

Langfristige Simulation der Zielstärkennutzung in Buchenbeständen

Jürgen Nagel und Susanne Sprauer

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Grätzelstr.2, Göttingen

Einleitung

Die waldbaulichen Leitbilder der Landesforsten von Hessen und Niedersachsen sehen für Buchenwälder die Produktion von Stammholz mit Zielstärkennutzung und Naturverjüngung vor (NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN 1997, HESSEN-FORST 2008). Die Nutzung soll einzelstammweise, femel- oder plenterartig erfolgen mit dem Ziel, einen strukturreichen Wald zu schaffen. Es stellt sich die Frage, wie sich z. B. einschichtige Buchenreinbestände langfristig entwickeln, wenn sie konsequent nach diesen Konzepten behandelt werden: Wird sich ein plenterwald-ähnlicher Zustand einstellen, der sich auf ein Gleichgewicht stabilisiert? Welche Mengen an zielstarkem Holz können regelmäßig erwartet werden? Wie wirkt sich die Wahl der Zielstärke aus? Und wie wird sich der Zuwachs bei unterschiedlicher Zielstärke und Bestandesdichte langfristig entwickeln? Darüber hinaus stellt sich die Frage nach einer nachhaltigen Vorratshaltung für derartige Bestände.

Die aufgeworfenen Fragen lassen sich zeitnah nicht mit einer Versuchsreihe beantworten, da die Produktion zielstarker Buchen mit einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm je nach Standort und Bewirtschaftung zwischen 80 und 200 Jahren dauert und die Fragestellung die Betrachtung mehrerer Generationszyklen erforderlich macht. Als Alternative bleibt daher nur, sich den Antworten mittels Simulation der Wachstumsentwicklung zu nähern.

In der folgenden Untersuchung soll anhand von Simulationsergebnissen beleuchtet werden:

1. wie sich ein Waldbestand bei konsequenter Zielstärkennutzung langfristig entwickelt,
2. welchen Einfluss die Wahl der Zielstärke auf Nutzung, Vorrat und Zuwachs hat,
3. wie sich die Durchforstungsstärke auf Nutzung, Vorrat und Zuwachs auswirkt
4. und welchen Einfluss die Bonität hat.

Methodik

Für die Untersuchung wird als Referenz ein einschichtiger 60-jähriger Buchenbestand der I. Ertragsklasse nach Schober (mäßige Durchforstung) gewählt. Die Entwicklung dieses Bestandes soll wiederholt mit unterschiedlicher Zielstärke und Durchforstungsstärke über einen Zeitraum von etwa zwei Generationen simuliert werden.

Die Simulation wird mithilfe des ForestSimulator in der Version 7.5¹ durchgeführt. Dieser wurde mit der Waldwachstumssimulationssoftware TreeGrOSS erstellt und enthält die Wachstumsroutinen des Modells BWINPro für nordwestdeutsche Buchenbestände (NAGEL ET AL. 2006). Neben dem Wachstumsmodell enthält der Simulator ein Einwuchs- und ein Nutzungsmodell, welches die Zielstärkennutzung abbilden kann (DUDA, 2006). Normalerweise werden für den Simulator maximale Simulationszeiträume von bis zu 40 Jahren empfohlen. Eine Simulation über einen Zeitraum von 600 Jahren scheint jedoch sinnvolle Ergebnisse zu ermöglichen, wenn der Bestand im Parametrisierungsbereich des Modells gehalten werden kann. Dies wird durch die vorgesehene konsequente Zielstärkennutzung, eine angestrebte Grundfläche zwischen 20 und 50 m²/ha und die Annahme ausreichender Verjüngung gewährleistet. Da der Simulator über verschiedene Zufallskomponenten verfügt, wird die Simulation jedes Szenarios 10 mal wiederholt.

