

## Anwendungsbeispiele für Szenariorechnungen

# Das Aufkommen von Fichtenstarkholz im bayerischen Staatswald

Von Hans Pretzsch, Peter Biber und Ralf Moshhammer, Weihenstephan

Ausgehend von der Stichprobeninventur im bayerischen Staatswald werden mit dem Simulator SILVA Wenn-Dann-Analysen für das Aufkommen von Fichtenstarkholz in den nächsten 30 Jahren ausgeführt [1, 2]. Vorge stellt werden die Konsequenzen dreier Nutzungsalternativen. Die Szenariorechnungen zeigen einen Handlungsspielraum auf, in dem ein Mittelweg zwischen der Normalvariante und der Extremvariante unter waldbaulichen und ertragskundlichen Gesichtspunkten günstig erscheint.

Ein Vergleich der Szenarioanalysen mit den aktuellen Einschlagsplanungen der Bayerischen Staatsforstverwaltung zeigt, dass man sich hinsichtlich des langfristigen Starkholzmanagements auf einem guten Weg befindet.

### Zukunft mit Starkholz planen

Als gewolltes Ergebnis einer planvollen Forstwirtschaft sind seit dem 2. Weltkrieg die Vorräte an Fichtenstarkholz im bayerischen Staatswald kontinuierlich angestiegen. In den letzten Jahren ist die Freude über diese Anreicherung einer hochwertigen Ware einer gewissen Ernüchterung gewichen. Grund dafür ist das deutlich zurückgegangene Interesse der Sägeindustrie an Fichtenstarkholz. Moderne Produktionstechniken haben dazu geführt, dass schwächeres Holz in vielen Verwendungsbereichen Starkholz verdrängt hat und dass dadurch die höheren Preiserwartungen der Anbieter für Fichtenstarkholz offenbar nicht zu halten sind. Das Starkholz ist aber auch ein wichtiges ökologisches Strukturelement unserer Wälder [18], auf das wir auch in Zukunft nicht verzichten

können. Als wichtigster Rundholzanbieter in Bayern ist die Bayerische Staatsforstverwaltung sehr an einer Einschätzung der zukünftigen Entwicklung ihres Fichtenstarkholz-Vorrates und den damit verbundenen Nutzungen interessiert. Bei einer Analyse der Fragestellung wurde schnell deutlich, dass der wirkliche Informationsbedarf der Staatsforstverwaltung weit über eine reine Prognose der zu erwartenden Starkholzmengen hinausgeht. Letztlich geht es um den Handlungsspielraum zwischen einer Anpassung an den relativ kurzlebigen Holzmarkt und der Sicherung langfristiger Waldbauplanungen.

Die mittel- bis langfristige Entwicklung der Zielgrößen „Starkholzvorrat“ und „Starkholznutzung“ bei unterschiedlichen Verhaltensweisen der Bayerischen Staatsforstverwaltung lässt sich aber nur über Szenarioanalysen mittels flexibler Simulationsmodelle abschätzen.

Eine derartige Aufgabe ist mit herkömmlichen Mitteln wie Ertragstafelprognosen oder Fortschreibungen von Wiederholungsinventuren nicht zu lösen, da beide Verfahren dem dynamischen Charakter von Waldbeständen und Forstbetrieben in keiner Weise gerecht werden.

Nachdem der am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde entwickelte Simulator SILVA bereits so weit entwickelt wurde, dass damit Szenarien für Großgebiete erstellt werden können und er für die Fichte in Bayern sehr gut mit Messdaten untermauert ist, bot sich an, die gewünschten Prognosen damit zu berechnen. Die Berechnung folgender drei Szenarien erschien dabei zielführend:

- 1) **Normalvariante:** Staatsforstverwaltung behandelt die Fichte auch in Zukunft nach derzeit üblichen Waldbaukonzepten weiter. Diese Variante geht vereinfachenderweise davon aus, dass die geplanten Konzepte ohne Zwangsnutzungen durchgeführt werden können.
- 2) **Nullvariante:** Staatsforstverwaltung stellt die aktive Bewirtschaftung der Fichte ein.
- 3) **Extremvariante:** Staatsforstverwaltung geht bei der Fichte zu deutlich stärkeren Eingriffen als derzeit üblich über. Dabei ist nicht berücksichtigt, ob diese Eingriffe unter den jetzigen waldbaulichen Voraussetzungen (z.B. Vorausverjüngung, Stabilität) auch realisiert werden können.

Während die Normalvariante einen Mittelweg aufzeigt, stellt die Nullvariante mit dem Verzicht auf die Bewirtschaftung der Fichte die maximal mögliche Extensivierung dar. Die Nullvariante dient bei den Vergleichen als Referenz. Die Extremvariante zeigt eine Entwicklung, die sich bei einer sehr starken Intensivierung der Eingriffe in Fichtenbestände einstellen würde. Die Ergebnisse der Extrem- und Nullvariante zeigen den Handlungsspielraum für

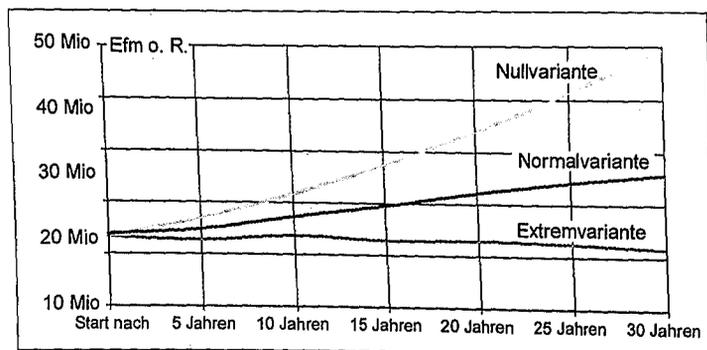


Abb. 1: Simulierte Entwicklung der verbleibenden Fichten-Starkholzvorräte (Bhd > 48 cm = Baumstarkholz) für den Bayerischen Staatswald ohne Hochgebirge

