

BEKLIFUH-Simulation für den Stadtwald Höxter

Das Softwaretool BEKLIFUH wurde verwendet, um für den Stadtwald Höxter die Auswirkungen verschiedener Waldbewirtschaftungs- und Holzverwendungsoptionen auf die Klimaschutzwirkung zu untersuchen.

Die Ergebnisse einer Szenarienanalyse erlauben die Beurteilung verschiedener Bewirtschaftungsstrategien mit Holznutzung gegenüber einer solchen ohne Holznutzung.

*Volker Mues, Marcus Knauf,
Arno Frühwald, Michael Köhl,
Johannes Happe, Roland Schockemöhle*

Für die BEKLIFUH Simulationsstudie wurden die Forsteinrichtungsdaten der Jahre 1996 und 2008 sowie die jährlichen Holzerntemengen getrennt nach Baumartengruppen für den Zeitraum von 1996 bis 2014 zur Verfügung gestellt. Diese Daten werden verwendet, um die Zuwachsniveaus der Ertragstafeln für die einzelnen Baumartengruppen an die lokalen Verhältnisse anzupassen. Zusätzlich ermöglichen sie, den Zustand der Bestände für das Jahr 2015 zu rekonstruieren. Die so ermittelten Startwerte für Vorrat, Fläche und Biomasse sind nach Baumartengruppen in Abb. 1 dargestellt.

Alle Laubbaumarten außer der Eiche werden in der Baumartengruppe Buche zusammengefasst, der mit 53 % der Fläche (656 ha) größten Baumartengruppe. Die Eiche stockt auf 56 ha (4 %), Kiefer (Kiefer und Lärche) auf 144 ha (12 %) und Fichte (alle anderen Nadelbäume) auf 400 ha (32 %). Wegen der unterschiedli-

Kombinationsszenarien	Massen-optimierung [%]	Wert-optimierung [%]	Speicher-optimierung [%]	Nicht-nutzung [%]
Nutzung	40	40	20	0
Werterhalt	25	45	15	15
Speicher	20	20	50	10
Schutz	20	20	40	20

Tab. 1: Definition der Kombinationsszenarien als Anteile der Grundszenarien in [%] an der Bewirtschaftung der Fläche des Forstbetriebs

chen Expansionsfaktoren und Raumdichten des Holzes der Baumartengruppen variieren die Anteile an Vorrat und Biomasse.

Szenarienanalyse

Die zukünftige Waldentwicklung kann unter unterschiedlichen Wirtschaftszielen und Prämissen stattfinden, die in sogenannten Szenarien abgebildet werden. Ein Szenarium bildet ein vorgegebenes Wirtschaftsziel ab und legt entsprechende Parameter zu Zielbestockung und Holzernte fest. Es wurden die vier Grundszenarien (1) Massenoptimierung, (2) Wertoptimierung, (3) Speicheroptimierung und (4) Nichtnutzung definiert, die einen breiten Bereich der möglichen zukünftigen Entwicklung des Waldes abbilden. Sie sind gleichzeitig Grundlage für die Erstellung von sogenannten Kombinationsszenarien, die eine Umsetzung verschiedener Bewirtschaftungsziele abbilden. So können auf einem Teil der Holzbodenfläche Naturschutzzwecke prioritär sein, die durch das Grundszenarium Nichtnutzung abgebildet werden; auf einem anderen Teil kann durch die Grundszenarien Massenoptimierung und/oder Wertoptimierung der intensiven Holzproduktion der Vorrang gegeben werden. Die gesamte Waldbewirtschaftung, die in den Kombinationsszenarien

abgebildet wird, folgt damit dem Ansatz der Segregation [4]. Die einzelnen Grundszenarien werden anteilmäßig auf die gesamte Fläche verteilt. Die für den