Die Simulation der Zielstärkennutzung erfolgt in Verbindung mit einer Z-Baumauswahl und -freistellung. Dazu wird zunächst aus der Zielstärke die theoretische Anzahl möglicher Z-Bäume hergeleitet. Sie ergibt sich aus der Bestandesfläche dividiert durch die Kronenschirmfläche eines Baumes beim Erreichen der Zielstärke. Als Z-Bäume werden Bäume ausgewählt, die eine vorgegebene Mindesthöhe für den ersten Eingriff erreicht haben. Dabei wird sichergestellt, dass sich die Kronen zweier Z-Bäume zum Zeitpunkt der Zielstärke nicht überschneiden.

Alle 5 Jahre werden Eingriffe simuliert, bei denen der Zielstärkenalgorithmus des Programms zunächst prüft, ob zielstarke Bäume vorhanden sind. Diese werden gegebenenfalls der Stärke nach entnommen, bis entweder die vorgegebene maximale Erntemenge erreicht ist oder alle zielstarken Bäume entnommen wurden. Anschließend werden – wenn möglich – zusätzliche Z-Bäume auf der Fläche ausgewählt.

Danach erfolgt die Freistellung der Z-Bäume, wofür um jeden Z-Baum in einer Einflusszone mit dem Radius seiner doppelten Kronenbreite die Bestandesdichte als Maß für die Konkurrenzsituation berechnet wird. Iterativ wird solange der Z-Baum mit dem jeweils höchsten Konkurrenzdruck bestimmt und dessen stärkster Bedränger entnommen, bis entweder alle Z-Bäume freigestellt wurden oder die maximale Durchforstungsmenge unter Berücksichtigung der zuvor bestimmten Nutzungsmenge an zielstarkem Holz erreicht ist. Wenn anschließend die Bestandesgrundfläche die angestrebte Grundfläche überschreitet, wird wiederholt jeweils der Füllbaum (kein Z-Baum) entnommen, der den höchsten Konkurrenzdruck auf andere Bäume ausübt.

Der Einwuchs wird mit Hilfe eines gestuften Ansatzes geschätzt. Zuerst wird für jeweils 500 m² große Teilflächen des Bestandes in Abhängigkeit vom Lichtangebot entschieden, ob Verjüngung ankommt. Ist genug Licht

¹ Der ForestSimulator steht auf der Internetseite <http://www.nw-fva.de> unter Software zur allgemeinen Verfügung.
DVFFA – Sektion Ertragskunde, Jahrestagung 2009

vorhanden, so wird die Anzahl der neuen Bäume und schließlich deren Art bestimmt. Für die Verjüngung wird nach jedem Wachstumsschritt das verfügbare Lichtangebot geprüft. Ohne ausreichendes Licht sterben die Bäume wieder ab. Andernfalls erreichen sie nach ca. 35 Jahren einen Durchmesser von 7 cm und wachsen in den Hauptbestand ein.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass die simulierte Waldentwicklung unter idealen Bedingungen abläuft. Das Programm berücksichtigt weder Störungen noch biotische oder erntetechnische Schäden. Darüber hinaus bleiben die Standorts- und Klimabedingungen konstant.

Szenarien

Im Basisszenario EKL_I_60 wird der oben beschriebene gleichaltrige Buchenbestand simuliert. Es wird eine Zielstärke von 60 cm, eine maximale Nutzungsmenge von 150 m³/ha und eine maximale Durchforstungsmenge von 60 m³/ha je Eingriff unterstellt (Tab. 1). Der erste Eingriff erfolgt bei einer Höhe von 12 m. Im Bereich einer Höhe von 12 bis 22 m wird ein Bestockungsgrad von 0,7, zwischen 22 und 28 m ein Bestockungsgrad von 0,65 und oberhalb von 28 m bis zum Erreichen eines Durchmessers von 80 % der Zielstärke ein Bestockungsgrad von 0,75 bezogen auf die maximale Grundfläche nach Döbbeler (2004) angestrebt. Die Varianten EKL_I_50 und EKL_I_70 unterscheiden sich nur in Bezug auf die Zielstärke von diesem Basisszenario. Bei den Varianten EKL_I_60P und EKL_I_60M wurden die in der jeweiligen Höhenstufe angestrebten Bestockungsgrade im Vergleich zur Basisvariante geändert. Die Varianten EKL_II_60 und EKL_III_60 untersuchen schließlich Bestände geringerer Bonitäten.