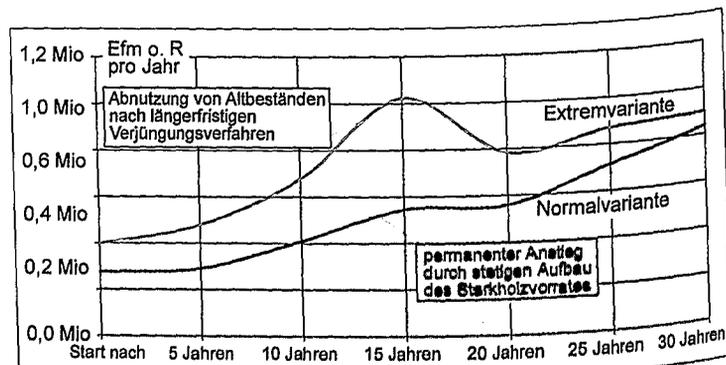


Abb. 2: Simulierte Entwicklung der Fichten-Starkholznutzungen (Bhd > 48 cm = Baumstarkholz) für den Bayerischen Staatswald ohne Hochgebirge

die Bayerische Staatsforstverwaltung beim Starkholzmanagement auf.

Angestrebt war, durch die Normalvariante die gegenwärtig im bayerischen Staatswald üblichen, planvollen Durchforstungsmethoden, also ohne zwangsbedingte Entnahmen, zu simulieren. Die mit dieser Variante prognostizierten jährlichen Nutzungssätze der ersten fünf Jahre liegen um weniger als 20 % unter den tatsächlichen Einschlägen an Starkholz im bayerischen Staatswald während der vergangenen fünf Jahre. Diese waren durch hohe Anteile an Zwangsnutzungen (in den Normaljahren 1995 bis 1999 bei rund 25 %) gekennzeichnet. Vergleicht man die tatsächlichen Nutzungen mit den ersten 10 Jahren der Simulation, zeigt sich sogar nur eine Differenz von - 5 %. Dieser Vergleich zeigt, dass es recht gut gelungen ist, das aktuelle waldbauliche Verhalten der Bayerischen Staatsforstverwaltung mit SILVA zu simulieren. Dass eine Unterschätzung der Starkholznutzungen zu Beginn der Prognose sich langfristig in einer etwas erhöhten Aufstockung von Vorräten niederschlägt, muss natürlich bei der Bewertung der Szenariorechnungen berücksichtigt werden.

Der Zeithorizont solcher Szenariorechnungen sollte sich nicht in Fristen von 10 Jahren erschöpfen. Über einen derart kurzen Zeitraum kann nicht beurteilt werden, ob ein Nutzungskonzept auf längere Sicht zu einer Stabilisierung der Vorräte und Nutzungen führt oder nicht. Die ersten 10 Jahre einer Szenariorechnung sind zwar besonders bedeutend, für die Beurteilung der Nachhaltigkeit ist jedoch eine vor allem qualitative Aussage über die weitere Entwicklung unerlässlich. Insbesondere bei einem geplanten Übergang zu höheren Nutzungssätzen können damit deren Folgen für die Nachhaltigkeit der Holzproduktion abgeschätzt werden.

## Ausgangsdaten

Der gemeinsame Ausgangszustand der drei mit SILVA durchgeführten Szenariorechnungen basiert auf den Daten der Stichprobeninventur im bayerischen Staatswald. Diese werden seit Anfang der 1970er-Jahre forstamtsweise im zehnjährigen Turnus erhoben und zentral in einer Datenbank am Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten verwaltet. Sie wurden inzwischen flächendeckend durchgeführt, vielerorts auch schon die erste Wiederholungsaufnahme. Somit steht eine ausgezeichnete Datengrundlage für landesweite oder betriebsweise Auswertungen und Prognoserechnungen zur Verfügung.

Von allen in der Datenbank des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten erfassten Stichprobepunkten wurden diejenigen ausgewählt,

