

# Holznutzung und C-Bindung beim Kommunalwald Augsburg

Insbesondere im Kommunalwald treffen aufgrund seiner meist typischen Stadtnähe die unterschiedlichsten Interessen und Nutzergruppen aufeinander. Dadurch rückt die Bereitstellung der verschiedensten Ökosystem(dienst)leistungen (ÖSL) des Waldes automatisch stärker in den Fokus des Betriebsmanagements.

*Benjamin Gang, Markus Meyer,  
Christoph Schulz, Fabian Härtl*

Um das Ökosystem Wald unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Interessen optimal zu bewirtschaften, ist es daher erforderlich, die verschiedenen Leistungen zu ermitteln und zu bemessen. Darauf aufbauend können Bewirtschaftungskonzepte entwickelt werden, die alle ÖSL berücksichtigen. Die Interaktionen zwischen den unterschiedlichen ÖSL des Waldes zu verstehen, ist dabei der Schlüssel für die Betrachtung und Bewertung dieser Leistungen [2].

## Untersuchung von Ökosystemleistungen

Im Augsburger Stadtwald spielen vor allem der Trinkwasserschutz, der Naturschutz und die Erholung neben der Holznutzung eine bedeutende Rolle für die Bevölkerung [9]. Der Umfang der unterschiedlichen Leistungen hängt besonders von der räumlichen Lage der einzelnen Reviere ab. So gibt es Unterschiede in der Bereitstellungsintensität der verschiede-

nen ÖSL zwischen stadtnahen und stadtfernen Gebieten.

In einem Forschungsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) werden die verschiedenen ÖSL des Augsburger Stadtwaldes untersucht. Für zwei dieser Leistungen, die Holznutzung und die Kohlenstoffbindung, wurde eine Analyse am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (TUM) durchgeführt. Für die Holznutzung ist dabei das Potenzial dieser Leistung ermittelt worden. Einerseits standen dafür die realen Holznutzungsdaten des Augsburger Stadtwaldes zur Verfügung, andererseits konnte mit dem forstlichen Optimierer YAFO eine ökonomisch optimierte Waldbewirtschaftung für die Zinsszenarien von 1 %, 2 % und 3 % erstellt werden. Die realen Daten wurden nach Sägeholz und Brennholz getrennt dargestellt. Die simulierten Werte basieren auf den realen Forsteinrichtungsdaten der einzelnen Reviere des Stadtwaldes. Diese wurden in den Waldwachstumssimulator SILVA übertragen und für 60 Jahre fortgeschrieben. Daraus wurde mit YAFO eine unter Berücksichtigung von finanziellen und naturalen Risiken optimale Holznutzung ermittelt. Die jeweiligen Zinsszenarien zeigen durch einen Vergleich mit den real eingeschlagenen Holzmenge die Nutzungsmöglichkeiten der einzelnen Reviere.

## Das Modell YAFO

YAFO ist ein ökonomisches Optimierungs- und Planungsmodell auf Forstbetriebs-ebene, das auf der Maximierung einer Zielfunktion durch nichtlineare Programmierung basiert. Als Zielfunktion wird der Value-at-Risk verwendet, d. h. ein finanzieller Wert, der den Kapitalwert des Forstbetriebs und das damit verbundene Risiko kombiniert. Naturale und finanzielle Un-

sicherheiten gelten in der Forstwirtschaft aufgrund der langen Produktionszeiträume als inhärent und werden daher in diesem Modell berücksichtigt [7]. In jedem Bestand wird, je nach ökonomischer Vorteilhaftigkeit, zwischen einer Durchforstung oder einer Endnutzung (auf ganzer oder Teilfläche) entschieden. Das Modell bewertet Risiken sowohl von biotischen und abiotischen Kalamitäten (z. B. Sturm, Borkenkäferbefall) als auch ökonomischen Faktoren (z. B. Holzpreisschwankungen) mithilfe einer Monte-Carlo-Simulation (MCS) und berücksichtigt diese Informationen bei der Entscheidungsfindung [7]. Durch die MCS werden über tausend mögliche zufällige Holzpreise aus einer Holzpreisstatistik gezogen sowie gleichzeitig das potenzielle Auftreten von Schadereignissen simuliert, um daraus die Streuung der zu erwartenden Erlöse und Kosten je Bestand und Simulationsperiode abzuleiten. Aufgrund der Berücksichtigung dieser Risiken kommt es bei der optimierten Lösung durch eine größere Streuung der Holznutzung in den Einzelbeständen zu einem ausgeglicheneren Holzanfall auf Betriebsebene als im Fall der reinen Gewinnmaximierung [5].

