausgesprochen tolerant gegenüber einer breiten Palette von Boden- und Feuchtezuständen gilt [2]. Trotzdem kann ihre Vitalität durch sich schnell oder wiederholt ändernde Standortverhältnisse geschwächt werden. So können sowohl vermehrte Trockenheit als auch eine zu lange Überflutungsdauer insbesondere bei älteren, daran nicht angepassten Bäumen zu gravierenden Schäden führen.



Quelle: K. Greiving

Abb. 1: Schema zur systematischen Erfassung der Wälder in Referenzflächen (o.) und Probekreisen (u.) in Abhängigkeit von forstlicher Nutzung und hydrologischer Optimierung (Grundlage: DGK 5)



Quelle: Meyer et al. 2013 [7] (verändert)

Schneller Überblick

- Im Projekt „Fit für den Klimawandel“ wurde ein Monitoring-Konzept für Feuchtwälder entwickelt und umgesetzt
- Die auf der Basis von Probekreisen in Referenzflächen durchgeführten Untersuchungen dienen als Basis für die Langzeitbeobachtung der Wälder im Klimawandel
- Gleichzeitig ermöglichen sie die Beurteilung der Auswirkungen der Maßnahmen zur hydrologischen Optimierung sowie des forstlichen Nutzungsverzichtes

Um den Trockenstress für die Bäume innerhalb der Vegetationsperiode zu minimieren, ohne dabei die Gefahr von langanhaltenden Überstauungen zu erhöhen, wurden die vorhandenen Entwässerungsgräben auf einer Gesamtfläche von etwa 450 Hektar kaskadenartig angestaut. Der Fokus lag dabei auf den kleinen Gräben und oberflächlichen Abflussrinnen mit einem Einzugsgebiet von maximal fünf Hektar [1].

Ein Hauptziel der projektbegleitenden Forschung war daher, die Auswirkungen der durchgeführten Anstaumaßnahmen zu untersuchen und die Grundlagen für eine Langzeitbeobachtung der Feuchtwälder im Klimawandel zu legen. Im Projekt wurden forst- und naturschutzfachlicher Sachverstand kombiniert, wissenschaftlich durch das Institut für Landschaftsökologie der Universität Münster begleitet und durch Beiträge von Fachgutachtern ergänzt. Alle Ergebnisse werden den regionalen Waldbesitzern und Forstpraktikern zur Verfügung gestellt, um einen direkten Transfer in die forstliche Praxis zu ermöglichen.

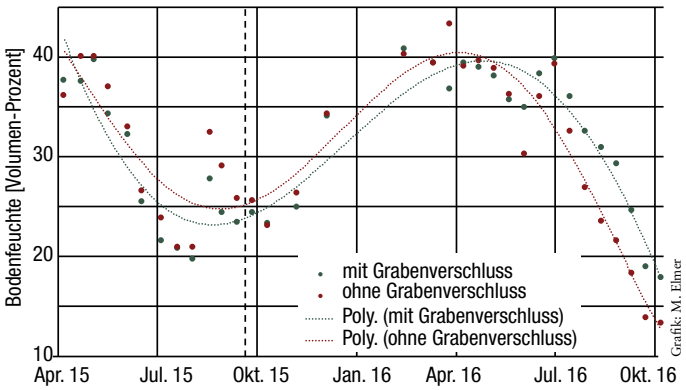


Abb. 2: Entwicklung der volumetrischen Bodenfeuchte in 40 cm Tiefe in einem Flächenpaar mit und ohne Grabenverschluss vor und nach der Umsetzung der Maßnahme (Median von je vier Messpunkten, gestrichelte Linie: Zeitpunkt des Grabenverschlusses)

Referenzflächen

Zentrales Element der Untersuchungen war die Basiserfassung zahlreicher Zustandsgrößen als Ausgangspunkt eines dauerhaften Monitorings auf 14 Referenzflächen mit 56 Probekreisen (Abb. 1). Als besonders repräsentative und bedeutsame Waldtypen wurden der Stieleichen-Hainbuchenwald sowie der Ulmen-Eschen-Eichen-Auenwald ausgewählt [2]. Die Auswahl der Referenzflächen erfolgte gezielt in Waldbereichen, die aufgrund ihrer standörtlichen Gegebenheiten, ihrer Baumartenzusammensetzung und ihres Alters untereinander gut vergleichbar sind. Zur Analyse der Effekte der Maßnahmen zur hydrologischen Optimierung der Wälder wurden jeweils Flächenpaare mit und ohne Grabenverschluss bereits vor Umsetzung der Maßnahme untersucht und anschließend weiter beobachtet.

Zugleich wurden forstlich ungenutzte Bereiche mit möglichst ähnlichen, aber forstlich genutzten Beständen verglichen. Erstere sind sogenannte Wildnisentwicklungsgebiete: Das Land NRW hat 2013 mehr als 100 dieser Gebiete ausgewiesen, von denen sich drei mit 117 Hektar Fläche im Projektgebiet befinden. Dort wird die ökosystemare Entwicklung ohne forstliche Nutzung zukünftig intensiv dokumentiert. Zwei Naturwaldzellen (21 ha) mit langjährigen Datenreihen wurden ebenfalls mit in die Untersuchungen einbezogen. Auf diese Weise soll der hier vorgestellte Ansatz übertragbare Daten für die gesamte norddeutsche Tiefebene liefern und das bundesweite Netz von Monitoringflächen stärken. Zentrale Fragestellungen der Untersuchung sind:

- Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Waldökosysteme aus?
- Welche Auswirkungen hat die Entwässerung auf die Standorte?
- Wie viel Kohlenstoff ist in den Wäldern inklusive ihrer Böden gespeichert?
- Welche Auswirkungen hat die hydrologische Optimierung auf den Wasserhaushalt?
- Wie beeinflusst die hydrologische Optimierung Zuwachs und Vitalität der Bäume?
- Wie groß ist die biologische Vielfalt der Wälder?

Die Basiserfassung wurde 2014 begonnen und durch zahlreiche Fachgutachten ergänzt. Pro Referenzfläche (je 1 ha) wurden vier Probekreise von jeweils 1.000 m² Größe intensiv untersucht (Abb. 1). Die Erstaufnahme der Probekreise orientierte sich an der Vorgehensweise der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt für die Untersuchungen in Naturwaldreservaten [7]. So wurden unter anderem die lebende und abgestorbene, ober- und unterirdische Biomasse möglichst vollständig erfasst. Hierdurch konnte sichergestellt werden, dass zu Beginn der Untersuchungen – zum Beispiel im Hinblick auf die Kohlenstoffvorräte – keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Flächen bestehen [4]. Somit können mögliche Einflüsse unterschiedlicher Bestandesbehandlung oder hydrologischer Optimierung in der Zukunft einwandfrei identifiziert werden.