Die Simulationen basieren mit Ausnahme der beiden letzten Varianten auf einem identischen 0,5 ha großen Ausgangsbestand. Es handelt sich um einen 60-jährigen Buchenreinbestand mit einer Grundfläche von 24,5 m²/ha, einem Vorrat von 233 m³/ha und einer Oberhöhe von 22,4 m. Die beiden Bestände der schwächeren Bonitäten wurden analog zu dem beschriebenen Bestand der I. Ertragsklasse mit dem Simulator erzeugt.

Tabelle 1: Simulierte Varianten

Variante	Ertragsklasse	Zielstärke	Angestrebter Bestockungsgrad nach Höhenstufe		
			12 – 22 m	22 – 28 m	28 m – 0.8*Zielstärke
EKL_I_60	I.	60 cm	0,7	0,65	0,75
EKL_I_50	I.	50 cm	0,7	0,65	0,75
EKL_I_70	I.	70 cm	0,8	0,75	0,85
EKL_I_60P	I.	60 cm	0,7	0,65	0,75
EKL_I_60M	I.	60 cm	0,6	0,55	0,65
EKL_II_60	II.	60 cm	0,7	0,65	0,75
EKL_III_60	III.	60 cm	0,7	0,65	0,75

Ergebnisse der Simulation

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Basisvariante vorgestellt. Abbildung 1 zeigt die Grundflächenentwicklung. Die Bestandesgrundfläche steigt erwartungsgemäß in den ersten Jahren an, während der Bestand in die Zielstärke wächst. Danach kommt es zu einer ersten Phase der Zielstärkenutzung und einige Jahre später zu einer zweiten, in der auch mitherrschenden die Bäume genutzt werden können. Nach ca. 150 Jahren stabilisiert sich die Grundflächenhaltung zwischen 22 und 26 m²/ha. Die Vorratsentwicklung zeigt einen ähnlichen Verlauf, wie die Grundflächenhaltung und pendelt sich zwischen 270 und 310 m³/ha ein (Abb. 2). In Abbildung 3 ist der Nutzungsanfall von zielstarkem Holz dargestellt. Nach ca. 150 Jahren kann fast alle 5 Jahre genutzt werden. Es gibt nur hin und wieder im Lauf der zehn Wiederholungen einzelne Perioden in denen keine Zielstärke anfällt. Der Volumenzuwachs steigt in allen Simulationsläufen zunächst einmal an und sinkt dann mit der einsetzenden Zielstärkenutzung ab. Nach ca. 180 Jahren pendelt er sich auf Werte zwischen 8 und 10 m³/ha/a ein und liegt damit geringfügig über dem maximalen durchschnittlichen Gesamtzuwachs der Buchenertragstafel für die I. Ertragsklasse, mäßige Durchforstung nach Schober (1967) (schwarze Linie in der Abbildung).

Die Ursache des starken Zuwachsabfalls von anfangs 14 auf 9 m³/ha/a liegt höchstwahrscheinlich in der Grundflächenhaltung. Eine Erklärung durch den negativen Alterseffekt der Grundflächenzuwachsfunction des

Einzelbaummodells scheidet aus wie Abbildung 5 verdeutlicht. Hier wurde der Alterseffekt für einen Simulationsdurchlauf fixiert. Dennoch zeigt sich ein ähnlicher Zuwachsabfall. Auch die Länge der Verjüngungsphase scheint nur einen geringen Einfluss auf den Zuwachs zu haben und erklärt nicht den Zuwachsabfall nach den ersten Simulationsperioden (Abb.6).

Die mittlere Durchmesserverteilung der Basisvariante ähnelt am Ende des Simulationszeitraumes der eines Plenterwalds (Abb.7). Allerdings zeigen sich leichte Abweichungen, die durch den Durchforstungsbeginn ab einer Höhe von 12 m, die wechselnde Durchforstungsstärke in den unterschiedlichen Höhenstufen und die Hiebsruhe bei Erreichen von 80% der Zielstärke erklärt werden können.