Stadtwald Höxter

Die Kreisstadt Höxter, an der östlichen Grenze Nordrhein-Westfalens im Herzen des Weserberglandes gelegen, verfügt über eine Waldfläche von 1.386 ha. Die stadtnahen Wälder haben für die erholungssuchende Bevölkerung einen hohen Stellenwert und werden von der Buche auf über 45 % der Fläche geprägt. Im Rahmen einer naturnahen Waldpflege werden darüber hinaus die Aspekte des Biotop- und Artenschutzes innerhalb und außerhalb von Schutzgebieten beachtet und z. T. spezielle Programme verfolgt (Totholz, wärmeliebende Buchenwälder etc.). Der wirtschaftliche Ertrag aus dem Stadtwald hat eine hohe Bedeutung für die Kommune. Der größte Teil der anfallenden Hölzer wird regional vermarktet und sichert so Arbeitsplätze im ländlichen Raum.

Im Rahmen des BEKLIFUH-Projektes konnte durch die tatkräftige und engagierte Unterstützung des Regionalforstamtes Hochstift mit dem Leiter, Roland Schockemöhle, sowie durch den Revierleiter des Stadtwaldes Höxter, Johannes Happe, ein BEKLIFUH-Bericht mit praxiskonformer Parametrisierung erstellt werden.

Volker Mues, nach Angaben des Lb Wald und Holz NRW

Schneller Überblick

- Durch Strategien zur langfristigen Waldbewirtschaftung mit Holznutzung kann der Stadtwald Höxter im Zeitraum von 2015 bis 2100 eine höhere Klimaschutzleistung erreichen als durch den Verzicht auf Holznutzung
- Neben dem Klimaschutzeffekt fallen im Stadtwald Höxter bis zum Jahr 2100 jedes Jahr durchschnittlich rund 8 Efm Rohholz pro Hektar an

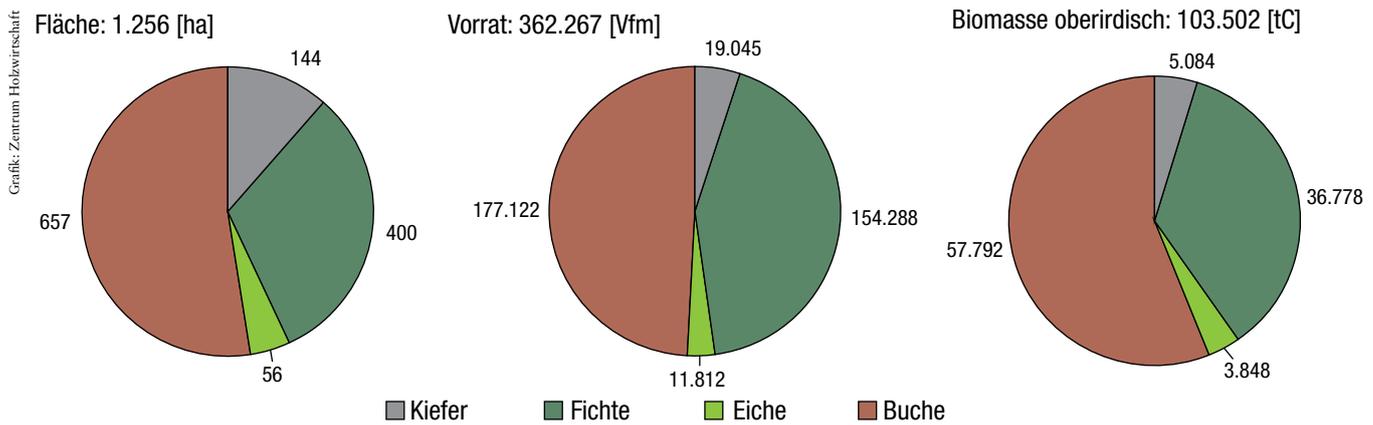


Abb. 1: Baumartenanteile, Vorrat und oberirdische Biomasse zu Beginn der Simulationsperiode (2015)

Stadtwald Höxter gewählten Anteile sind in Tab. 1 zusammengefasst.