## Holznutzung und Einfluss des Zinssatzes

Betrachtet wird zunächst das Revier 1, das sich im Süden von Augsburg, entlang des Lechs befindet und im direkten Einzugsgebiet der Stadt liegt. Das Waldgebiet ist dem Wuchsbezirk 12.4 „Unteres Lechtal“ zugeordnet. Es ist ein Auwaldrevier (im Übergang zu einem Landwaldrevier), welches durch unterschiedliche Sedimentationen des Lechs, von sehr flach bis tiefgründig, gekennzeichnet ist und in dem neben Kiefer (39 %) und Fichte (29 %) in einem hohen Anteil (20 %) Edellaubhölzer wie Esche, Ahorn, Schwarzerle und Linde vor-

### Schneller Überblick

- Ökosystemleistungen sind insbesondere im Kommunalwald Teil des forstlichen Betriebsmanagements
- Ökonomische Optimierungsansätze sind hilfreiche Entscheidungsunterstützungssysteme für die nachhaltige Waldbewirtschaftung
- Angepasste Nutzungsintensitäten ermöglichen eine simultane Verbesserung von ökonomischen und ökologischen Zielen

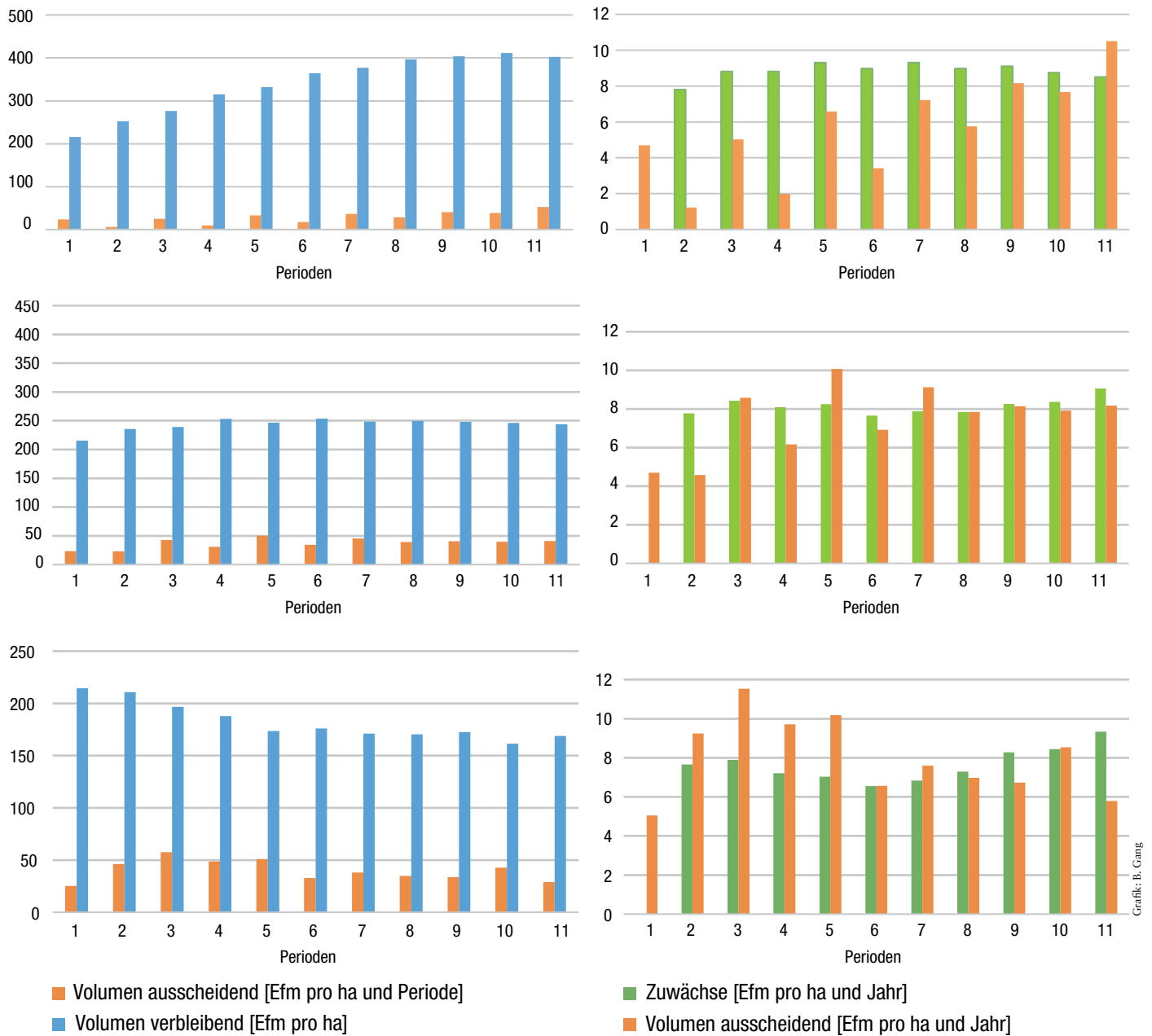


Abb. 1 bis 3: Ergebnisse Revier 1 YAFO für drei Zinsszenarien: Zinssatz 1 % (oben), Zinssatz 2 % (Mitte), Zinssatz 3 % (unten): Volumenentwicklung, Zuwächse und Nutzung. 5-Jahres-Schritte je Periode; Periode 1 = Jahr 2001

kommen [13]. Das Revier 6 hingegen liegt ungefähr 20 km südöstlich von Augsburg im Wuchsgebiet 12.8, „Oberbayerisches Tertiärhügelland“, außerhalb des städtischen Einzugsgebietes. Die dortigen Standorte sind sehr leistungsfähig und werden vor allem zur Holzproduktion genutzt. Dominierende Baumart in diesem Revier ist die Fichte (62 %), gefolgt von Buche (15 %) und Lärche (6 %) [14].