Ergänzt wird dies durch eine umfangreiche Dokumentation des Bodenwasserhaushaltes mithilfe eines zentralen Stauwasser-Pegels in jeder Referenzfläche sowie systematischer Bodenfeuchte-Messpunkte in jedem Probekreis. Letztere wurden vor der Umsetzung der hydrologischen Optimierung installiert, sodass die Auswirkungen der Grabenverschlüsse auf den Bodenwasserhaushalt quantifiziert werden konnten. Erste Ergebnisse zeigen eine leichte Erhöhung der Bodenfeuchte in den hydrologisch optimierten Wäldern, vor allem zu Beginn der Vegetationsperiode. Die Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant, weshalb die Untersuchungen über die Projektlaufzeit hinaus fortgeführt werden sollten (Abb. 2).

Auch über die Referenzflächen hinaus erfolgt in zahlreichen Wäldern im Projektgebiet eine intensive Dokumentation des Bodenwasserhaushaltes mithilfe von Grundwasserpegeln und Bodenfeuchte-Messpunkten. Diese Messungen werden ergänzt durch Untersuchungen an 84 Rasterpunkten, die regelmäßig auf den Maßnahmenflächen verteilt sind. Das Ziel ist es, die Auswirkungen der Grabenverschlüsse in größerem Maßstab beobachten zu können. An den Rasterpunkten wurden Sechs-Baum-Stichproben [4] mit zusätzlicher Vitalitätsansprache (Kronenbonitur) durchgeführt. Zudem wurden die Vegetation auf je einer Dauerfläche sowie die Totholzmengen im Umfeld der Rasterpunkte erfasst. Sollte es in Teilbereichen zu einem negativen Einfluss auf die Vitalität der Bäume kommen, kann dies frühzeitig erkannt und korrigiert werden.

Darüber hinaus wurden ausgewählte Indikatorgruppen (Gefäßpflanzen, Moose, Flechten, Totholzkäfer, Brutvögel) erfasst und mit dem Vorkommen an Mikrohabitaten in Beziehung gesetzt. Die Erfassung der Totholzkäfer verdeutlichte die große Bedeutung der Eichen-Hainbuchenwäl-

der im Süden von Münster als Lebensraum für xylobionte Insekten. Dabei konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitraum der ausbleibenden forstlichen Nutzung und der Anzahl gefährdeter Arten festgestellt werden (Abb. 3). Dies zeigt das enorme mittel- und langfristige Potenzial der im Projekt etablierten Altholzinseln als Lebensraum für Arten, die an die Alters- und Zerfallsphase von Wäldern gebunden sind [3].

Im Rahmen des Vorhabens wurden auch Maßnahmen zur hydrologischen Optimierung eines stark degradierten Torfkörpers im sogenannten Nottebrockmoor durchgeführt [1]. Vor der Verfüllung und dem Verschluss von Entwässerungsgräben erfolgte hier eine ausführliche Dokumentation der Vegetation auf Dauerflächen und eine flächendeckende Kartierung von Störzeigern. Die Auswirkungen auf den Moorwasserhaushalt werden zudem durch kontinuierliche Pegel-Messungen vor, während und nach der Durchführung der Maßnahmen analysiert.

Auf den Referenzflächen wurden darüber hinaus folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Die genetische Struktur von 350 Eichen wurde untersucht, um Erkenntnisse über ihre Herkunft und ihre genetische Vielfalt zu erlangen. Dies stellte die Vergleichbarkeit der weiteren Untersuchungen sicher und gab Hinweise auf lokale Adaption und Anpassungsfähigkeit der Bäume.
- Dendrochronologische Untersuchungen zeigten für die vergangenen 80 Jahre einen signifikanten negativen Einfluss von Trockenjahren – ermittelt über den Dürreindex PDSI [8] – auf das Wachstum von ausgewählten Eichen im Gebiet (Abb. 4).
- Über 400 Bäume wurden über mehrere Jahre hinweg hinsichtlich ihrer Vitalität beurteilt und mit denen einer langjährigen Dauerbeobachtungsfläche im Projektgebiet verglichen. Die aktuell laufende Analyse von Blattinhaltsstoffen (Biomarkern) soll zudem den Zusammenhang von Trockenheit, Stickstoffversorgung und Vitalität beleuchten.
- Darüber hinaus werden eigene Multispektral-Befliegungen ausgewertet, die eine flächendeckende Bestimmung der Vitalität von Einzelbäumen ermöglichen sollen. Zusammen mit einzelnen Ansprachen vom Boden eröffnet dies die Möglichkeit, den aktuellen Zustand und die zukünftige Entwicklung größerer Waldgebiete zu beurteilen.

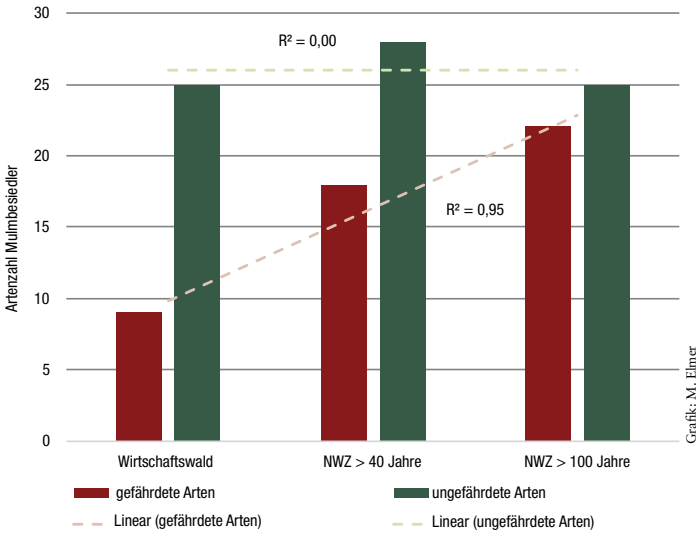


Abb. 3: Mittlere Artenzahl mulmbesiedelnder Totholzkäfer-Arten in Wirtschaftswäldern, jüngeren (> 40 Jahre) und älteren (> 100 Jahre) Naturwaldzellen

Folgerungen

Die auf der Basis von Probekreisen in Referenzflächen durchgeführten Untersuchungen dienen als Basis für die Langzeitbeobachtung der Auswirkungen des Klimawandels und des forstlichen Nutzungsverzichtes auf Feuchtwälder. Nicht zuletzt ermöglichen sie die Effizienzkontrolle der im Projekt durchgeführten Maßnahmen zur Förderung der Stabilität und Resilienz der Waldökosysteme.