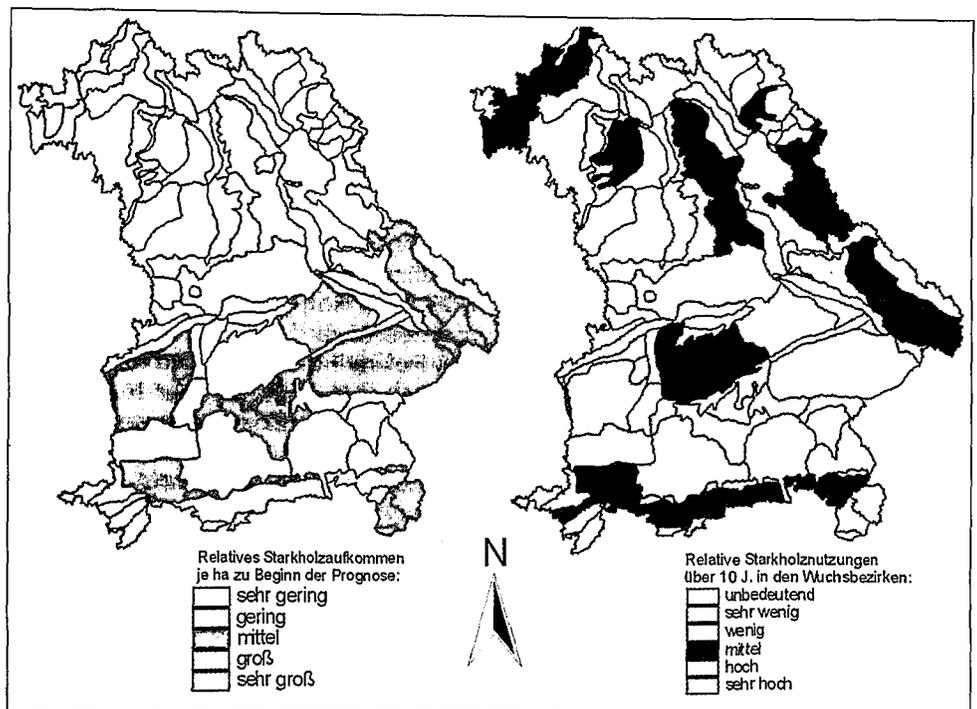


Abb. 3: Hektarbezogene Ausgangsvorräte (links) und im Zuge der Normalvariante simulierte Nutzungen (rechts) an Fichtenstarkholz (Bhd > 48 cm = Baumstarkholz) im Bayerischen Staatswald, dargestellt nach Wuchsbezirken. Die Nutzungen verstehen sich als Summe des ersten 10-jährigen Simulationsabschnittes im jeweiligen Wuchsbezirk. Die Flächen der Nationalparke sind hier nicht extra ausgewiesen.

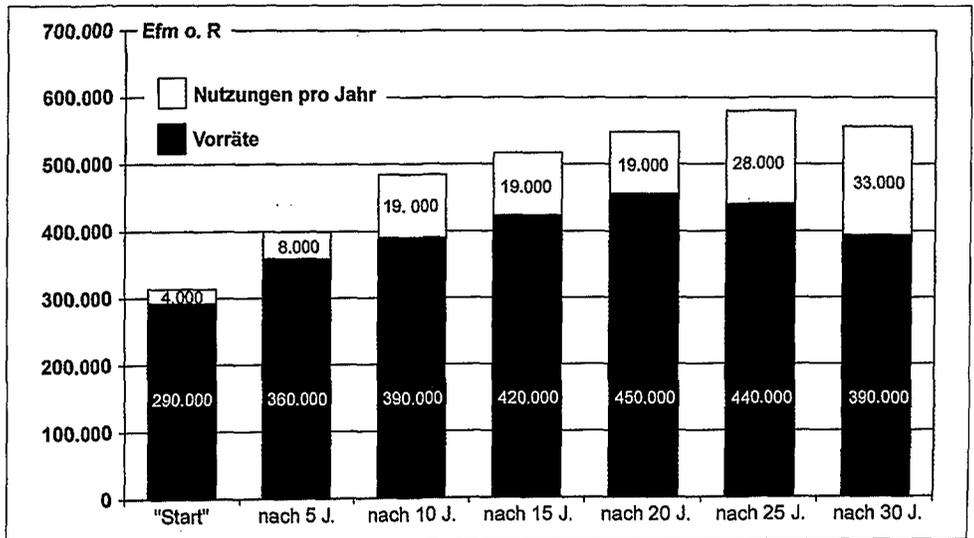


Abb. 4: Entwicklung der verbleibenden Vorräte und Nutzungen bei Unterstellung der Normalvariante am Beispiel eines Wuchsbezirks im Bereich der Forstdirektion Oberbayern-Schwaben

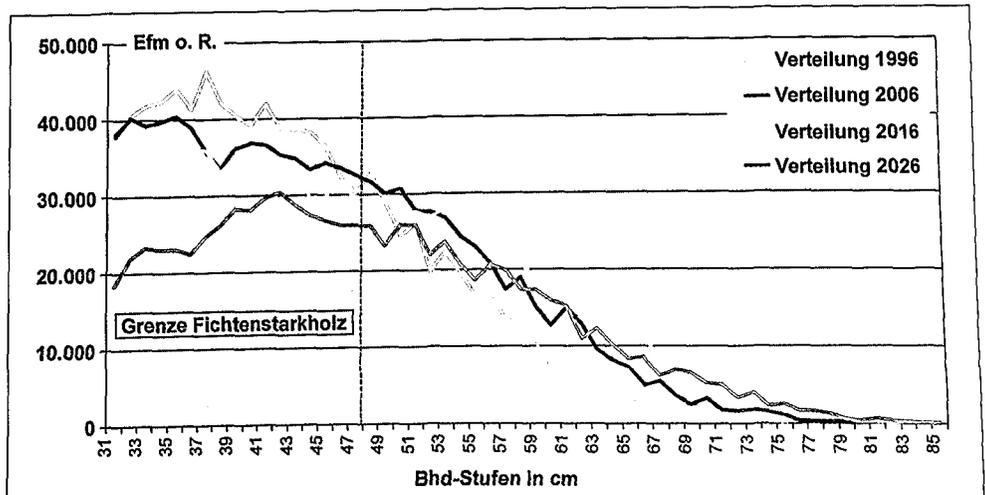


Abb. 5: Simulierte Entwicklung der Verteilung der verbleibenden Vorräte über Durchmesserklassen eines Wuchsbezirks im Bereich der Forstdirektion Oberbayern-Schwaben bei Unterstellung der Normalvariante. Der Übersichtlichkeit halber werden nur die Startsituation und die 10, 20 und 30 Jahre nach dem Start erwarteten Verteilungen gezeigt.

auf denen der Fichtenanteil mit mindestens 10 % und das Alter der Fichte mit mindestens 20 Jahren angegeben wird. Die so ausgewählten Punkte repräsentieren rund 96 % des Fichtenvorrates im bayerischen Staatswald. Bei wiederholt aufgenommenen Punkten wurde jeweils der Stand der letzten Aufnahme verwendet. Die Nationalparke Bayerischer Wald und Berchtesgaden wurden bewusst nicht in die Berechnungen einbezogen. Das verwendete Datenmaterial spiegelt den Stand der bayerischen Forstinventur-Datenbank zum Stichtag 1.1.2000 wider und umfasst Inventurdaten, die vorwiegend zwischen 1990 und 1999 erhoben worden sind.