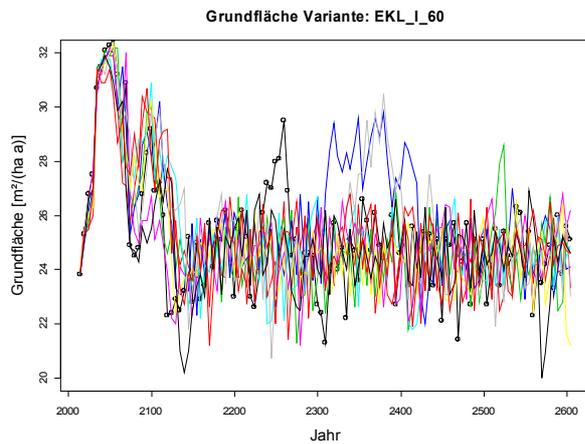


Abb. 1: Grundflächenentwicklung der Basisvariante. Es handelt sich um 10 wiederholte Simulationen.

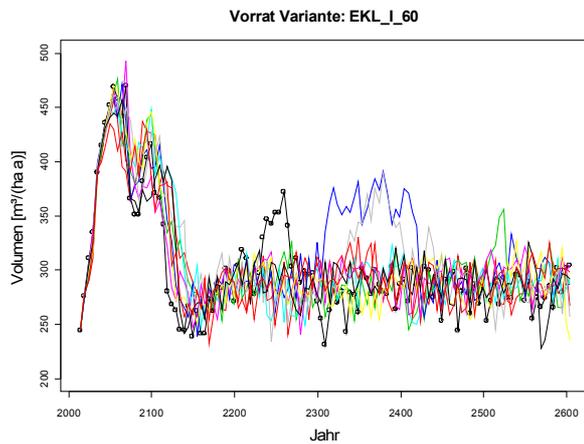


Abb. 2: Volumenentwicklung der Basisvariante. Es handelt sich um 10 wiederholte Simulationen.

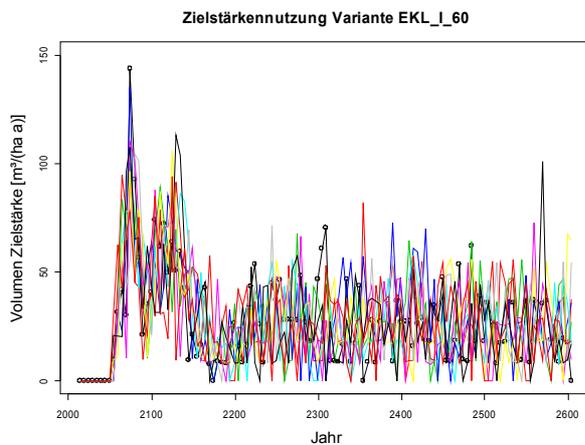


Abb. 3: Nutzung von zielstarkem Holz in der Basisvariante. Es handelt sich um 10 wiederholte Simulationen.

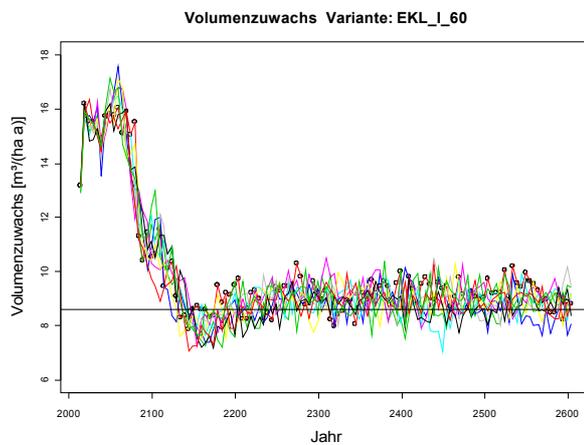


Abb. 4: Zuwachsentwicklung der Basisvariante. Die schwarze Gerade bei 8,6 m³/ha/a repräsentiert den maximalen durchschnittlichen Gesamtwuchs der Ertragsstapel I. Ertragsklasse, Buche, mäßige Durchforstung (SCHÖBER 1987). Es handelt sich um 10 wiederholte Simulationen.