Die Vorgehensweise im Projekt stellt eine belastbare Flächenauswahl, eine gute Dokumentation und eine angepasste Untersuchungstiefe mit reproduzierbarer Methodik sicher – wichtige Voraussetzungen für den mittel- und langfristigen Nutzen der bisher durchgeführten Untersuchungen. Denn viele der dabei erzielten Ergebnisse werden im Laufe der Jahre durch Wiederholungs- bzw. Langzeituntersuchungen noch deutlich an Wert gewinnen.

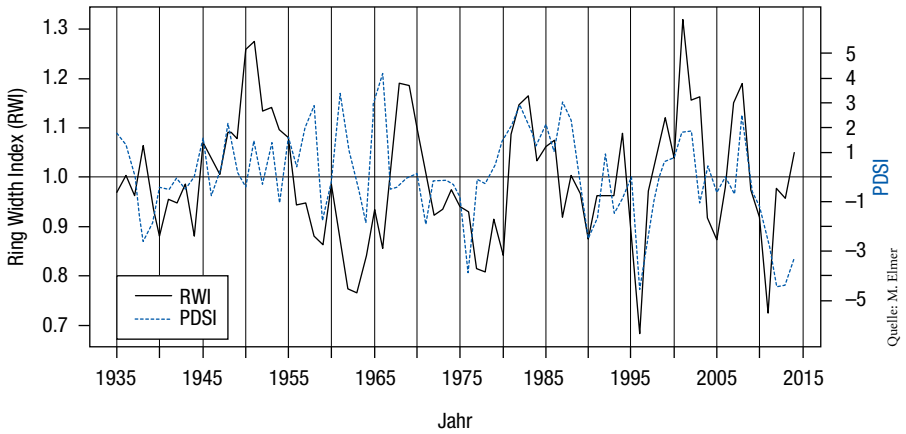


Abb. 4: Verlauf von relativem Dickenwachstum (RWI) von 30 Eichen im Projektgebiet, dem Palmer Drought Severity Index (PDSI) von 1935 bis 2014 gegenübergestellt

Literaturhinweise:

[1] BIEKER, D. et al. (2018): Mehr Wasser für feuchte Wälder und Moore. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 13-15. [2] ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropa mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl., Stuttgart, 1095 S. [3] ELMER, M. et al. (2018): Förderung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 16-18. [4] GREIVING, K. et al. (2018): Kohlenstoffvorräte in Feuchtwäldern der Westfälischen Tiefebene. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 22-24. [5] KRAMER, H.; AKÇA, A. (2008): Leitfaden zur Waldmesslehre. 5. Aufl., Frankfurt, 226 S. [6] LINNEMANN, B. et al. (2018): Fit für den Klimawandel: Anpassung von Feuchtwäldern. AFZ-DerWald Nr. 2/2018, S. 10-12. [7] MEYER, P.; BRÖSSLING, S.; BEDARFF, U.; SCHMIDT, M. (2013): Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten. Göttingen, 63 S. [8] PALMER, W. C. (1965): Meteorological drought. Washington, 58 S.

Michael Elmer, m.elmer@nabu-station.de, arbeitet als Projektleiter im Waldklimafonds-Projekt „Fit für den Klimawandel" der NABU-Naturschutzstation Münsterland e. V. **Dr. Dirk Bieker** war bis Oktober 2017 als Projektleiter tätig. **Katharina Greiving** und **Anuschka Tecker** sind Mitarbeiterinnen im Projekt.
Prof. Dr. Dr. h.c. Norbert Hölzel leitet die wissenschaftliche Begleitung im Projekt am Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. **Annika Brinkert** arbeitete bis Mai 2017 in der wissenschaftlichen Begleitung. **Dr. Britta Linnemann** ist Projektleiterin und Leiterin der NABU-Naturschutzstation Münsterland e. V.

Kohlenstoffvorräte in den Feuchtwäldern des Münsterlandes

Im Wald gibt es drei bedeutsame Kohlenstoffspeicher: Die lebende Biomasse in Form von Bäumen und Wurzeln, tote Biomasse in Form von Totholz und Streu sowie den Boden. Im Rahmen des Waldklimafonds-Projektes „Fit für den Klimawandel“ [9] wurden die Kohlenstoffvorräte in Eichen-Hainbuchenwäldern und anderen Feuchtwäldern auf Pseudogleyböden quantifiziert. Mit durchschnittlich 322 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar tragen die untersuchten Wälder im sonst waldarmen Münsterland maßgeblich zum Klimaschutz bei.

Katharina Greiving, Annika Brinkert, Tim-Martin Wertebach, Michael Elmer, Dirk Bieker, Britta Linnemann, Norbert Hölzel

Wälder stellen neben den Ozeanen und Mooren einen wichtigen Kohlenstoffspeicher dar. Bäume nutzen für den Biomasseaufbau im Zuge der Photosynthese Kohlendioxid (CO_2) und binden auf diese Weise Kohlenstoff (C). Ist die Kohlenstoffbindung größer als die Freisetzung (z. B. durch Abbauprozesse), stellt der Wald eine CO_2-Senke dar. Deutsche Wälder erbringen eine jährliche Senkenleistung von etwa 58 Mio. Tonnen CO_2 [13]. Solche Kohlenstoffsenken sind besonders vor dem Hintergrund des Klimawandels bedeutsam, da Kohlendioxid den Großteil der Treibhausgas-Emissionen darstellt und somit maßgeblich zur Erderwärmung beiträgt. Der Klimawandel stellt Ökosysteme jedoch vor große Herausforderungen. Entwässerte Feuchtwälder, wie sie im Projektgebiet vorliegen, könnten durch zunehmende Trockenheit in ihren Funktionen, nicht zu-

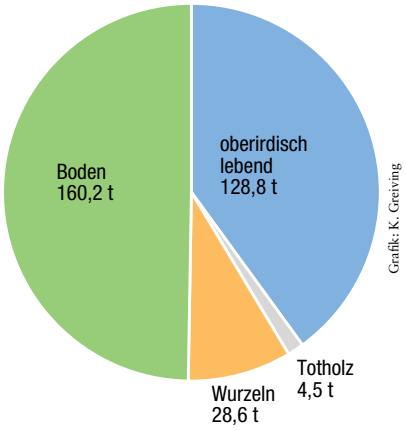


Abb. 1: Kohlenstoffvorräte in den untersuchten Feuchtwäldern (Tonnen pro Hektar)

letzt als Kohlenstoffspeicher, beeinträchtigt werden. Steigende Temperaturen fördern beispielsweise die Mineralisationsprozesse im Boden und somit auch die Freisetzung von CO_2 [6]. Besonders auf entwässerten Böden, deren Kohlenstoffspeicherfähigkeit bereits beeinträchtigt ist, könnte dies einen zunehmend bedeutsamen Faktor darstellen. Studien zur Kohlenstoffspeicherung in Wäldern wurden bislang vorwiegend in buchendominierten Wäldern durchgeführt [13]. Daten zu Feuchtwäldern, insbesondere Eichen-Hainbuchenwälder, liegen kaum vor. Um mögliche zukünftige Entwicklungen der Kohlenstoffspeicherung von Feuchtwäldern analysieren zu können, ist es also wichtig, eine Datenbasis zu schaffen. Auf dieser Grundlage kann zudem die Planung von Maßnahmen zur Optimierung von Wäldern verbessert werden. Es stellt sich außerdem die Frage, inwieweit sich der Rückbau der Entwässerungsgräben auf den Kohlenstoffhaushalt der untersuchten Wälder auswirken kann.