Für alle Grundscenarien und die jeweiligen Baumartgruppen wurden die folgenden Annahmen definiert:

- Die Ertragstafel, die der Modellierung zugrunde liegt; dies waren grundsätzlich die Ertragstafeln für mäßige Durchforstung der Hauptbaumarten nach [5]),
- das Risiko für einen kompletten Ausfall eines Bestandes durch Windwurf, Feuer und biotische Schädigung,
- die Zerfallsraten des Totholzes und
- die Obergrenzen des oberirdischen Derbholzvorrats (Werte von 500 Vfm/ha für Kiefer bis 1.000 Vfm/ha für Douglasie), die für die Berechnungen zugrunde gelegt werden.

BEKLIFUH verwendet Standardwerte, die sich an statistischen Werten und lokalen oder regionalen Studien orientieren und die bestmögliche Schätzung durch Anwender und damit dem lokalen Forst-

personal berücksichtigen. Nähere Hinweise zur Parametrisierung sind in der Dokumentation [3] zusammengestellt.

Die im Zuge der Waldbewirtschaftung anfallenden Holzerntemengen betragen in den hier gewählten Nutzungsszenarien durchschnittlich 5,7 bis 9,3 Efm o.R. pro Jahr. Die Holzerntemengen werden an das Holzverwendungsmodell übergeben, das die Klimaschutzwirkung der Holzverwendung bewertet. Zusammen mit den Vorratsänderungen im Wald kann damit die Bindung und Freisetzung von CO₂ im Forst- und Holzsektor im Gesamten berechnet und damit seine Klimaschutzwirkung abgeschätzt werden [2, 3].

Die bisherigen Ausführungen zeigen, dass die Simulationen im BEKLIFUH-Softwaretool auf verschiedenen Eingangsinformationen und Festlegungen basieren: (1) auf Daten von zwei aufeinander folgenden Forstinventuren, (2) den jährlichen Holzerntemengen ab der ersten Forstinventur, (3) den Szena-

riendefinitionen zu Waldbewirtschaftung und Holznutzung sowie (4) den gewählten Simulationsparametern wie Ertragstafelauswahl oder Simulationszeitraum. Die vier Grundscenarien der Waldbewirtschaftung im Stadtwald Höxter bilden die Ziele der Massenoptimierung, Wertoptimierung des Holzeinschlags, Speicheroptimierung im Wald und Nichtnutzung ab. Beim Szenarium Massenoptimierung wird festgelegt, dass Bestände mit dem Erreichen der maximalen durchschnittlichen Gesamtwuchsleistung in die Endnutzung übergehen; durchschnittlich 5 % des eingeschnittenen Derbholzes verbleiben als Totholz im Wald. Dieses Szenario erreicht Derbholzvorräte zwischen 202 und 308 Vfm/ha mit einem Mittelwert von 258 Vfm/ha (vgl. Abb. 2). Im Szenarium Wertoptimierung erfolgt die Endnutzung 20 (Laubhölzer) oder 40 Jahre (Nadelhölzer) später als bei der Massenoptimierung oder beim Erreichen eines Zieldurchmessers. Dieses Grundscenario kommt dem bisher praktizierten Bewirtschaftungsansatz am nächsten. Der im Wald verbleibende Anteil von Totholz am Derbholz ist gegenüber dem Szenarium Massenoptimierung erhöht und auf 10 % festgesetzt. Das Szenarium Speicheroptimierung setzt auf die Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung im Wald. Daher wird die Endnutzung auf einen noch späteren Zeitraum als im Fall der Wertoptimierung verschoben. Ebenso steigt der Anteil des im Wald verbleibenden Totholzes auf 20 %. Beim Szenarium Nichtnutzung der Forstbestände wird auf Holzentnahmen gänzlich verzichtet; alle durch Kalamitäten oder durch

	Waldspeicher [t CO ₂ /ha]	Holzprodukte-speicher [t CO ₂ /ha]	Energiesubst. [t CO ₂ /ha]	Materialsust. [t CO ₂ /ha]	Summe [t CO ₂ /ha]
Massenoptimierung	0,854	2,141	3,364	7,471	13,83
Wertoptimierung	-0,109	2,193	3,002	7,012	12,098
Speicheroptimierung	1,229	2,045	2,588	6,219	12,08
Nichtnutzung	7,446	0	0	0	7,446
Nutzung	0,544	2,143	3,064	7,037	12,787
Werterhalt	1,466	1,829	2,58	5,956	11,83
Speicher	1,508	1,889	2,567	6,006	11,971
Schutz	2,13	1,685	2,308	5,384	11,506