## Einteilung in Prognoseeinheiten

Um Standort-, Struktur- und Entwicklungsunterschiede entsprechend berücksichtigen zu können, wurden die Inventurpunkte zu Prognoseeinheiten zusammengefasst. Diese sog. Straten bilden die kleinsten Einheiten, für welche spezifische Behandlungs- und Standortseinstellungen vorgenommen werden sollten. Die Strateinteilung stützt sich auf vier Kriterien:

- 1) **Gliederung nach Verwaltungseinheiten:** Aufteilung in die sechs ehemaligen Forstdirektionsbereiche Oberbayern (unterteilt in Flachland und Hochgebirge), Schwaben, Niederbayern-Oberpfalz, Mittelfranken, Unterfranken und Oberfranken.
- 2) **Standörtliche Gliederung:** Aufteilung nach Wuchsbezirken. Je Wuchsbezirk wurde die häufigste fichtendominierte Standorteinheit ermittelt und den Stichprobenpunkten des Wuchsbezirks unterstellt.
- 3) **Baumartenanteile:** Aufteilung nach Fichtenanteilen in fünf Stufen von Fichtenreinbeständen (100 bis 80%) bis Fichte als Nebenbaumart (20 bis 10%).
- 4) **Altersklassen:** Ausgehend vom Alter der Fichte am Inventurpunkt wurden sechs Altersklassen von jeweils 20 Jahren gebildet. Sie beginnen mit 20 bis 40 Jahren und enden mit Fichten älter als 120 Jahren.

Anhand dieser Kriterien wurden den 748.000 Inventurpunkten, welche in die Prognose einbezogen wurden, insgesamt 2.500 Prognoseeinheiten zugeordnet.

## Behandlungskonzepte

Innerhalb der Normal- und der Extremvariante erfolgt die Durchforstung und Endnutzung der Bestände in Abhängigkeit vom Alter der Fichten zum Startzeitpunkt der Simulation sowie dem standörtlichen Risiko des jeweiligen Wuchsbezirkes. Innerhalb dieser groben Einteilung gibt es drei verschiedene Behandlungsphasen (Jungdurchforstung JD, Altdurchforstung AD, Endnutzung EN). Entsprechend welcher Phase ein Bestand durchforstet wird, hängt von seiner jeweils aktuellen Oberhö-

he im Laufe der Simulation ab. Die Durchforstungseinstellungen wurden in enger Zusammenarbeit mit MR F. BROISINGER und FOR Dr. A. ROTHE am Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Referat F5 Waldbau und Nachhaltssicherung, entwickelt. Bei der Nullvariante wurden keinerlei Eingriffe vorgesehen, natürliche Mortalität aufgrund von Konkurrenz war hier der einzig mögliche Grund für das Ausscheiden von Bäumen. ZE-Anfälle wurden nicht simuliert.

## Ergebnisse

Die zentralen Ergebnisse der Szenario-rechnungen werden ausschnitthaft in den Abb. 1 bis 5 dargestellt. Die Grafiken beruhen auf einer Definition des Baumstarkholzes, wonach Fichten mit einem Bhd über 48 cm dem Starkholz zuzurechnen sind. Vergleichbare Darstellungen sind, dank des am Einzelbaum orientierten Rechenganges, für beliebige Starkholz-Definitionen (Schwellenwertfestlegungen) abrufbar. Nachdem im Bereich Oberbayern-Hochgebirge naturgemäß starke Unterschiede zwischen theoretischen und tatsächlichen Nutzungsmöglichkeiten bestehen, bleiben die Ergebnisse für diesen Bereich weitgehend unberücksichtigt. Gleichwohl stehen sie zur Verfügung und zeigen keine grundsätzlichen Abweichungen vom hier skizzierten Trend.

## Entwicklung der verbleibenden Starkholzvorräte

Die drei gerechneten Szenarien führen zu völlig unterschiedlichen Entwicklungen des Starkholzvorrates (Abb. 1). Die Szenariorechnungen starten mit einem gegenwärtigen Fichtenstarkholzvorrat im bayerischen Flachland und den Mittelgebirgen von rund 14 Mio Efm o.R.

Die Normalvariante zeigt nach einer nur geringen Zunahme während der ersten 10 Jahre der Simulation eine stetige Erhöhung des Starkholzvorrates. Gegen Ende der Prognose zeichnet sich – trotz weiteren Anstiegs – eine Tendenz zum Einschwingen auf einem deutlich erhöhten Niveau gegenüber dem Startzustand ab. Erwartungsgemäß führt die Nullvariante nach 30 Jahren zu mehr als einer Verdreifachung des Startwertes von 14 Mio Efm o.R. auf nahezu 50 Mio Efm o.R. Auch nach 30 Jahren lässt der insgesamt konkave Kurvenverlauf noch kein Einschwingen auf ein Fließgleichgewicht erkennen. Grund ist die ungebremst fortschreitende Verschiebung des Altersklassenaufbaus der Fichte hin zu immer älteren und äußerst vorratsreichen Beständen.

Die Extremvariante senkt im ersten fünfjährigen Simulationsschritt den Stark-

holzvorrat nur geringfügig. Von diesem Niveau weicht der Vorrat über den gesamten betrachteten Zeitraum hinweg nur wenig ab. Bei geringfügig sinkender Tendenz wird nach 30 Jahren ein Endwert von ca. 12 Mio Efm erreicht. Erst diese vergleichsweise sehr starken Eingriffe würden offensichtlich kurzfristig einen weiteren Anstieg des Starkholzvorrates verhindern.

## Entwicklung der Nutzungen

Die im Zuge der Normalvariante getätigten Nutzungen zeigen einen stetigen Aufwärtstrend (Abb. 2). Lagen sie zu Beginn der Simulation und auch noch nach fünf Jahren bei etwa 275.000 Efm/Jahr, ist bereits nach 10 Jahren ein erheblicher Anstieg zu verzeichnen, der sich im weiteren Verlauf weiter ausbaut.