Methodik

Basierend auf einem Konzept der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt [10] wurden innerhalb von 56 je 0,1 Hektar großen Probekreisen wald- und vegetationskundliche Daten erhoben [7]. 48 dieser Probekreise befinden sich in Eichen-Hainbuchenbeständen, acht in Auwald-Bereichen mit Stieleiche, Esche und Flatterulme. Zur Ermittlung der in der Biomasse gespeicherten Kohlenstoffvorräte wurde zunächst das Volumen der oberirdischen lebenden und toten Biomasse berechnet, woraus sich wiederum die Wurzelbiomasse ableiten lässt. Als Grundlage der

Schneller Überblick

- Wälder stellen wichtige Kohlenstoffspeicher dar
- Entwässerte Feuchtwälder können in ihrer Funktion als Kohlenstoffspeicher jedoch beeinträchtigt sein
- Durch die hydrologische Optimierung von Waldböden im Projekt „Fit für den Klimawandel“ wird nicht nur die Wasserrückhaltefunktion im Waldboden gestärkt, sondern auch die Kohlenstoffspeicherung der Böden verbessert

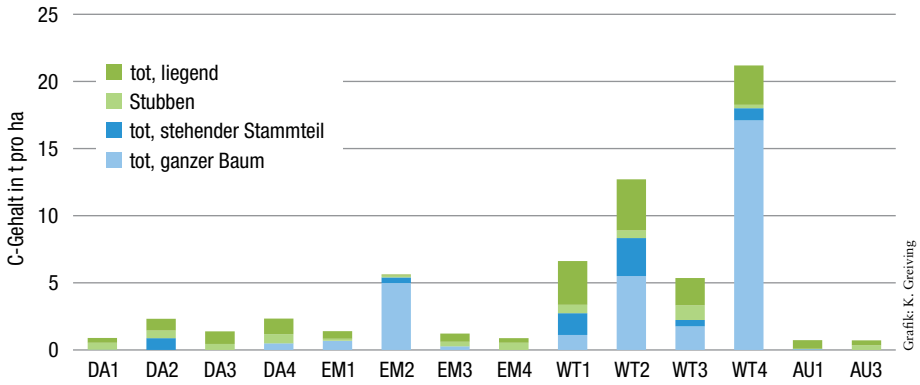


Abb. 2: Kohlenstoffvorräte in den verschiedenen Totholzkompartimenten

Berechnungen wurden die Methoden des Nationalen Inventarberichts von Deutschland [12] verwendet, bei denen auf Biomassefunktionen zurückgegriffen wird. Bei der Berechnung der Totholzvolumina wurden die Methoden der Bundeswaldinventuren genutzt. Für die Konvertierung der Biomasse in C-Vorräte wird ein Faktor von 0,5 genutzt. Zur Ermittlung des Bodenkohlenstoffgehalts erfolgten pro Probekreis fünf Einstiche mit einem Nmin-Bohrer bis in eine Tiefe von 60 cm. Parallel wurden Streuproben mit einem Metallrahmen genommen. Die Bestimmung der Kohlenstoffgehalte der gemahlenen Boden- und Streuproben erfolgte mit einem Elementaranalysator. Unter Einbeziehung der Lagerungsdichte wurden auf der Basis dessen die organischen Kohlenstoffgehalte je Flächeneinheit berechnet.

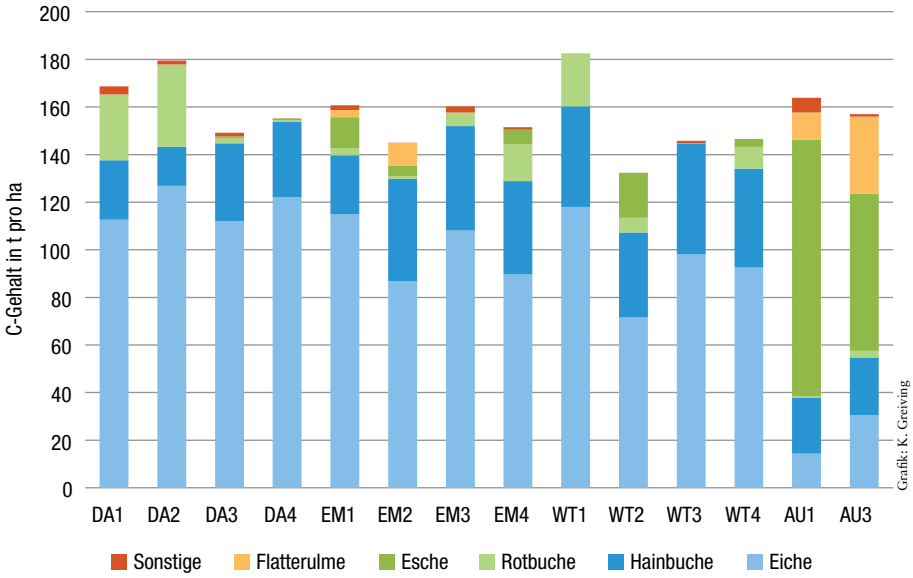


Abb. 3: Kohlenstoffvorräte in der Biomasse der verschiedenen Baumarten

Foto: A. Brinkert

Abb. 4: Staunasse Waldböden können sehr humusreich sein und speichern erhebliche Mengen Kohlenstoff.

Kohlenstoffverteilung in verschiedenen Kompartimenten

In den untersuchten Feuchtwäldern sind im Mittel 322 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar (im Folgenden nur Tonnen [t]) gespeichert, davon über 50 % im Boden (inkl. Streu), 40 % in der oberirdischen lebenden Biomasse und 10 % in den Wurzeln (Abb. 1). Im Vergleich zum deutschen Durchschnittswald mit im Mittel 123 t in der Biomasse [5] und auch zum Durchschnitt für temperate Laubwälder mit im Mittel 135 t [8], speichern die Feuchtwälder im Süden Münsters mit 162 t überdurchschnittlich viel Kohlenstoff in der Biomasse. In ungenutzten, alten Buchenwäldern oder intakten Auwäldern Deutschlands werden z. T. deutlich höhere Werte in der lebenden Biomasse erreicht [11, 4].