Durch die Optimierung bei unterschiedlichen Zinssätzen wird deren großer Einfluss erkennbar. Eine für mitteleuropäische Wälder oft realistische Zinsforderung liegt bei 1,5 % [10]. Bei einem Zinssatz von 1 % kommt es bei der Optimierung

mit YAFO zu einem stetigen Vorratsaufbau über den betrachteten Zeitraum, da die Bestände des Reviers einen positiven Wertzuwachs aufweisen. In Abb. 1 wird dies am Beispiel des Revieres 1 des Stadtwaldes ersichtlich.

Bei einem Zinssatz von 2 % wiederum bleibt der Vorrat konstant bei einer insgesamt höheren Holznutzung, wobei die Nutzung den Zuwachs überwiegend nicht übersteigt (Abb. 2).

Bei einer Verzinsung von 3 % kommt es zu einer allmählichen Vorratsabsenkung über den simulierten Zeitraum und die Nutzung übersteigt v. a. in den Perioden 2 bis 5 den Zuwachs (Abb. 3).

Bei dem Vergleich der simulierten Werte (Durchschnitt der Periode 2 und 3) mit der tatsächlichen Holznutzung im Stadtwald Augsburg wird deutlich, dass in dem stadtnahen Revier 1 näherungsweise eine Übereinstimmung mit dem Szenario mit einem Zinssatz von 1 % erkennbar ist (Abb. 4).

Daraus kann abgeleitet werden, dass in diesem Revier bei alleiniger Betrachtung der Holznutzung ein noch nicht ausgeschöpftes Nutzungspotenzial vorhanden ist. So könnten durch eine Anhebung des Einschlages mit dem Ziel einer zweiprozentigen Verzinsung höhere Gewinne bei gleichzeitiger Beibehaltung eines konstanten Vorratsniveaus erzielt werden (s. Abb. 2).