Tab. 2: Durchschnittliche jährliche Klimaschutzwirkung je ha der Szenarien der Waldbewirtschaftung (2015 bis 2100); Kohlenstoffspeicher im Wald sowie Speicher- und Substitutionseffekte der nachgelagerten Holzverwendung und in Summe; alle Werte in [t CO₂ eq/ha]

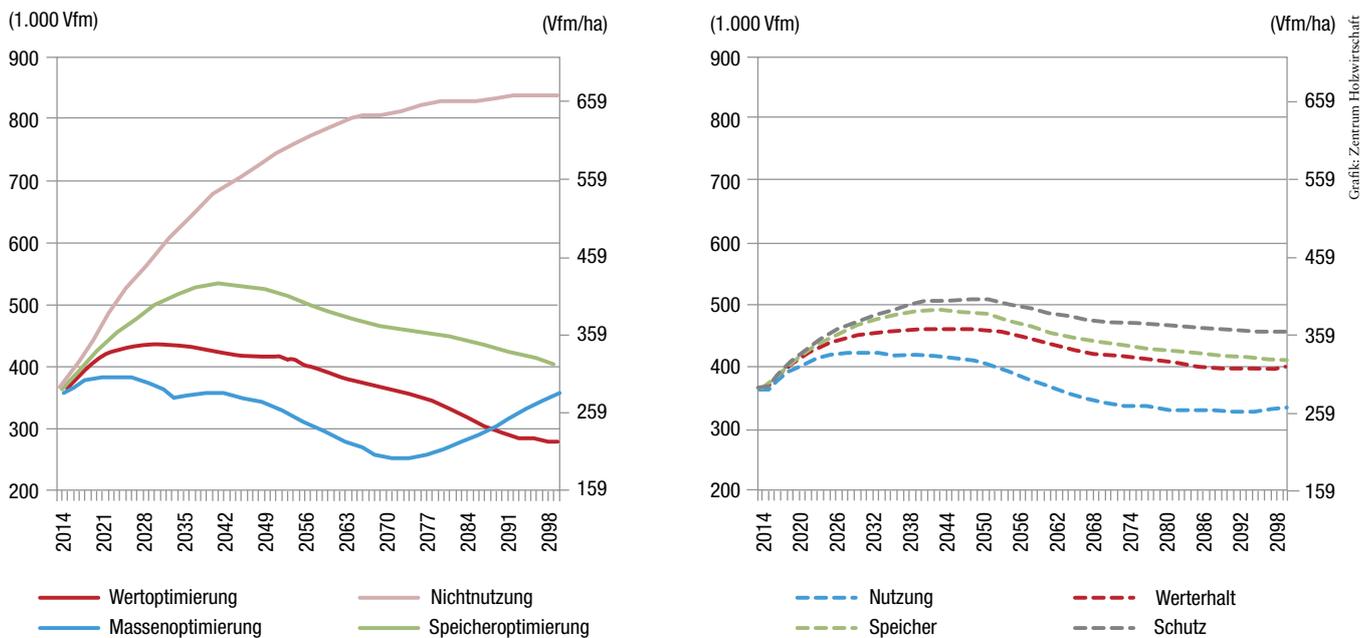


Abb. 2: Entwicklung des Derbholzvolumens im Simulationszeitraum (2015 bis 2100); vier Grundszenarien als durchgängige Linien, Kombinationsszenarien gestrichelt dargestellt

Mortalität anfallenden Mengen werden direkt dem Totholzspeicher zugerechnet.