In der Verjüngung (Bhd < 7 cm) ist lediglich 0,1 % des Kohlenstoffs gespeichert. Dies ist vermutlich auf einen starken Wildverbiss innerhalb des Untersuchungsgebiets zurückzuführen. Der Anteil des in den Wurzeln gespeicherten Kohlenstoffs liegt bei rund 9 %, totes Holz speichert etwas mehr als 1 % (s. Abb. 1). Die höchsten Anteile des im Totholz gespeicherten Kohlenstoffs liegen in den Flächen WT1-4 vor (Abb. 2). Der hohe Totholzanteil ist auf ein lokales Sturmereignis zurückzuführen.

Betrachtet man das Totholz als Kohlenstoffspeicher im Detail, wird deutlich, dass in toten Bäumen, bei denen noch alle

Baumkompartimente vorhanden sind, mit über 50 % am meisten Kohlenstoff gespeichert ist. Etwa 28 % des im Totholz gespeicherten Kohlenstoffs befinden sich in liegenden Stammteilen, 11 % in stehenden Stammteilen und knapp 10 % in den Stubben (Abb. 2).

Etwa 70 % des Kohlenstoffs in lebender Biomasse sind in Eichen gespeichert (104 t), 23 % in Hainbuchen und 7 % in Rotbuchen. In den Flächen im Auwald ist der Großteil des Kohlenstoffs mit über 50 % in der Esche festgelegt, gefolgt von Eiche und Flatterulme (Abb. 3). In den Davert (DA)-Flächen ist besonders viel Kohlenstoff in der Biomasse gespeichert. Hier ist der Anteil an Eiche und Rotbuche besonders hoch und der Hainbuchenanteil gering. Außerdem liegt hier eine hohe Anzahl an Eichen mit einem Bhd von > 50 cm vor, in denen besonders viel Kohlenstoff gespeichert wird.

Der Kohlenstoffvorrat im Boden unterscheidet sich in den jeweiligen Tiefen deutlich. Die höchsten Kohlenstoffgehalte zeigen sich in einer Bodentiefe von 5 bis 30 cm (94 t), die niedrigsten in der Streuauflage (4 t). Mit rund 160 t sind auch die Kohlenstoffvorräte im Boden vergleichsweise hoch und liegen über dem Durchschnitt der Wälder in Deutschland (119 t [2]). Ein ausschlaggebender Faktor, der sich auf die Kohlenstoffspeicherung eines Bodens auswirkt, ist der Wasserhaushalt. In wassergesättigten Bodenhorizonten, wie sie beispielsweise in Stauwasserböden zumindest zeitweise vorliegen, ist die Mineralisation gehemmt [6] (Abb. 4). Auch andere Studien konnten deshalb in Stauwasserböden besonders hohe Kohlenstoffgehalte nachweisen [3]. In den untersuchten Stauwasserböden zeigt sich ein deutlicher positiver Zusammenhang zwischen C-Vorrat und zunehmender Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe (Abb. 5). Die Bodenfeuchte erweist sich damit als wesentliche Einflussgröße für die Mengen des im Mineralboden gespeicherten Kohlenstoffs.

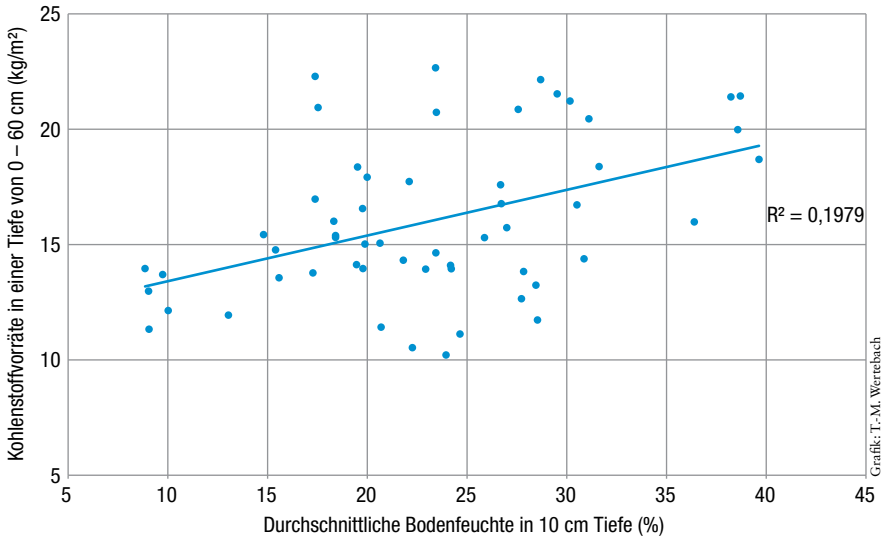


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte und Kohlenstoffvorrat des Mineralbodens. Für eine detaillierte Beschreibung der Methodik und Ergebnisse siehe [1] (Bestimmtheitsmaß der Analyse: 20 %)

Die insgesamt eher geringe Varianz innerhalb der untersuchten Flächen ist darauf zurückzuführen, dass die betrachteten Wälder in etwa einer Altersklasse entsprechen und die Baumartenzusammensetzung und die Bodenverhältnisse vergleichbar sind. Insgesamt ausschlaggebend für den Kohlenstoffvorrat der untersuchten Wälder sind also die Faktoren Baumartenzusammensetzung, Bestandesalter, Dimension der Bäume, Totholzanteil und Bodenverhältnisse, insbesondere hinsichtlich der Bodenfeuchte.

Schlussfolgerungen

Die untersuchten Feuchtwälder dienen als Lebensraum für zahlreiche gefährdete Arten. Gleichzeitig sind sie wichtige Kohlenstoffspeicher und somit bedeutsam für den Klimaschutz im eher waldarmen Münsterland. Durch die hydrologische Optimierung der Waldböden im Projekt „Fit für den Klimawandel“ wird dabei nicht nur die Wasserrückhaltefunktion der Waldböden gestärkt, sondern auch die Kohlenstoffspeicherung in den Waldböden verbessert. Vor diesem Hintergrund sollten die Untersuchungen der Referenzflächen hinsichtlich der Kohlenstoffspeicherung weitergeführt und Entwicklungen dokumentiert werden. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich höhere Wasserstände durchaus positiv auf die C-Bilanz von Stauwasserböden auswirken. Auch andernorts könnten daher entsprechende Maßnahmen einen wesentlichen Beitrag zur Aufrechterhaltung der Ökosystemfunktionen von Wäldern in Zeiten des Klimawandels leisten.