Die Extremvariante geht bereits zu Beginn der Prognose von einer Nutzung von etwa 400.000 Efm/Jahr aus. Diese steigen im Verlauf der Simulation weiter an, bis sie nach 15 Jahren ein Maximum erreichen. Nach einem Rückgang in den Folgejahren ist im letzten Drittel des Prognosezeitraumes nur noch ein leichter Anstieg zu verzeichnen.

Bemerkenswert erscheint, dass gegen Ende des Betrachtungszeitraumes die Nutzungen der Normalvariante denjenigen der Extremvariante annähernd gleichkommen. Das liegt daran, dass sich bei der Extremvariante das Nutzungspotenzial durch eine niedrigere Vorratshaltung stabilisiert, während das Nutzungspotenzial der Normalvariante durch steigende Vorräte stetig zunimmt.

Abb. 3 (rechts) zeigt die im Zuge der Normalvariante im ersten 10-jährigen Simulationsabschnitt getätigten Nutzungen verteilt auf die bayerischen Wuchsbezirke. Erwartungsgemäß liegt der Hauptanteil der Nutzungen in den Bereichen Oberbayern-Schwaben sowie Niederbayern-Oberpfalz. Aber auch in den nördlich gelegenen Richtungen ist mit einem mittleren bis hohen Anfall an Fichten-Starkholz für das nächste Jahrzehnt zu rechnen. Insgesamt zeigen die Prognosen steigende Nutzungsmöglichkeiten für Fichtenstarkholz an.

Vom Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten wurde unter Heranziehung einzelbetrieblicher Inventurfortschreibungen und unter Berücksichtigung der waldbaulichen Realisierbarkeit eine potenzielle Steigerung des Fichtenstarkholzangebots von 50 bis 80 % in den nächsten 10 Jahren errechnet, langfristig ist eine weitere Steigerung zu erwarten [1, 2]. Die beiden Varianten normale und extreme Nutzung spannen dabei ein Handlungsfeld auf, in welchem die angestrebte höhere Starkholznutzung stattfinden wird [1].

## Anteile der Forstdirektionen am Starkholzvorrat bei Unterstellung der Normalvariante

Zu Beginn der Szenariorechnungen stocken etwa 44 % des Vorrates im Bereich der Forstdirektion Oberbayern-Schwaben, ein Drittel im Bereich der Forstdirektion Niederbayern-Oberpfalz. Der Rest verteilt sich auf die Forstdirektionsbereiche Oberfranken (10 %), Unterfranken (9 %) und Mittelfranken (3 %). Abb. 3 (links) zeigt wuchsbezirksweise das gegenwärtige Starkholzvorkommen im bayerischen Staatswald im Mittel über alle Flächen, die für die Prognose verwendet wurden (Wirtschaftswald, Fi-Anteil > 20 %, Alter ab 20 J.).

Bei Unterstellung der Normalvariante liegt am Ende des 30-jährigen Prognosezeitraumes der Anteil am Starkholzvorrat im bayerischen Staatswald in der Forstdirektion Niederbayern-Oberpfalz mit 39 % an der Spitze. Demgegenüber bleibt die Bedeutung des Bereichs Oberbayern (ohne Hochgebirge) mit etwa 18 % über den Prognosehorizont hinweg etwa gleich. Der Anteil des Bereiches Schwaben nimmt deutlich auf zuletzt 14 % ab, sodass die Forstdirektion Oberbayern-Schwaben schließlich mit 32 % den zweiten Rang einnimmt. Es sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass auch abnehmende Prozentzahlen immer noch mit einer absoluten Zunahme des Starkholzvorrates einhergehen können (Abb. 1, blaue Linie). Während die Anteile der Forstdirektionen Mittelfranken und Unterfranken mit 3 % bzw. 8 % annähernd konstant bleiben, erscheint der stark zunehmende Anteil der Forstdirektion Oberfranken bemerkenswert. Hier kommt es im 30-jährigen Prognosezeitraum zu einem Anstieg von 10 % auf 18 %.

## Entwicklung auf Wuchsbezirksebene

Beispielhaft für die Möglichkeit der Darstellung auf Wuchsbezirksebene zeigt Abb. 4 die bei Unterstellung der Normalvariante simulierte Entwicklung von Starkholzvorräten und -nutzungen in einem Wuchsbezirk im Bereich der Forstdirektion Oberbayern-Schwaben. In diesem Wuchsbezirk führt die Normalvariante in 20 Jahren zu einer Steigerung der verbleibenden Vorräte von 290.000 Efm auf 450.000 Efm. Nach 20 Jahren deutet sich jedoch schon eine stetige Verringerung der Starkholzvorräte an. Die Entwicklung der jährlichen Nutzungen steigt von 4.000 Efm innerhalb von zwei Perioden auf 19.000 Efm pro Jahr an. Erst nach weiteren 15 Jahren steigen die Nutzungen nochmals deutlich auf letztendlich 33.000 Efm jährlich an. Gleichzeitig zeigt sich bereits eine Abnahme der Starkholzvorräte

in diesem Wuchsbezirk. Bei der Interpretation dieser Zahlen ist wiederum zu berücksichtigen, dass bei der Simulation keine Zwangsnutzungen berücksichtigt wurden. Die tatsächlichen Nutzungen von Fichtenstarkholz, einschließlich der Zwangsnutzungen, lagen auch in diesem Wuchsbezirk in den letzten Jahren deutlich über den für die erste Periode prognostizierten Mengen von 4.000 Efm/Jahr.