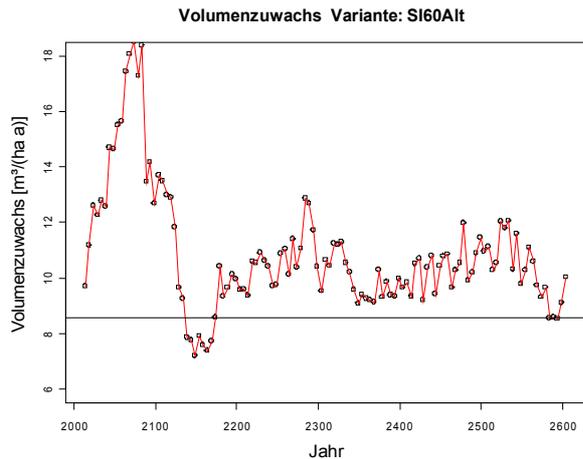


Abb. 5: Zuwachsentwicklung der Basisvariante bei fixiertem Alterseffekt. Es zeigt sich derselbe Zuwachsabfall wie in Abbildung 4.

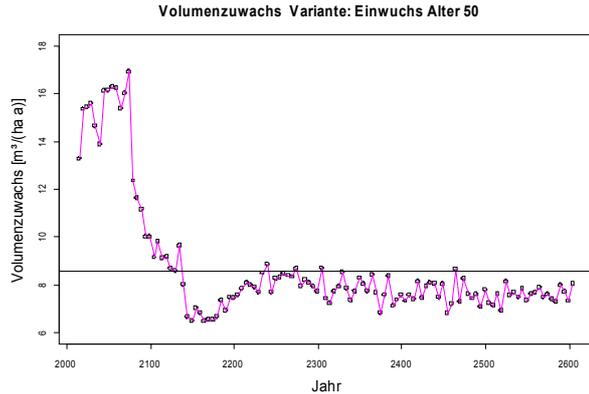


Abb. 6: Zuwachsentwicklung der Basisvariante bei verlängertem Verjüngungszeitraum. Die Buchen benötigen 50 statt 35 Jahre um eine Stärke von 7 cm zu erreichen. Es zeigt sich derselbe Zuwachsabfall wie in Abbildung 4, jedoch eine leichte Verringerung der Zuwachsleistung.

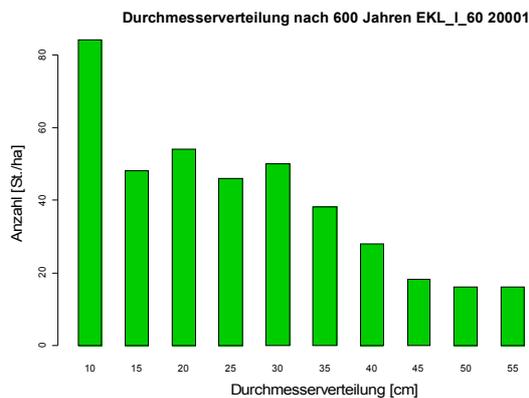


Abb. 7: Mittlere Durchmesserverteilung der 10 Simulationen der Basisvariante am Ende der Simulation (nach 600 Jahren).

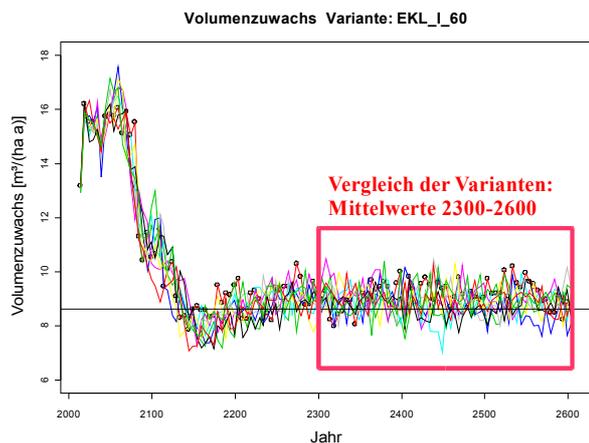


Abb. 8: Zeitfenster für den Variantenvergleich

Die simulierten Bestandesentwicklungen der übrigen Szenarien sind der Basisvariante sehr ähnlich und werden im Folgenden vergleichend beschrieben. Dabei wird nur die Periode von 2300 bis 2600 berücksichtigt, weil in diesem Zeitraum keine Effekte des gleichaltrigen Ausgangsbestands mehr erkennbar sind (Abb. 8).