Die in Abb. 2 dargestellte zeitliche Entwicklung des Derbholzvorrats zeigt für den Waldspeicher eine hohe Variabilität. Die Nichtnutzung erreicht mit deutlichem Abstand die höchsten Speicherwerte. Der annähernd asymptotische Verlauf zum Ende der Simulationsperiode zeigt, dass sich der Speicheraufbau über die Zeit abschwächt und eine Sättigung erreicht. Die Szenarien mit intensiver Nutzung und kürzerem „Umtrieb“ führen vor allem zu Beginn der Simulationsperiode (2015 bis 2100) zu geringeren Vorräten. Diese kurzen Ausführungen zeigen, dass eine vergleichende Beurteilung der Szenarien maßgeblich von der Zeitdauer der Betrachtung abhängt. Um Entscheidungen auf einer langfristigen Basis treffen zu können, werden daher in den BEKLIFUH-Langberichten Auswertungen für die Jahre 2030 und 2050 und für das Ende des Simulationszeitraums zur Verfügung gestellt.

Zuwachskorrektur und Baumartenwechsel

Liegen Inventurdaten und Holzerntemengen für den Anfangszeitraum der Simulation vor, können entsprechende Korrekturfaktoren hergeleitet werden, mit deren Hilfe die Ertragstafelwerte des laufenden Zuwachses auf die jeweiligen lokalen

Verhältnisse angepasst werden. Für den Stadtwald Höxter wurde die Zuwachskorrektur für Fichte mit 1,71, für Eiche mit 1,57, für Buche mit 1,23 und für Kiefer mit 0,81 berechnet. Die Korrekturfaktoren werden aber im Sinne einer konservativen Schätzung auf einen Maximalwert von 1,5 begrenzt.

Als eine Option der zukünftigen Bewirtschaftung können auch Baumartenwechsel vorgegeben werden. Wird eine Baumart noch nicht im Betrieb angebaut und soll erst neu eingeführt werden, kann wegen der fehlenden Inventurdaten kein Korrekturfaktor berechnet werden. Im Stadtwald Höxter sollten als Bewirtschaftungsoption nach der Endnutzung auf der Hälfte der bisherigen Fichtenflächen Buchen- (30 %) bzw. Douglasienbestände (20 %) begründet werden. Da im Stadtwald Höxter aktuell keine nennenswerten Vorräte für die Baumartgruppe Douglasie vorhanden sind, konnte kein Korrekturfaktor aus Inventurdaten hergeleitet werden. Stattdessen wurde für die neu zu begründenden Bestände ein laufender Zuwachs auf 1,23-fachem Niveau der Douglasien-Ertragstafel nach Bergel (1975) [5] unterstellt.

Holzverwendung

Für jedes gewählte Szenarium ermittelt das Waldmodell die jährlichen Holzerntemengen, die anschließend an das Holz-

verwendungsmodell übergeben werden. Im Holzverwendungsmodell können verschiedene Optionen für die Erstverwendung des geernteten Holzes gewählt werden. Für den Stadtwald Höxter wurde insbesondere für die stärkeren Sortimente ein Anteil für die Verwendung in der Säge- und Holzwerkstoffindustrie festgelegt, der über dem des Bundesdurchschnitts liegt, aber als typisch für größere kommunale und staatliche Forstbetriebe angesehen werden kann.

Für Schwachholzsortimente von Fichte wird angenommen, dass nahezu die Hälfte der Erntemengen in der Papier- und Zellstoffindustrie verwendet wird und somit eine geringe Klimaschutzwirkung erzeugt wird. Für Kiefer wird die Holzwerkstoffindustrie als wichtigster Verwendungsbereich für schwache Sortimente gewählt; schwaches Laubholz wird zu großen Teilen der Energiegewinnung zugeordnet. Die weitere Aufteilung in Unterverwendungen folgt den bundesdeutschen Durchschnittswerten [2, 3].