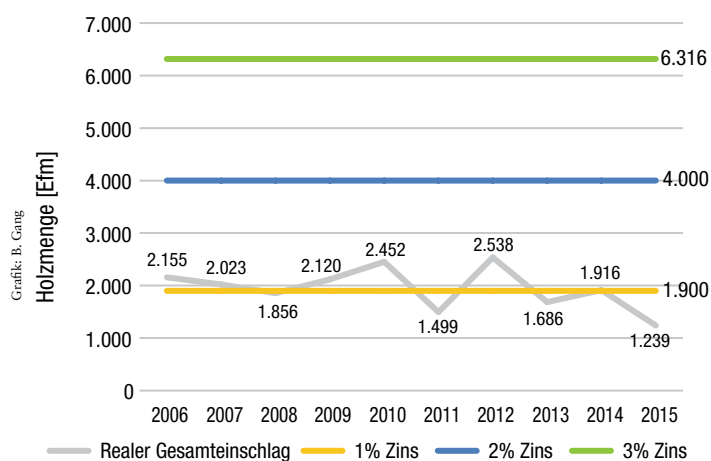


Abb. 4: Revier 1: Vergleich realer mit optimierter Nutzung bei unterschiedlichen Zinssätzen: jährliche reale Nutzungsmenge und durchschnittliche optimierte Nutzung über 10 Jahre (Durchschnitt der Perioden 2 und 3)

Im stadtfernen Revier wiederum ist der reale Nutzungssatz bereits auf dem Niveau des mit 3 % gerechneten YAFO-Szenarios (Abb. 5). Deshalb gibt es hier weniger Spielraum, diese Leistung zu steigern, ohne den Vorrat weiter abzusenken. Die tatsächliche Holznutzung und das vorhandene Potenzial richten sich vor allem nach den jeweiligen Standorten und der Baumartenzusammensetzung.

### Kohlenstoffbindung

Eine weitere untersuchte Leistung stellt die Kohlenstoffbindung dar. In YAFO werden der Waldspeicher, der Produktspeicher und die Substitutionsleistungen berücksichtigt [8]. Die Speicherleistung des Waldes entspricht dem Zuwachs an Biomasse und damit dem durch den Wald laufend aktiv gebundenen Kohlenstoff. Der Produktspeicher wirkt gewissermaßen als „Verlängerung“ der Kohlenstoffspeicherung in den Holzprodukten um die Produktlebenszeit. Die Substitutionsleistung ergibt sich rechnerisch aus der Menge an Kohlenstoff, die durch die Nutzung von Holz anstelle von anderen Materialien eingespart wird. Die gesamten Kohlenstoffeinsparungen werden in Tonnen Kohlenstoff pro ha und Jahr angegeben ( $tC/ha \cdot \text{Jahr}$ ). Dabei sind Einsparungseffekte mit negativem Vorzeichen definiert und Emissionen von Kohlenstoff dementsprechend positiv. Durch Einbeziehung des Produktspeichers und der Substitutionsleistungen wird der gesamte Zyklus der Holznutzung im Modell abgebildet. Dadurch ist es möglich, die Synergien bzw. Konflikte zwischen den beiden Leistungen Holzpro-

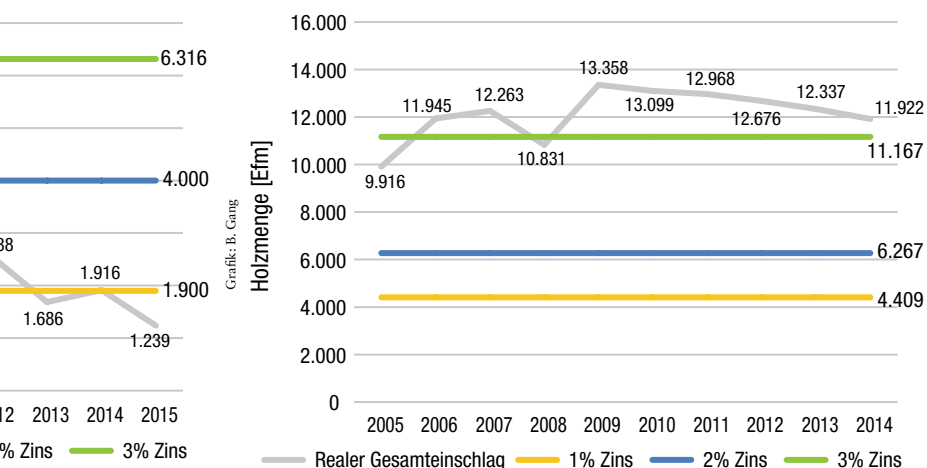


Abb. 5: Revier 6: Vergleich reale mit optimierter Nutzung bei unterschiedlichen Zinssätzen: jährliche reale Nutzungsmenge und durchschnittliche simulierte Nutzung über 10 Jahre (Durchschnitt Periode 1 und 2)

duktion und Kohlenstoffspeicherung aufzudecken. In den betrachteten Zinsszenarien steigt die Kohlenstoffspeicherleistung mit dem Zins zwischen 1 % und 2 % an, d. h. sie korreliert mit der höheren Holznutzung. Bei dem Szenario mit 3 % erreicht die Gesamtleistung über den betrachteten Zeitraum nicht die Werte des Zinssatzes von 2 % (Abb. 6 und 7).