Erwartungsgemäß variiert die Grundflächen stark zwischen den Varianten mit schwacher und starker Durchforstung (Abb. 9). Eine höhere Zielstärke bei gleicher Durchforstungsstärke führt nur zu einer geringfügig höheren Grundfläche. Die drei Bonitäten weisen in etwa die gleiche Grundfläche auf. Der Vorratsvergleich zeigt ähnliche Resultate wie der Vergleich der mittleren Grundflächen, jedoch führt die mit der Bonität abnehmende Höhe zu einer deutlichen Abnahme des mittleren Vorrats mit sinkender Bonität (Abb. 10). Die höchste Produktion an zielstarkem Holz wird bei schwacher Durchforstung erreicht (Abb. 11). Eine Erhöhung der Zielstärke führt dagegen zu einer leichten Verringerung des Anfalls an zielstarkem Holz. Das Nutzungsvolumen zielstarker Bäume verringert sich erwartungsgemäß auch mit abnehmender Bonität. Das durchschnittliche Alter der zielstarken Bäume nimmt mit der Durchforstungsstärke, dem Zieldurchmesser und der Verschlechterung der Bonität zum Teil erheblich zu (Abb.12). Der Volumenzuwachs der Simulationen reagiert nur auf die Änderung der Bonität. Die unterschiedliche Durchforstungsstärke wird durch die hohe Plastizität der Buche im Modell ausgeglichen.

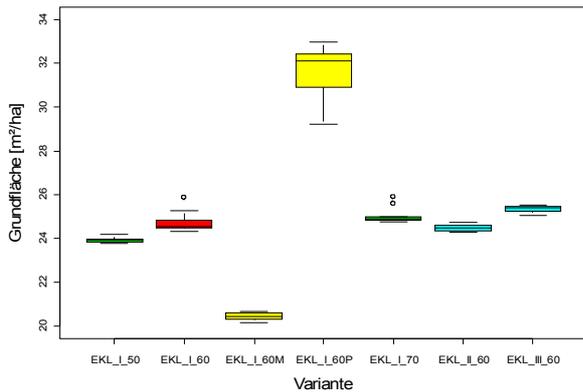


Abb. 9: Durchschnittliche Grundflächenhaltung der je Variante 10fach wiederholten Simulationen im Zeitraum 2300 bis 2600.

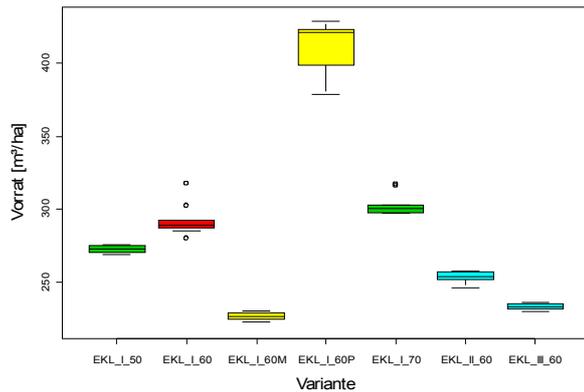


Abb. 10: Durchschnittlicher Vorrat der je Variante 10fach wiederholten Simulationen im Zeitraum 2300 bis 2600.