Klimaschutzwirkung der Szenarien

Die Klimaschutzwirkung durch die Speicherung von Kohlenstoff im Wald wird im BEKLIFUH-Softwaretool über die Entwicklung des Derbholzvorrats hergeleitet. Der aktuelle Waldvorrat (lebend, ober- und unterirdisch, jeweils über Ex-

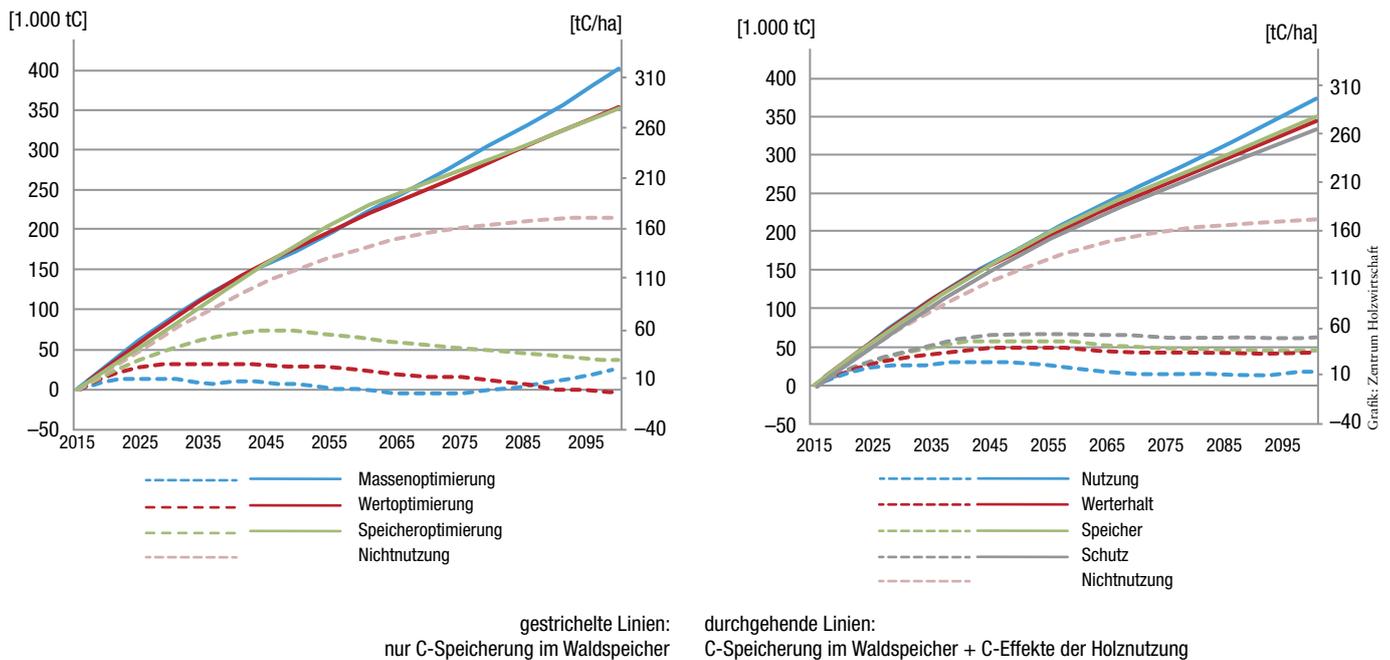


Abb. 3: Klimaschutzwirkung der vier Grundszenarien (links) und vier Kombinationsszenarien (rechts + Szenario Nichtnutzung). Die Kohlenstoffwirkung des Waldspeichers alleine ist als gestrichelte Linie dargestellt, durchgängige Linien zeigen die gesamte Klimaschutzwirkung von Wald und Holzverwendung (Speicher- und Substitutionsleistungen).

pansionsfaktoren geschätzt sowie die tote Biomasse) wird dem Vorrat zu Beginn der Simulation gegenübergestellt. Aus der Vorratsdifferenz ergibt sich unter Einbeziehung von Raumdichten und Kohlenstoffgehalt des Holzes die Menge des gespeicherten oder freigesetzten Kohlenstoffs als Klimaschutzwirkung des Waldspeichers [1], vgl. Tab. 2.