Damit wird die beste Kombination der beiden untersuchten ÖSL durch eine Bewirtschaftung in Anklang an das 2-%-Szenario erreicht. Hierdurch wird sowohl der Klimaschutzeffekt als auch die ökonomische Rentabilität am besten berücksichtigt. Es bleibt festzuhalten, dass sich die Erhöhung der Holznutzung nicht nur durch die emissionsverzögernden Effekte des Produktspeichers und der Substitution positiv auf den Klimaschutz wirkt, sondern auch durch die zuwachsfördernden Wirkungen der Durchforstungseingriffe. Im 2-%-Szenario wird das optimale Verhältnis zwischen Waldspeicher, Substitutionsleistung und den verzögerten Emissionen aus den Holzprodukten erreicht. Eine weitere Steigerung der Holznutzung, wie im 3-%-Szenario simuliert, generiert zwar anfänglich höhere Senkeneffekte, aber im Laufe der Zeit kommt es zu einer Verringerung der Effekte, insbesondere beim Waldspeicher und Produktspeicher, sodass im Durchschnitt dieses Szenario in allen Revieren den geringsten Klimaschutzeffekt aufweist (Abb. 6).

### Schlussfolgerung

Eine ökonomische Optimierung, in diesem Fall mit dem Modell YAFO, ermöglicht

es, die vielfältigen Ansprüche an den Wald systematisch zu analysieren. In dem Modell werden Faktoren wie finanzielle und naturale Risiken einbezogen, sodass das Ziel der reinen Gewinnmaximierung in ein abwägendes Zielsystem aus Gewinnmaximierung und Risikoaspekten, wie kontinuierlichem Holzangebot und ausreichender Holzreserve, überführt wird [5]. Damit nähert sich eine derart erweiterte ökonomische Optimierung einer nachhaltigen Bewirtschaftung bereits weitestgehend an [6].

Bei dem Ansatz der Kohlenstoffbilanzierung in YAFO werden die drei wichtigen Faktoren berücksichtigt, die den Klimaschutzeffekt des Gesamtsystems Forst und Holz beeinflussen: die Kohlenstoffbindung im Wald, der Holzproduktspeicher und die Substitutionsleistung. Insgesamt hat bei der Betrachtung der drei Teileffekte die Substitutionsleistung den größten Anteil an den Kohlenstoffeinsparungen. Dieser Effekt leistet in den Szenarien mit höheren Zinssätzen (2 % und 3 %) in den betrachteten Revieren im Durchschnitt den höchsten Beitrag zum Klimaschutzeffekt. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Analysen weiterer Studien zu diesem Thema [11,12].

Besonders vor dem Hintergrund des Klimawandels ist es unumgänglich, das Treibhausgas-Minderungspotenzial von Waldbewirtschaftung und Holznutzung herauszustellen und die vorhandenen Potenziale auszuschöpfen. Daher spielt auch, wie in der aktuellen „Charta für Holz 2.0“ des Bundesministeriums für Ernährung und