Abb. 5 zeigt die im Zuge der Normalvariante simulierte Entwicklung des verbleibenden Starkholzvorrates für denselben Wuchsbezirk, aufgeschlüsselt nach 1-cm-Durchmesserklassen. Besonders bemerkenswert ist der Befund, dass die Vorräte in den Durchmesserklassen < 40 cm zusehends abnehmen, gleichzeitig aber die Vorräte an stärkerem Holz beträchtlich steigen. Die unterstellten Nutzungen schöpfen das vorhandene Starkholz nicht ab und beschleunigen eher noch den Durchmesserzuwachs der verbleibenden Altbäume, indem sie diese durch Entnahme starker Bedränger fördern. Die Vorratsabnahme in den schwächeren Durchmesserklassen ist auf stark hochdurchforstungsartig ausgeführte Eingriffe in jüngere Bestände sowie auf das allmähliche Einwachsen fichtenärmerer Jungbestände in stärkere Dimensionen zurückzuführen. Der selbe Trend ist bei der Normalvariante für den gesamten bayerischen Staatswald zu beobachten.

## Diskussion der Methode

Modelle abstrahieren die Wirklichkeit; sie bieten, ähnlich wie z.B. eine Straßenkarte,

eine vereinfachte Abbildung, die nur die für den Anwendungszweck wesentlichen Objekte und Beziehungen enthält. Bei der hiesigen Anwendung wurden Inventurpunkte mit Fichten unter 20 Jahren oder mit weniger als 10 % Beteiligung an der Oberschicht nicht in die Prognose einbezogen. Eine weitere Vereinfachung liegt in der Initialisierung der Prognose zum Stichtag 1.1.1996. In Wirklichkeit streuen die Aufnahmezeitpunkte der einbezogenen Betriebsinventuren gleichmäßig im Zeitraum 1990 bis 2000. Die der Normalvariante zugrunde liegenden Pflegeprogramme wurden in enger Kooperation mit der Praxis und unter Einbeziehung der lokalen Risiken differenziert. Gleichwohl handelt es sich um eine vereinfachte Darstellung des realen waldbaulichen Handelns, da Zwangsnutzungen und lokale Besonderheiten wie Schutz- und Erholungsfunktionen oder Naturwaldreservate nicht berücksichtigt wurden. Indem Zwangsnutzungen nicht berücksichtigt werden, liegen die prognostizierten Nutzungen deutlich unter den tatsächlichen, durch Kalamitäten beeinflussten Einschlagsmengen. Solche Vereinfachungen erschienen akzeptabel angesichts des Ziels, für das langfristige Aufkommen von Fichtenstarkholz nicht auf den Festmeter exakte Zahlenwerte zu liefern, sondern verständliche Entwicklungstrends, Wenn-dann-Aussagen und Handlungsalternativen aufzuzeigen.

Insbesondere für Mischbestände gilt aufgrund der engen Wechselwirkung zwischen Bestandesstruktur und -entwicklung, dass in der räumlichen Ausgangs-

### Literaturhinweise:

- [1] BROSINGER, F. (2001): Fichten-Starkholz im bayerischen Staatswald, AFZ-DerWald, 56. Jg., H. 22, S. 1170-1172.  
 [2] BROSINGER, F.; ROTHE, A.; PRETZSCH, H.; BIBER, P.; MOSHAMMER, R.; MÖRMER, R.; MAI, W. (2001): Fichtenstarkholz: einst zu wenig, jetzt zu viel? Aktueller Zustand und zukünftige Nutzungsmöglichkeiten im bayerischen Staatswald – Ein-schlag kann deutlich gesteigert werden, Holz-Zentralblatt, Nr. 87, S. 1123. [3] BURKHART, H. E. (1987): Data collection and modelling approaches for forest growth and yield prediction, Predicting forest Growth and Yield – Current Issues, Future Prospects, Inst. Of Forest Resources, Univ. of Washington, S. 3-16.  
 [4] DEUTSCHER VERBAND FORSTLICHER FORSCHUNGSANSTALTEN, (2000): Empfehlungen zur Einführung und Weiterentwicklung von Waldwachstumssimulatoren. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 171. Jg., H. 3, S. 52-57. [5] DURSKY, J. (2000): Einsatz von Waldwachstumssimulatoren für Bestand, Betrieb und Großregion, Habilitationsschrift an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan, 223 S. [6] DUSCHL, CHR. (2001): Simulation forbetrieblicher Sachverhalte auf der Basis gegenwärtiger Waldstrukturen, Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 181, Freising, 178 S. [7] HANEWINKEL, M.; PRETZSCH, H. (2000): Modelling the conversion from even-aged stands of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) with a distance-dependent growth simulator, Forest Ecology and Management, Vol. 134, S. 55-70. [8] Hann, D. W.; Hester, A. S.; Olsen, C. L. (1995): ORGANON user's manual; Edition 5.0, Department of Forest Resources, Oregon State University, Corvallis. [9] HASENAUER, H. (1994): Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände, Forstliche Schriftenreihe Universität für Bodenkultur, Wien, 152 S. [10] KNOKE, TH. (1998): Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. Forstliche Forschungsberichte München, H. 170, 198 S. [11] NAGEL, J. (1999): Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskundlichen Simulationssystems für Norddeutschland. Schriften aus der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen und der Nieder-