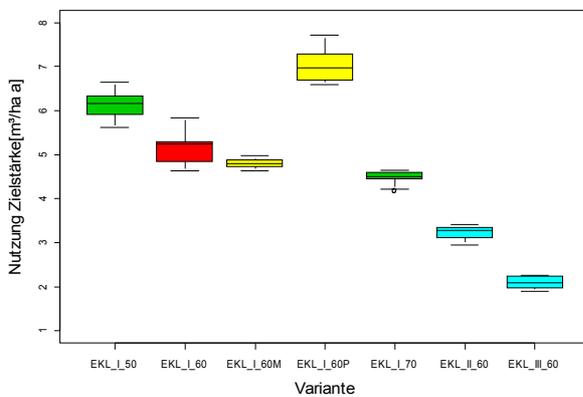


Abb. 11: Durchschnittliche Zielstärkenutzung pro Jahr und Hektar der je Variante 10fach wiederholten Simulationen im Zeitraum 2300 bis 2600.

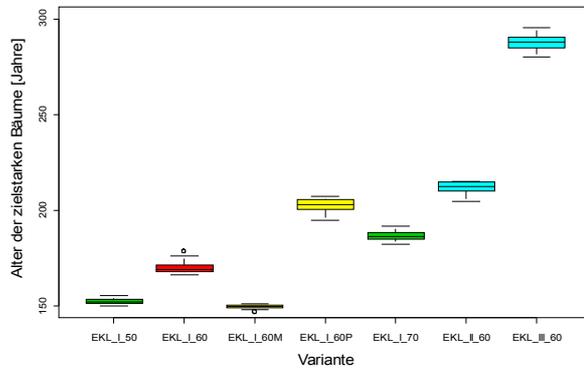


Abb. 12: Durchschnittliches Alter der zielstarken Bäume der je Variante 10fach wiederholten Simulationen im Zeitraum 2300 bis 2600.

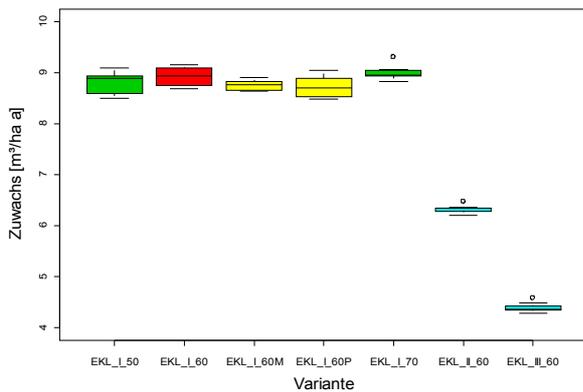


Abb. 13: Durchschnittlicher Volumenzuwachs je Hektar und Jahr der je Variante 10fach wiederholten Simulationen im Zeitraum 2300 bis 2600.

Diskussion

Zunächst muss betont werden, dass es sich bei den Ergebnissen um keine realen Versuchsergebnisse handelt, sondern um Ergebnisse, die im Rahmen einer langfristigen Simulation erzeugt wurden. Insgesamt erscheinen die Ergebnisse jedoch plausibel.

Die Frage, ob die konsequente Zielstärkennutzung zu einer Art Gleichgewicht führt, kann für die Simulation mit einem Ja beantwortet werden. Nach etwa 150 - 200 Jahren lässt sich der einschichtige Bestand je nach waldbaulicher Variante und Bonität in einen Zustand überführen, in dem die wichtigsten Bestandesgrößen innerhalb von engen Grenzen oszillieren. Untersuchungen des Buchenplenterwaldes Langula in Thüringen ergaben ähnliche Grundflächen- bzw. Vorratswerte, die zur dauerhaften Erhaltung der Plenterstruktur nicht überschritten werden dürfen (SCHÜTZ 2006). In den simulierten Beständen kann in diesem Zustand fast alle fünf Jahre die gleiche Menge zielstarken Holzes geerntet werden.