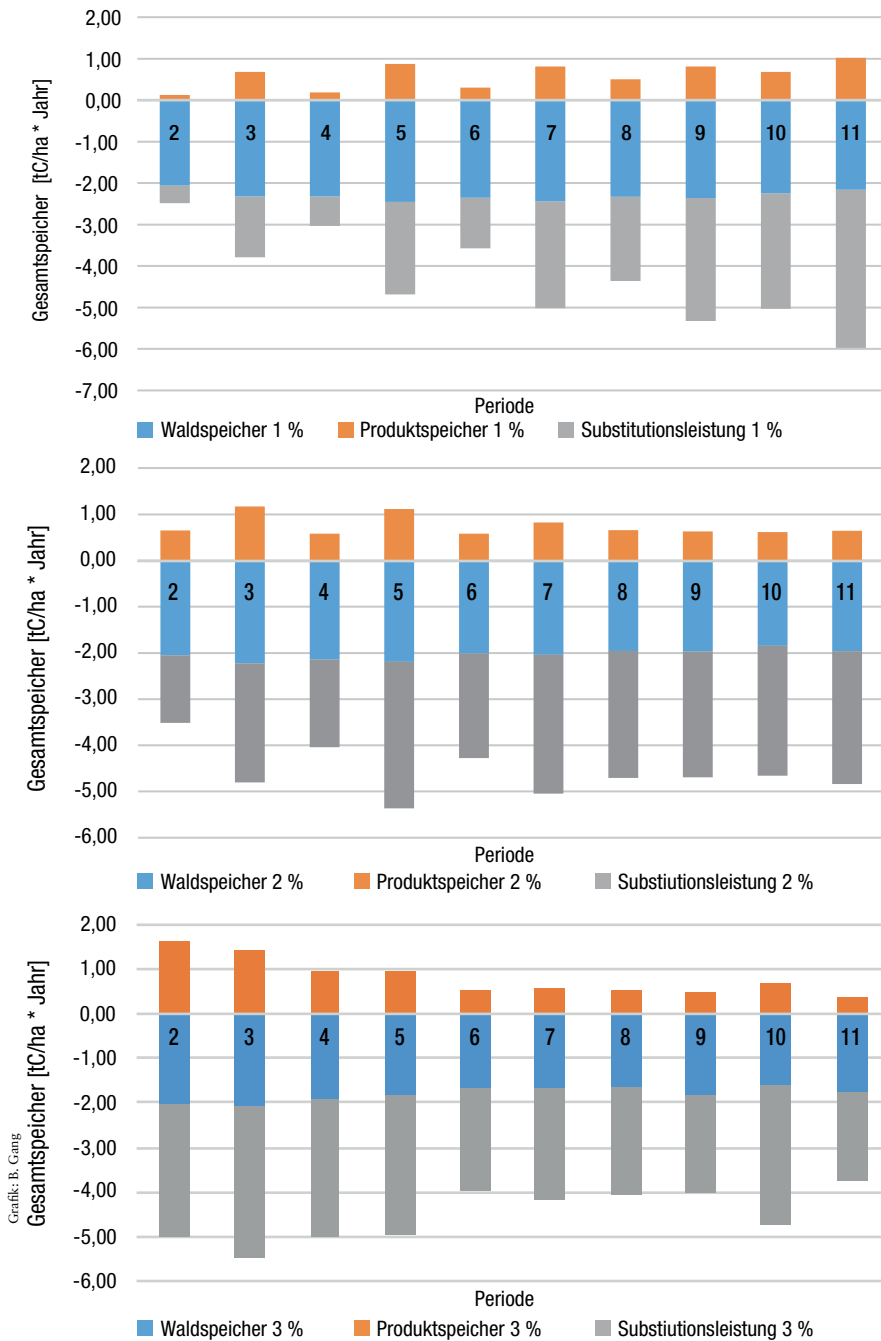


Abb. 6: Revier 1: Klimaschutzeffekte in den Zinsszenarien 1 %, 2 % und 3 %, unterschieden nach Wald-, Produktspeicher und Substitutionsleistung

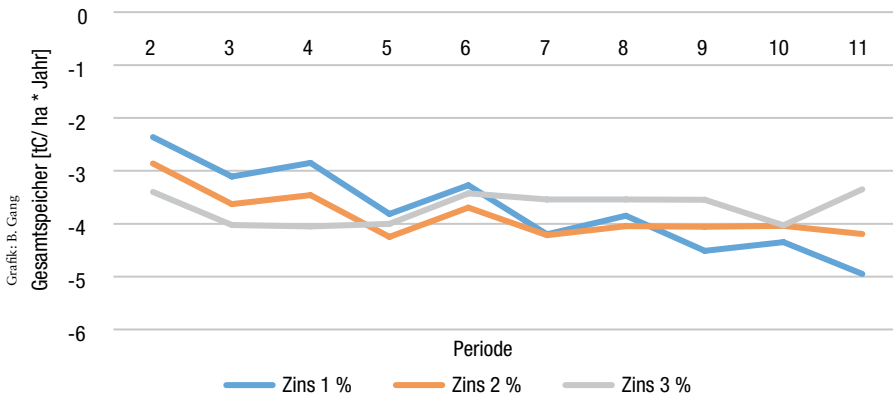


Abb. 7: Revier 1: Gesamte Kohlenstoffbilanz, unterschieden nach den Zinsszenarien 1 %, 2 % und 3 %