- sächs. Forstl. Versuchsanstalt, J.D. Sauerländer's Verlag Frankfurt/M., Bd. 128., 122 S. [12] MUNRO, D. (1974): Forest growth models – a prognosis. In: J. Fries (Ed.), Growth models for tree and stand simulation. Research Notes 30, Stockholm, Sweden, S. 7-21. [13] PRETZSCH, H.; DURSKY, J. (2001): Evaluierung von Waldwachstumssimulatoren auf Baum- und Bestandesebene, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 172. Jg., H. 8/9, S. 146-150. [14] PRETZSCH, H. (2001): Modellierung des Waldwachstums, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Wien, 368 S. [15] PRETZSCH, H.; KAHN, M. (1996): Wuchsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb, Anwendungsbeispiel: Variantenstudie Fichtenreinbestand versus Fichten/Buchen-Mischbestand, AFZ-DerWald, 51. Jg., H. 25, S. 1414-1419. [16] PRETZSCH, H.; KAHN, M.; DURSKY, J. (1998): Stichprobendaten für die Entwicklungsprognose und die Nutzungsplanung, AFZ-DerWald, H. 25, S. 1552-1558. [17] PRETZSCH, H.; SEIFERT, ST. (2000): Methoden zur Visualisierung des Waldwachstums, Forstwiss. Cbl., 119. Jg., S. 100-113. [18] PUUMALAINEN, J. (2001): Structural, compositional and functional aspects of forest biodiversity in Europe, Geneva Timber and Forest Discussion Papers, United Nations ECE/TIM/DP/22, New York and Geneva, 88 S. [19] SEIFERT, E.; SEIFERT, TH.; BIBER, P.; POMMERENING, A.; DURSKY, J.; PRETZSCH, H. (1999): SILVA 2.2 Benutzerhandbuch, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, technische Universität München, 119 S. [20] STERBA, H.; MOSER, M.; MONSERUD, R. (1995): Prognaus – ein Waldwachstumssimulator für Rein- und Mischbestände, Österreichische Forstzeitung, H. 5, S. 19-20. [21] VESTER, F. (1999): Die Kunst, vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart, 290 S. [22] WENSEL, L. C.; BIGING, G. S. (1987): The CACTOS system for individual-tree growth simulation in the mixed conifer forests of California. Forest growth modeling and prediction. General technical report NC-120. USDA Forest Service, Minneapolis, Minnesota, S. 175-183. [23] WYKOFF, W. R.; CROOKSTON, N. L.; STAGE, A. R. (1982): User's Guide to the Stand Prognosis Model. INT-133, United States Department of Agriculture-Forest Service, Ogden/Utah.