Literaturhinweise:

[1] BRINKERT, A.; WERTEBACH, T.-M.; GREIVING, K.; BIEKER, D.; LINNEMANN, B.; ELMER, M.; HÖLZEL, N. (eingereicht): Rewetting can promote carbon storage in temperate oak-hornbeam forests under climate change. **[2]** Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2016): Waldböden in Deutschland – Ausgewählte Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung. **[3]** CHRISTIANSEN, J. R.; GUNDERSEN, P.; FREDERIKSEN, P.; VESTERDAL, L. (2012): Influence of hydromorphic soil conditions on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in a Danish temperate forest. Forest Ecology and Management 284: 185-195. **[4]** CIERJACKS, A.; KLEINSCHMIT, B.; BABINSKY, M.; KLEINSCHROTH, F.; MARKERT, A.; MENZEL, M.; ZIECHMANN, U.; SCHILLER, T.; GRAF, M.; LANG, F. (2010): Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 173(5): 644-653. **[5]** DUNGER, K.; STÜMER, W.; OEHMICHEN, K.; RIEDEL, T.; BOLTE, A. (2009): Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Der Kohlenstoffspeicher Wald und seine Entwicklung. AFZ-Der Wald 20: 1072-1073. **[6]** EGLIN, T.; WALTER, C.; NYS, C.; FOLLAIN, S.; FOREGEARD, F.; LEGOUT, A.; SQUIVIDANT, H. (2008): Influence of waterlogging on carbon stock variability art hillslope scale in a beech forest (Fougères forest – West France). Annuals of Forest Science 65: 202. **[7]** ELMER, M. et al. (2018): Monitoring und Begleitforschung von Feuchtwäldern, AFZ-DerWald Nr. 2/2018. **[8]** Landesbetrieb Wald und Holz NRW (LBWUH NRW) (2010): Waldzustandsbericht 2010 – Bericht über den ökologischen Zustand des Waldes in NRW. **[9]** LINNEMANN, B. et al. (2018): Fit für den Klimawandel – Feuchtwälder im Klimawandel, AFZ-DerWald Nr. 2/2018. **[10]** MEYER, P.; BRÖSSLING, S.; BEDARFF, U.; SCHMIDT, M. (2013): Monitoring von Waldstruktur und Vegetation in hessischen Naturwaldreservaten. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen. **[11]** MUND, M. (2004): Carbon pools of European beech forests (*Fagus sylvatica*) under different silvicultural management. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme 189. **[12]** Umweltbundesamt (UBA) (2015): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2015. National Inventory Report for German Greenhouse Gas Inventory 1990-2013. **[13]** Umweltbundesamt (UBA) (2017): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2017. National Inventory Report for German Greenhouse Gas Inventory 1990-2015.

Katharina Greiving, K.Greiving@nabu-station.de, ist Mitarbeiterin im Waldklimafonds-Projekt „Fit für den Klimawandel“ der NABU-Naturschutzstation Münsterland e. V. **Michael Elmer** und **Dr. Britta Linnemann** arbeiten als Projektleiter ebenfalls im Projekt. **Dr. Dirk Bieker** war bis Oktober 2017 als Projektleiter tätig. **Prof. Dr. Dr. h. c. Norbert Hölzel** leitet die Arbeitsgruppe Biodiversität und Ökosystemforschung am Institut für Landschaftsökologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. **Tim-Martin Wertebach** ist Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Biodiversität und Ökosystemforschung. **Annika Brinkert** war bis Mai 2017 ebenfalls Mitarbeiterin der Arbeitsgruppe.

Transfer von Wald und Klima: Schüler und Waldbesitzer im Fokus

Im Projekt „Fit für den Klimawandel“ werden die Wälder im Süden von Münster auf den Klimawandel vorbereitet. Damit Kinder und Jugendliche schon frühzeitig die wichtige Rolle des Waldes für unser Klima kennen lernen, wurden Unterrichtsmodule für Lehrkräfte entwickelt. Ein Wald-Klima-Lehrpfad mit zugehöriger App macht Besucher des Waldgebietes Hohe Ward auf das Thema aufmerksam. Zu der intensiven Öffentlichkeitsarbeit während des Projektes gehörten außerdem Informationsveranstaltungen für Waldbesitzer, eine Projektzeitschrift sowie zahlreiche Medienberichte, Exkursionen und Tagungsbeiträge.

Anuschka Tecker, Michael Elmer, Dirk Bieker, Britta Linnemann

Menschen sind eher bereit, umweltbewusst und nachhaltig zu handeln, wenn sie bereits früh einen Zugang zur Natur bekommen und ein Verständnis für ihre Umwelt entwickelt haben [3].

Unterrichtsmodul wald.klima.schule

Im Projekt wurden deshalb zwei Unterrichtsmodule erarbeitet, die den Zugang zu den Themen Wald und Klima schon bei Kindern und Jugendlichen fördern sollen: für die 3. bis 4. Klasse und für die 8. bis 10. Klasse. Beide Module bestehen aus mehreren Unterrichtseinheiten sowie praktischen Waldexkursionen, die mit der Handreichung selbstständig von Lehrkräften durchgeführt werden können. In den Lehrplänen der Fächer Biologie, Erdkunde oder Sachkunde gibt es Möglichkeiten, die Module in den Unterricht der verschiedenen Klassenstufen einzubauen. Die Unterrichtseinheiten orientieren sich am Konzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Ihr Ziel ist es, die Schüler in die Lage zu versetzen, zukunftsfähig zu denken und zu handeln. Das Ökosystem Wald im Zusammenhang mit dem Klima ist als BNE-Thema sehr gut geeignet. Bäume werden zumeist erst nutzbar, wenn sie über 100 Jahre alt sind. Wegen dieser langen Entwicklungszeiten ist der Wald vom Klimawandel besonders betroffen und eine langfristige Planung unumgänglich. Hier müssen auch die nachfolgenden Generationen berücksichtigt werden. Die Funktion des Waldes als Klimaschützer spielt dabei ebenso eine wichtige Rolle wie der Beitrag, den jeder Einzelne für eine klimaverträgliche Zukunft leisten kann.

Foto: A. Tecker

Abb. 1: Im Grundschulmodul wald.klima.schule lernen Kinder spielerisch den Aufbau eines Baumes.