Landwirtschaft festgelegt, die Holzverwendung eine entscheidende Rolle [1]. Für die Holzgewinnung gilt dabei immer eine nachhaltige Forstwirtschaft unter Berücksichtigung der weiteren Leistungen des Waldes als Voraussetzung [3]. Die negativen Folgen einer Übernutzung der Ressource Holz auf den Klimaschutz und andere ÖSL sollen verhindert werden, indem die Balance zwischen den verschiedenen ÖSL hergestellt wird. Für die Forstwirtschaft von morgen gilt als Ziel, so viele Leistungen des Waldes wie möglich zu maximieren [4]. Die Analyse der zwei ÖSL in dieser Untersuchung leistet einen Beitrag, um dieses Unterfangen auf betrieblicher Ebene umzusetzen.

Literaturhinweise:

[1] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Stand April 2017): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. – Charta für Holz 2.0. Berlin. [2] CADEMUS, R.; ESCOBEDO, F.; MCLAUGHLIN, D.; ABD-ELRAHMAN, A. (2014): Analyzing trade-offs, synergies, and drivers among timber production, carbon sequestration, and water yield in Pinus elliotii Forests in Southeastern USA. Forests 5 (6), S. 1409-1431. [3] Europäische Kommission (2013): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Eine neue EU-Forststrategie: für Wälder und den forstbasierten Sektor. Brüssel. [4] HANEWINKEL, M. (2011): Multifunktionalität des Waldes. Forum für Wissen, S. 7-14. [5] HÄRTL, F. (2015): Der Einfluss des Holzpreises auf die Konkurrenz zwischen stofflicher und thermischer Holzverwertung. Ein forstbetrieblicher Planungsansatz unter Berücksichtigung von Risikoaspekten. Dissertation, TU München, Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung, Freising. [6] HÄRTL, F. (2016): Waldinventuren – Grundlage für die betriebliche Planung. AFZ-DerWald; 71. Jg., Nr. 13, S. 13-15. [7] HÄRTL, F.; HAHN, A.; KNOKE, T. (2013): Risk-sensitive planning support for forest enterprises: The YAF0 model. Computers and Electronics in Agriculture, (94), S. 58-70. [8] HÄRTL, F.; HÖLLERL, S.; KNOKE, T. (2016): A new way of carbon accounting emphasises the crucial role of sustainable timber use for successful carbon mitigation strategies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, S. 1-30. [9] KIRCHER, J. (2016): Ausgezeichnete Erholung. Augsburgs Stadtwald ist Deutschlands erster Erholungswald mit PEFC-Zertifikat. LWF aktuell, (4), S. 23-25. [10] MÖHRING, B.; RÜPING, U. (2008): A concept for the calculation of financial losses when changing the forest management strategy. Forest Policy and Economics, 10 (3), S. 98-107. [11] PEREZ-GARCIA, J.; LIPPKE, B.; COMNICK, J.; MANRIQUEZ C. (2005): An assessment of carbon pools, storage, and wood products markets substitution using life-cycle analysis results. Wood and Fiber Science, S. 140-148. [12] ROCK, J.; BOLTE, A. (2011): Auswirkungen der Waldbewirtschaftung 2002 bis 2008 auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz. AFZ-DerWald, 66. Jg., Nr. 15, S. 22-24. [13] SCHRAUDY, M. (2001): Forstwirtschaftsplan für den Wald der Stadt Augsburg, Betriebsklasse Auwald. Dinkelscherben. [14] SCHRAUDY, M.; PEITZSCH, J. (2004): Erweiterte Zwischenrevision zum Forstwirtschaftsplan für den Stadtwald Augsburg, Betriebsklasse Landwald 2004-2024. Dinkelscherben.

**Benjamin Gang**, benjamin.gang@mytum.de, hat seine Masterarbeit im Studiengang Forst- und Holzwissenschaft am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung (Institute of Forest Management, IFM) der Technischen Universität München (TUM) geschrieben und ist aktuell Forstreferendar in der Bayerischen Forstverwaltung. Dr. Markus Meyer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Christoph Schulz stellvertretender Leiter der Abteilung Waldbesitz, Beratung, Forstpolitik der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). Dr. Fabian Härtl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IFM der TUM.