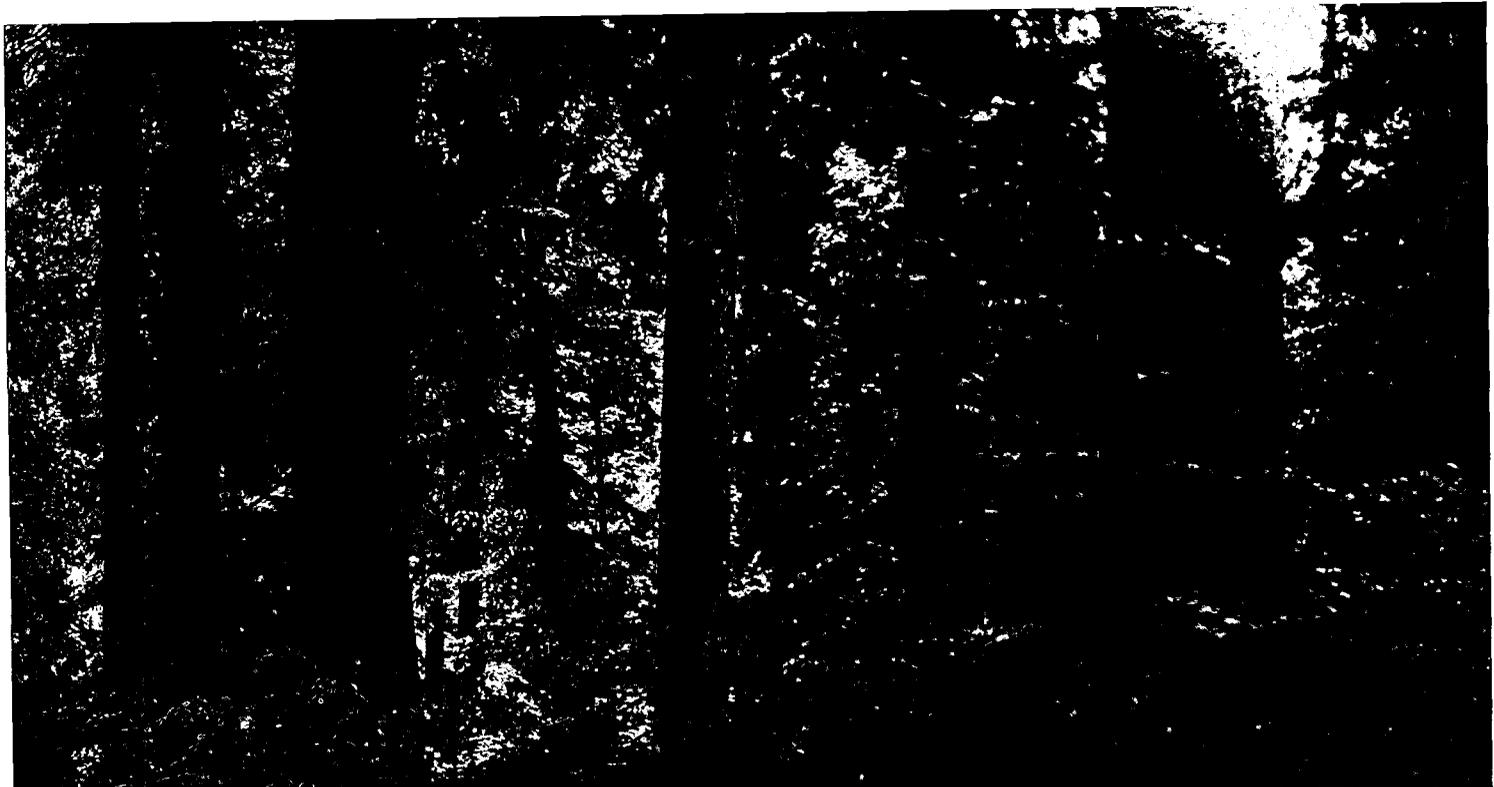


Foto: L. Steffacker

struktur die halbe Prognose steckt. Indem der Wachstumssimulator SILVA auf der dreidimensionalen Bestandesstruktur aufbaut und die Bestandesentwicklung räumlich nachbildet, schöpft er die Inventurdaten bestmöglich für Vorhersagen aus [14, 15, 16]. Wirklichkeitsnahe Szenarioanalysen ermöglicht dieses Modell u. a., weil es die Wachstumsreaktionen von Bäumen und Beständen auf verschiedenste Behandlungskonzepte nachbilden kann, für die wichtigsten Baumarten in Bayern in Rein- und Mischbeständen abgesichert (stabil parametrisiert und validiert) ist [12, 13] und in der Qualität der Prognose nicht von kurzfristigen Zuwachsschwankungen beeinträchtigt wird. Ein großer Vorteil des Modells liegt daher in der Tatsache, dass auch längerfristige Trends prognostiziert werden können. Andere Ansätze der Prognose, insbesondere die Fortschreibung von Wiederholungsinventuren, ermöglichen auch brauchbare kurzfristige Abschätzungen. Da jedoch bei diesen Methoden die Zustände der jüngeren Vergangenheit einfach auf die nähere Zukunft übertragen werden, sind längerfristige Prognosen mit großen Unsicherheiten behaftet. Weiterhin können Veränderungen

von z.B. Pflegestrategien, Altersklassenverteilung, Walderneuerungskonzepte, Baumartenzusammensetzung oder Wuchsbedingungen mit reinen Inventurortschreibungen nicht berücksichtigt werden.

### Diskussion der Befunde

Im Folgenden werden einige Folgerungen aus den Simulationsläufen vorgestellt.

1) Der Fichtenstarkholzvorrat (ab Bhd 48 cm = Baumstarkholz) im bayerischen Staatswald beträgt gegenwärtig ca. 14 Mio Efm o.R. in Flachland und Mittelgebirgen (18,5 Mio Efm o.R. inklusive Hochgebirge). Besonders hohe Anteile davon liegen im Bereich der Forstdirektionen Niederbayern-Oberpfalz und Oberbayern-Schwaben.

2) Wird die Fichte weiterhin nach den derzeit gültigen Behandlungskonzepten behandelt und fallen keine Zwangsnutzungen an (Normalvariante), so steigen die Starkholzvorräte kontinuierlich an und stabilisieren sich spät auf relativ hohem Niveau. Dabei nehmen die Holzmassen im Durchmesserbereich über 48 cm überproportional zu. Dabei darf man nicht außer Acht lassen, dass zusätzlich zu den in der Normalvariante veranschlagten Nutzungen auf jeden Fall weitere Starkholznutzungen in Form von zwangsbedingten Entnahmen anfallen werden. Daher kann man davon ausgehen, dass die Starkholzvorräte weniger stark ansteigen werden als in Abb. 1 (blaue Linie) dargestellt.

3) Jüngere Bestände, in denen Auslese-durchforstung betrieben wird, erbringen bei Normal- und Extremvariante künftig weniger absolute Starkholzmassen. Hier machen sich die modernen, stark hochdurchforstungsartigen Eingriffe bereits positiv bemerkbar. Das Teilkollektiv der geförderten besten Zuwachsträger wird in solchen Beständen jedoch schneller

Starkholzdimensionen erreichen. Zudem deutet sich ein Rückgang der fichtendominierten Bestände an, was auch als gutes Vorzeichen hinsichtlich Stabilität und Struktureichtum der bayerischen Wälder in der Zukunft gesehen werden kann.

4) Erst Einschlagsmengen wie sie in der Extremvariante simuliert werden, würden kurzfristig einen weiteren Anstieg der Fichten-Starkholzvorräte im bayerischen Staatswald verhindern. Diese Variante ist so gewählt, dass sie sich in der Praxis auf einzelne Bestände durchaus anwenden lässt. Auch auf großer Fläche angewendet, würde die nachhaltige Holzproduktion wohl nicht gefährdet werden. Aber viele Erfolge, die in den letzten Jahrzehnten durch eine weitsichtige Planung in Verbindung mit einer naturnahen Bewirtschaftung des Waldes erreicht wurden und seit April 2000 durch das PEFC-Zertifikat für den Wald der Bayerischen Staatsforstverwaltung dokumentiert sind, würden infrage gestellt werden. Insbesondere würde die Extremvariante vielerorts eine Abkehr von langfristigen Verjüngungsgängen mit den daraus entstehenden differenzierten und ökologisch besonders stabilen Waldaufbauformen bedeuten.

5) Die Szenariorechnungen zeigen einen Spielraum auf, in dem ein Mittelweg zwischen der Normalvariante und der Extremvariante (Abb. 1, blaue bzw. grüne Linie) unter waldbaulichen und ertragskundlichen Gesichtspunkten sinnvoll erscheint. Eine solche Vorgehensweise erbrächte auf 30-jährige Sicht höhere Nutzungen bei geringerer Vorratshaltung. Trotz der höheren Nutzungen wäre die Nachhaltigkeit hinsichtlich der Holzproduktion gewahrt. Dies entspricht ziemlich genau den momentanen Planungen der Bayerischen Staatsforstverwaltung, wonach die Nutzungen im Bereich des Fichten-Starkholzes in den nächsten zehn Jahren deutlich, aber doch maßvoll, angehoben werden sollen [1,2].



**August Luedemann**  
Forst- und Landschaftsservice GmbH  
Forstbauschulen • Forstdienstleistungen

---

termingerechte Lieferung  
bodenfrische Forstpflanzen  
heimische Wildgehölze  
Saatgutgewinnung u. Lohnanzuchten  
Übernahme kompletter Aufforstungen

---

60528 Frankfurt/M.  
Am Poloplatz 10  
Tel.: (069) 66 80 65 10  
Fax: (069) 666 88 01

**FRANKFURT**

---

25462 Rellingen  
Hempbergstraße 38  
Tel.: (04101) 30 55-0  
Fax: (04101) 3 36 92

**RELLINGEN**

[www.august-luedemann.de](http://www.august-luedemann.de)