Der Zuwachs entspricht in etwa dem maximalen durchschnittlichen Gesamtzuwachs gleichaltriger Bestände. Dies deckt sich mit den Untersuchungen des Buchen-Plenterwaldes Langula von GEROLD und BIEHL (1992), die keine wesentlichen Zuwachsunterschiede zwischen dem Plenterwald und einem schirmschlagweisen Hochwald feststellen können. Der Nutzungsanteil von zielstarkem Holz beträgt bei der Zielstärkennutzung über 60%. Durch eine Verringerung der Zielstärke oder eine schwächere Durchforstung lässt sich das Verhältnis noch steigern. Im gleichaltrigen Bestand liegt der Endnutzungsanteil dagegen nur bei 50% (I. EKL, mäßige Durchforstung, 150 Jahre). Die Bonität und die Durchforstungsstärke haben einen erheblichen Einfluss auf den Produktionszeitraum der zielstarken Bäume. Ein zunehmendes Alter bedeutet allerdings auch mehr Risiken der Entwertung z.B. durch Rotkern und Weissfäule (SCHMIDT ET AL. 2008). Für die Varianten der II. und III. Ertragsklasse werden die Produktionszeiträume derartig lang, dass bei diesen über eine Absenkung der anvisierten Zielstärke nachgedacht werden muss.

Die Veränderung der Zielstärke und der Durchforstungsintensität hat in den Simulationen kaum Einfluss auf den Zuwachs. Die freigestellten Buchen scheinen von dem zusätzlichen Standraum derart zu profitieren, dass keine Zuwachsverluste auftreten. Schon Assmann (1961) hat für mittelalte Buchenbestände berichtet, dass Grundflächenabsenkungen auf bis zu 50% der maximalen Grundfläche keine Zuwachsverluste zur Folge haben. Auch die Ertragstabellen für Buche Lichtung, mäßige und starke Durchforstung (SCHOBER 1987) zeigen kaum Unterschiede in der Gesamtwuchsleistung und bestätigen das in den Simulationen gefundene Ergebnis.

Zusammenfassung

Mit dem ForestSimulator BWINPro wurde eine konsequente Zielstärkennutzung in einem 60 Jahre alten Buchenreinbestand für einen Zeitraum von 600 Jahren simuliert. Nach ca. 150-200 Jahren stellt sich für den Bestand eine Art Gleichgewicht ein. Nachfolgend kann regelmäßig (alle 5 Jahre) zielstarkes Holz geerntet werden. Die Wahl der Zielstärke wirkt sich auf die Vorratshaltung und den Zuwachs nur geringfügig aus. Eine stärkere oder schwächere Durchforstung hat ebenfalls kaum Einfluss auf den Zuwachs. Mit der Durchforstungsstärke ändert sich erwartungsgemäß die Vorratshaltung. Eine schwächere Durchforstung, höhere Zielstärke oder abnehmende Bonität führt zu einem wesentlich höheren durchschnittlichen Alter der zielstarken Bäume. Dies kann die Qualität beeinflussen. Für Bestände der II. und III. Ertragsklasse nach SCHOBER (1987) fragt sich, ob Zielstärken um 60 cm angestrebt werden sollten.

Literatur

- Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. BLV Verlagsgesellschaft, München, Bonn, Wien, 490 S.
- Duda, H. (2006): Vergleich forstlicher Managementstrategien. Umsetzung verschiedener Waldbaukonzepte in einem Waldwachstumssimulator. Dissertation Uni Göttingen. Books on Demand GmbH, Norderstedt, 182 S.
- Gerold, D.; Biehl, R. (1992): Der Buchenwald von Langula. Allgemeine Forst Zeitschrift, Heft 2, S. 91-94.
- Hessen-Forst (2008): Hessische Waldbaufibel. Landesbetrieb Hessen-Forst, Kassel.
- Nagel, J.; Duda, H.; Hansen, J. (2006) Forest Simulator BWINPro7. Forst u. Holz, 61. Jg., 427-429
- Niedersächsische Landesforsten (1997): Entscheidungshilfen zur Behandlung und Entwicklung von Buchenbeständen. Merkblatt Nr. 33.
- Schmidt, M.; Nowack, S.; Riebeling, R. (2008): Methodische Ansätze und Ergebnisse zur Quantifizierung des Buchen-Rotkerns in Hessen. In: Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der NW-FVA, Band 3, 267-290.
- Schütz, J.-P. (2006): Modelling the demographic sustainability of pure beech plenter forests in Eastern Germany. Annals of Forest Science 63, 93-100.
- Schober, R. (1987): Ertragstabellen wichtiger Baumarten. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M.