Die Szenarien mit Holznutzung weisen durch Pflege- und Ernteeingriffe geringere Vorräte auf als das Szenarium Nichtnutzung. Die Klimaschutzwirkung durch den Waldspeicher ist entsprechend geringer, wird aber durch die Holzverwendung (Speicher- und Substitutionseffekte) zur gesamten Klimaschutzwirkung ergänzt (s.a. Abb. 3). Analog zur Entwicklung des Derbholzvorrats hat die Nichtnutzung beim

Waldspeicher den höchsten Beitrag unter allen Szenarien der Waldbewirtschaftung, erzielt jedoch wegen des Verzichts auf Holznutzung keine diesbezügliche Klimaschutzwirkung durch Speicherung oder Substitution. Ist ein Gleichgewicht zwischen Zuwachs einerseits und Zerfall und Mortalität andererseits erreicht, erfolgt kein weiterer Vorratsaufbau.

Die aus der Holznutzung resultierenden Beiträge zum Klimaschutz führen im Fall des Stadtwaldes Hörter im Sinne des Klimaschutzes zu einer zunehmenden Vorteilhaftigkeit der Waldbewirtschaftung mit Holznutzung ab dem Jahr 2040. Das Grundszenario Massenoptimierung erreicht ab 2070 durch die Substitutionseffekte der Holzermittungen letztlich die höchste Klimaschutzleistung.

Die vorgestellten Ergebnisse werden wesentlich durch die Inventur- und Bewirtschaftungsergebnisse der letzten Jahrzehnte sowie die sachgerechte Definition der Szenarien bestimmt. Im Vergleich zu den Bewirtschaftungsstrategien mit Holznutzung führt der Nutzungsverzicht zu einer geringeren Klimaschutzwirkung und bedeutet gleichzeitig einen Verzicht auf Einkünfte aus dem Holzverkauf.

Literaturhinweise:

[1] IPCC (2006): Guidelines for national greenhouse gas inventories. EGGLESTON, H.S.; BUIENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K.; editors. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES). [2] KNAUF, M.; KÖHL, M.; MUES, V.; OLSCHOFSKY, K.; FRÜHWALD, A. (2015): Modeling the CO₂-effects of forest management and wood usage on a regional basis. Carbon Balance and Management 10:13. doi: 10.1186/s13021-015-0024-7. [3] MUES, V.; KNAUF, M.; KÖHL, M.; FRÜHWALD, A. (2017): Bewertung der Klimaschutzleistungen der Forst- und Holzwirtschaft auf lokaler Ebene (BEKLIFUH). Ein Projekt im Rahmen des Waldklimafonds. Schlussbericht und Dokumentation, 10.3.2017. Hamburg/Bielefeld. [4] SUDA, M.; PUKALL, K. (2014): Multifunktionale Forstwirtschaft zwischen Inklusion und Extinktion. Schweiz Z. Forstwesen 165 (2014) 11: 333–338. [5] SCHÖBER, R. (1975): Ertragstabellen wichtiger Baumarten. Sauerländer, Frankfurt a.M.

Folgerungen

Am Beispiel des Stadtwaldes Hörter kann gezeigt werden, wie das BEKLIFUH-Softwaretool eine Beurteilung verschiedener Szenarien der Waldbewirtschaftung und Holzverwendung auf die Klimaschutzwirkung ermöglicht. Die BEKLIFUH-gestützte Szenarienanalyse trägt zur Versachlichung der Diskussionen und Entscheidungen über die zukünftige Waldbewirtschaftung von Forstbetrieben bei.

Dr. Volker Mues, volker.mues@uni-hamburg.de, arbeitet im Exzellenzcluster CLISAP am Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg. **Dr. Marcus Knauf**, Gesellschafter von Knauf Consulting, war Projektkoordinator des Projekts BEKLIFUH. **Arno Frühwald** war als Professor für Holzphysik und Technologie des Holzes am Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg tätig. **Prof. Dr. Michael Köhl** ist Leiter Weltforstwirtschaft am Zentrum Holzwirtschaft an der Universität Hamburg. **Johannes Happe** ist Sachgebietsleiter „Stadtforstbetrieb Hörter“. **Roland Schockemöhle**, Landesbetrieb Wald und Holz Nordrhein-Westfalen, leitet das Regionalforstamt Hochstift.