Für jede Unterrichtseinheit wurden Lernziele und BNE-Kompetenzen formuliert, die bei der Durchführung gefördert werden. Einem konkreten Ablaufplan der Einheit mit Methoden und erforderlichem Material folgen je nach Erfordernis kopierfähige Arbeitsblätter, Powerpoint-Präsentationen und Expertentexte. Im Modulordner enthalten sind Informationen zum didaktischen Konzept und zur Behandlung des Themas in den Lehrplänen. Weiter gibt es praktische Tipps, beispielsweise zur Organisation von Waldexkursionen und Hintergrundwissen zu den einzelnen Einheiten. Erarbeitet wurden die Module in Kooperation mit Lehrkräften und Wissenschaftlern und erprobt mit Schülern der entsprechenden Altersstufen (Abb. 1). Bei der Entwicklung der Module wurde Wert darauf gelegt, die unterschiedlichen Perspektiven auf den Wald darzustellen, die je nach Interessengruppe eher ökologisch, ökonomisch oder sozial orientiert sind. Ein weiterer wichtiger Punkt war die Herstellung des Alltagsbezugs für die Schüler.

Modulinhalt für die Sekundarstufe

In den Unterrichtseinheiten für die 8. bis 10. Klasse steigen die Schüler zunächst über die unterschiedlichen Funktionen des Waldes in das Thema ein und diskutieren, wo es Konflikte zwischen Nutzung, Schutz und Erholung geben könnte. Weiter geht es mit dem Zusammentragen der Ursachen und Folgen des Klimawandels und darauf aufbauend mit der Rolle der Wälder in dem Zusammenhang. Während der ersten Waldexkursion untersuchen die Schüler die Baumvegetation in einem schulnahen Wald und über-

Schneller Überblick

- Das Projekt „Fit für den Klimawandel“ wird durch waldpädagogische Maßnahmen und eine breite Öffentlichkeitsarbeit begleitet
- Durch Unterrichtsmodule für Lehrkräfte, einen Wald-Klima-Lehrpfad, eine Projektzeitschrift sowie über zahlreiche Informationsveranstaltungen und Exkursionen konnten viele Menschen erreicht werden
- Dies trug maßgeblich zur Unterstützung der Projektziele durch die Bevölkerung in und um Münster bei

Foto: Michael Elmer

Abb. 2: Übergabe des Unterrichtsmoduls wald.klima.schule mit Waldpaket an das Kardinal-von-Galen-Gymnasium in Hiltrup

legen, wie der Wald in Zukunft aussehen könnte. Zurück im Klassenzimmer werden die Schüler zu Experten im Thema Nutzung und Nichtnutzung von Wäldern und positionieren sich dazu. Als nächstes wird der eigene CO_2-Fußabdruck näherungsweise ermittelt und es werden Möglichkeiten der CO_2-Reduzierung gesammelt, auch für die eigene Schule. Bei der nächsten Waldexkursion vermessen die Schüler Bäume, errechnen, wie viel CO_2 diese der Atmosphäre entziehen, und suchen nach Anzeichen des Klimawandels im Wald. In der Einheit „Zukunftswald“ wird in Kleingruppen und vor dem Hintergrund des Klimawandels ein Waldstück überplant und das bisher gewonnene Wissen angewendet. Ein Planspiel bildet den Abschluss des Moduls. Hier geht es um die Verteilung von Einkommen, Energieverbrauch und Waldflächen zwischen den Kontinenten und um die Frage nach der Gerechtigkeit zwischen Verursachern des anthropogenen Treibhauseffekts und den Hauptbetroffenen.

Foto: A. Tecker

Abb. 3: An dem Baumscheibentisch des Wald-Klima-Lehrpfades wird das hohe Alter einer dicken Eiche anhand geschichtlicher Ereignisse veranschaulicht.

Waldpakete mit Exkursionsmaterialien

In die Schulmodule werden bewusst Waldexkursionen eingebunden, die bei fehlendem Wald auch im nächsten Park mit Bäumen oder auf dem Schulhof durchgeführt werden können. Die originale Begegnung mit dem Wald als außerschulischem Lernort fördert die dauerhafte Festigung der Lehrinhalte. Das wurde auch bei der Evaluation nach Erprobung der Module deutlich: vielen Schülern blieben die Erlebnisse an den Waldtagen besonders lange und positiv im Gedächtnis.

Aus diesem Grund wurden zusätzlich Waldpakete erstellt, die einen Grundstock an Materialien beinhalten, die für die Durchführung der wald.klima.schule-Exkursionen hilfreich sind. Dazu gehören unter anderem Becherlupen für die Bestimmung von Bodentierchen, Maßbänder für die Messung des Brusthöhendurchmessers der Bäume und Thermometer für den Vergleich der Temperatur innerhalb und außerhalb des Waldes. Diese Waldpakete sollen Lehrkräfte motivieren, den Klassenraum zu verlassen und das Thema praktisch im Wald zu behandeln. Das ist heutzutage nicht mehr selbstverständlich. Das erste Waldpaket mit Unterrichtsmodul wurde im Juli 2017 an das Kardinal-von-Galen-Gymnasium in Münster-Hiltrup übergeben (Abb. 2).

wald.klima.schule

Interessierte Lehrkräfte können die Unterrichtsmodule wald.klima.schule sowie die Waldpakete über die NABU-Naturschutzstation Münsterland beziehen, solange der Vorrat reicht. Für den Erhalt eines Waldpakets ist ein kurzer formloser Antrag nötig. Die Module stehen zudem unter www.fit-fuer-den-klimawandel.de/downloads/schulen zum Download bereit.

Wald-Klima-Lehrpfad

Im Waldgebiet Hohe Ward, im Süden von Münster, wurde ein Wald-Klima-Lehrpfad errichtet. Entlang eines über zwei Kilometer langen Weges können sich Besucher auf klassische Weise anhand von Infotafeln über die Zusammenhänge von Wald und Klima informieren. Die Themen reichen vom Lebensraum Wald über den menschengemachten Treibhauseffekt hin zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und was jeder einzelne für ein klimafreundliches Leben tun kann.

