

Mit diesem Hilfsmittel wird nach den waldbaulichen Entscheidungen gesucht, die zu dem für die Bewirtschaftung günstigsten Verhältnis zwischen erwartetem Ertrag und Risiko führen, wobei die mathematische „Optimierung unter Unsicherheit“ angewendet wird. Mit dieser Methode werden unter Berücksichtigung aller Variablen die Bedingungen herausgearbeitet, die zum gewünschten Ziel führen. Die Optimierung erfolgt dabei simultan [8], also für mehrere Kenngrößen, wie etwa Umtriebszeit [7] und Baumartenverteilung [2] gleichzeitig. Damit wird verhindert, dass der Fokus nur auf einem Kriterium liegt und die vielfältigen unterschiedlichen forstlichen Gestaltungsmöglichkeiten vernachlässigt werden.

Derartige Prognosen sind jedoch mit Unsicherheiten behaftet, da sie auf der Beobachtung historischer Ereignisse und Entwicklungen basieren.

Ergebnisse

Die im Rahmen des vorgestellten Projektes entwickelten Lösungen und Ergebnisse werden laufend auf der Internetseite des Fachgebietes für Waldinventur und nachhaltige Nutzung vorgestellt unter: www.forst.wzw.tum.de/ifm.

Literaturhinweise:

[1] BAADER, G. (1942): Forsteinrichtung als nachhaltige Betriebsführung und Betriebsplanung. Sauerländer, Frankfurt a.M. [2] BEINHOFER, B. (2009): Zur Anwendung der Portfoliotheorie in der Forstwissenschaft – Finanzielle Optimierungsansätze zur Bewertung

von Diversifikationseffekten (Dissertation). Freising. [3] BIERMAYER, G. (2008): Quo vadis – Forstwirtschaft im Zeichen des Klimawandels. AFZ-DerWald Nr. 15, S. 808-810. [4] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2004): Bundeswaldinventur II, Bonn, (www.bundeswaldinventur.de). [5] BORENSTEIN, M.; HEDGES, L. V.; HIGGINS, J. P. T.; ROTHSTEIN, H. R., (2009): Introduction to Meta-Analysis. John Wiley & Sons Ltd. [6] COLLIER, B.D.; COX, G. W.; JOHNSON, A. W.; MILLER, P. C. (1974): Dynamic Ecology. London 1974. [7] FAUSTMANN, M. (1849): Berechnung des Wertes, welchen Waldboden, sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, Dezember 1849, S. 442-455. [8] KAO, C.; BRODIE, J. D. (1980): Simultaneous Optimization of Thinnings and Rotation with Continuous Stocking and Entry Intervals. Forest Science, Jg. 22, Nr. 3, S. 338-346. [9] KNOKE, T. (2007): Finanzielle Risiken von Rein- und Mischbeständen. LWF Wissen Nr. 58, S. 35-38. [10] KNOKE, T.; SEIFERT, T. (2008): Integrating selected ecological effects of mixed European beech-Norway spruce stands in bioeconomic modelling. Ecological Modelling, Vol. 210, Nr. 4, S. 487-498. [11] KÖLLING, C.; KNOKE, T.; SCHALL, P.; AMMER, C. (2009): Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv 80, S. 42-54. [12] MARKOWITZ, H. (1952): Portfolio selection. The Journal of Finance, Jg. 7, Nr. 1, S. 77-91. [13] PUETTMANN, K. J.; COATES, K. D.; MESSIER, C. (2009): A critique of silviculture – Managing for complexity. Island Press, Washington. [14] RÖHRIG, E.; BARTSCH, N.; LÜPKE, B. VON (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 7. Auflage. Ulmer, Stuttgart. [15] SEIFERT, T. (2004): Integration von Holzqualität und Holzsortierung in behandlungssensitive Waldwachstumsmodelle. Dissertation. Technische Universität München.

Finanzielle Aspekte der Astung von Nadelholz

Von Bernhard Beinhofer und Thomas Knoke, Freising

In der Diskussion um Wege zur Ertragssteigerung in Nadelholzbeständen wird häufig die Astung als eine Möglichkeit genannt. Sie ist Voraussetzung für die planmäßige Produktion von astreinem Nadelholz, das als Premiumprodukt entsprechend gut bezahlt wird. Gleichzeitig wird regelmäßig die Frage aufgeworfen, ob sich die Astung überhaupt lohnt. Wenn dies bejaht wird, führen die zu astende Baumzahl oder z.B. bei der Douglasie auch die Astungshöhe zu Kontroversen. Auf diese Aspekte soll im Folgenden für die Baumarten Fichte, Kiefer, Lärche und Douglasie auf finanzieller Basis eingegangen werden.