An vier Stellen wird der Pfad durch erlebbare Modelle ergänzt, die nicht nur Kindern einen spannenden Zugang zu den Themen liefern. An einem Baumscheibentisch kann das Alter einer dicken Eiche anhand geschichtlicher Ereignisse nachvollzogen werden (Abb. 3). Am CO_2-Fußabdruck-Modell erfahren die Besucher, wie viel Kohlendioxid die Bäume der Atmosphäre entziehen und wie viele Bäume beispielsweise benötigt werden, um die Emissionen einer Flugreise von Münster nach Mallorca zu binden. Ihre Artenkenntnisse können sie bei einem Baumquiz mit Fernrohren testen. Am Ende jeder Infotafel wird per QR-Code auf weiterführendes Expertenwissen zum jeweiligen Thema verwiesen, das über die Projekthomepage abgerufen werden kann. Auf den Alltagsbezug wurde bei der Konzeptentwicklung besonderer Wert gelegt, denn der Pfad soll die Besucher nicht nur informieren, sondern auch motivieren, den eigenen CO_2-Fußabdruck zu verringern. Dies kann beispielsweise durch das Einsparen von Energie, den vermehrten Kauf regionaler und saisonaler Lebensmittel oder durch die Änderung der Mobilitätsgewohnheiten erreicht werden. Die begleitende App „Wald-Klima-Lehrpfad“ bietet einen zusätzlichen, interaktiven Zugang

(Abb. 4 und 5). Sie beinhaltet eine Übersichtskarte und Informationen zu weiteren nahe gelegenen Erlebnispfaden. Eine integrierte Rallye kann von Besuchern des Lehrpfades genauso durchgeführt werden wie von Schulklassen. Wer alle Aufgaben löst, trägt zum Klimaschutz bei, denn als Belohnung wird ein echter Baum gepflanzt, der über die Fotosynthese das Treibhausgas CO_2 aus der Luft bindet. Lehrkräfte können die Rallye in den Unterricht einbinden und mit dem Schulmodul wald.klima.schule kombinieren. So wird das Thema Wald und Klimaschutz anschaulich und zielgruppenorientiert in die Öffentlichkeit transportiert.

Informationsveranstaltungen für Waldbesitzer

Im Rahmen des Projektes fanden sechs Informationsveranstaltungen für Waldbesitzer und Interessierte zu unterschiedlichen waldbezogenen Themen statt. Auf diesen Veranstaltungen wurde praxisrelevantes Wissen vermittelt, auf dessen Basis die Waldbesitzer wichtige Entscheidungen für die Zukunft ihrer Bestände treffen können.

Abb. 4: Die interaktive App zum Wald-Klima-Lehrpfad in der Hohen Ward bietet zusätzliche Informationen und eine Rallye zum Thema

Foto: Katharina Greiving

Abb. 6: Demonstration der Arbeit mit Rückepferden für Waldbesitzer

Dabei wurden die generellen Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder sowie die regionalen Verhältnisse im Projektgebiet thematisiert. Die Eigenschaften unterschiedlicher Baumarten vor dem Hintergrund des Klimawandels wurden ebenso diskutiert wie verschiedene forstliche Methoden, zum Beispiel die bodenschonende Arbeit mit Rückepferden (Abb. 6). Weitere Themen waren Waldschutz, Wald und Wild sowie Biodiversität im Wald. Auch die Maßnahmen und Ergebnisse des Projektes wurden vorgestellt und diskutiert [1, 2]. Die Waldbesitzer bekamen so nochmals die Möglichkeit, ihre Flächen bei der Umsetzung der Maßnahmen mit einzubringen und von den Angeboten ihrer Bestände zur Klimaanpassung zu profitieren. Die Veranstaltungen wurden außerdem als Austauschplattform genutzt, die Praktiker, Forscher und Interessierte an einen Tisch brachte und die mit rund 30 Teilnehmern pro Termin sehr gut angenommen wurde. Die Themen der Veranstaltungen werden in einem Informationsordner gebündelt und als Handreichung an die Waldbesitzer vergeben.

Öffentlichkeitsarbeit für Wald und Klima

Die Arbeiten im Projekt zu Forschung und Monitoring sowie die praktischen Maßnahmen zu Waldumbau, Altholzsicherung und hydrologischer Optimierung wurden begleitet von einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit. Diese hatte das Ziel, Waldbesitzer und Interessierte von Beginn an zu informieren, bei Bedarf in das Projekt mit einzubinden und der breiten Öffentlichkeit die Rolle des Waldes als Klimaschützer nahe zu bringen. Dafür wurde vierteljährlich eine Projektzeitschrift herausgegeben: die Davert Depesche+ mit einer Auflage von 4.000 Exemplaren. Die Themen darin reichten von der aktuellen Umsetzung des Projektes über die Besonderheiten der verschiedenen Waldgebiete bis zur Vorstellung charakteristischer Tier- und Pflanzenarten darin. Im Oktober 2017 wurde das Projekt „Fit für den Klimawandel“ als UN-Dekade-Projekt ausgezeichnet. Die Ergebnisse des gesamten Projektes werden außerdem am 15./16. Februar 2018 im Rahmen einer Fachtagung vorgestellt und durch Beiträge externer Experten in den Gesamtkontext gesetzt.

Abb. 5: QR-Code zur App „Wald-Klima-Lehrpfad“

Seit dem Start von „Fit für den Klimawandel“ 2014 gab es insgesamt 164 Medienberichte über das Projekt, 162 Projektvorstellungen und -exkursionen sowie 25 Umweltbildungsveranstaltungen mit über 450 Kindern und Jugendlichen.

Folgerungen

Im Projekt „Fit für den Klimawandel“ werden die Zusammenhänge von Wald und Klima über verschiedene Kanäle in die Öffentlichkeit getragen. Durch Unterrichtsmodule für Lehrkräfte, den Wald-Klima-Lehrpfad in der Hohen Ward, die Projektzeitschrift Davert Depesche+ sowie über zahlreiche Informationsveranstaltungen und Exkursionen konnten viele Menschen erreicht werden. Zum einen trug dies maßgeblich zur Unterstützung der Projektziele durch die Bevölkerung in und um Münster bei. Zum anderen wurde die BNE zum Thema Wald und Klima in Schulen bundesweit gefördert.

Literaturhinweise:

[1] BIEKER, D.; ELMER, M.; WITTJEN, K.; LINNEMANN, B. (2018): Hydrologische Optimierung von entwässerten Eichen-Hainbuchen- und Moorwäldern. AFZ-DerWald Nr. 2, S. 19. [2] ELMER, M.; BIEKER, D.; LINNEMANN, B. (2018): Förderung von Alt- und Totholz im privaten Wirtschaftswald. AFZ-DerWald, Nr. 2, S. 16. [3] RAITH, A.; LUDE, A. (2014): Startkapital Natur – Wie Naturerfahrung die kindliche Entwicklung fördert. Oekom Verlag, München.

Anuschka Tecker, a.tecker@nabu-station.de, ist Mitarbeiterin im Waldklimafonds-Projekt „Fit für den Klimawandel“ der NABU-Naturschutzstation Münsterland e.V. **Michael Elmer** und **Dr. Britta Linnemann** arbeiten als Projektleiter ebenfalls in dem Projekt. **Dr. Dirk Bieker** war bis Oktober 2017 als Projektleiter tätig.