Ansprüche des Naturschutzes, von Erholungssuchenden sowie rechtliche Bestimmungen begrenzen die Möglichkeiten zur Steigerung der Rentabilität der Forstwirtschaft

in Deutschland. Aufgrund dessen wird immer wieder die Verbesserung der Holzqualität des Nadelholzes durch Astung als rentable waldbauliche Maßnahme diskutiert [z.B. 5; 11; 14; 23]. Gleichzeitig gibt es große Unterschiede in der empfohlenen Anzahl an Astungsbäumen je Hektar. So liegen die Empfehlungen für die Fichte beispielsweise zwischen 150 und 400 Fichten je Hektar [1; 9; 11; 15; 23]. Für diese Fragestellungen werden für Fichte und Kiefer die Ergebnisse neuerer Untersuchungen vorgestellt und für Lärche und Douglasie entsprechende Kalkulationen durchgeführt.

Fichte

Die Basis der vorgestellten Untersuchung [5] bilden Daten des 1974 angelegten Fich-

tendurchforstungsversuchs Freising [17]. Tab. 1 zeigt die Behandlung der für diese Untersuchung herangezogenen Durchforstungsvarianten bis zur Aufnahme im Alter 48. Bis zu diesem Alter basieren auch die folgenden Kalkulationen auf den Versuchsflächendaten, anschließend bis zur Endnutzung im Alter 98 auf den ergänzenden Daten einer Wachstumsprognose [19]. In den Varianten „Undurchforstet“ und „Hietsruhe nach starker Durchforstung“ wurden bis zur Endnutzung keine Eingriffe vorgesehen. Die Variante „Kombinierte Durchforstung“ wurde durch die Simulation einer schwachen Niederdurchforstung ergänzt. In der Wachstumsprognose der Variante „Zieldurchmesserernte“ wurden ab dem Alter 68 alle Bäume mit einem Bhd von über 55 cm genutzt [19]. Bei der Astung wurden Varianten mit 50, 100, 150, 200 und 250 bis 6 m geastete Fichten je Hektar unterschieden, wobei Astungskosten von 6,14 € je Baum angesetzt wurden. Die zu erwartenden Mehrerlöse durch das Wertholz wurden aus bayrischen Holzpreisstatistiken [2] abgeleitet. Dabei wurde die mögliche Schwankung der Mehrerlöse sowie ein Ausfall von 20 % der geasteten Bäume berücksichtigt.

Die Behandlung geasteter Bestände gemäß der Variante „Hietsruhe nach starker Durchforstung“ ist nach finanziellen Kri-

Dr. B. Beinhofer war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (zur Zeit an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft tätig), das von Prof. Dr. T. Knoke geleitet wird.



Bernhard Beinhofer
beinhofer@forst.wzw.tum.de



Tab. 1: Betrachtete Durchforstungsvarianten und deren Behandlungsprogramm im Freisinger Fichtendurchforstungsversuch bis Alter 48 (aus [19], verändert)

Durchforstungsvariante	Maßnahme im Alter		
	27	33	48
undurchforstet	Abtötung unerwünschter Mischbaumarten	-	-
kombinierte Durchforstung	Entnahme jeder 5. Reihe	Auswahl von 400 Z-Bäumen/ha und Entnahme von 1 Bedränger im Umkreis von 5 m	Entnahme von ca. 1 Bedränger pro 2 Z-Bäume
Hiebsruhe nach starker Durchforstung; Zieldurchmesserernte	Auswahl von 400 Z-Bäumen/ha und Entnahme von 2 Bedrängern im Umkreis von 4 m	Belassen nur der Z-Bäume und Entnahme aller übrigen Bäume	Belassen von 236 Z-Bäumen/ha und Entnahme aller übrigen Bäume

terien für einen Zinssatz von 1 % vorteilhaft, für alle anderen Zinssätze hingegen die Variante „Zieldurchmesserernte“ [5]. Gleichzeitig führt die Astung bei „Zieldurchmesserernte“ mit der geringsten Wahrscheinlichkeit zu einem finanziellen Verlust. Die finanzielle Bewertung ergibt somit, dass eine Bestandesbehandlung gemäß der „Zieldurchmesserernte“ am sichersten zu einem finanziellen Erfolg führt und dieser fast immer am höchsten ausfällt. Gleichzeitig werden in dieser Durchforstungsvariante Fichten mit sehr hoher individueller Stabilität erzogen. Somit bestätigt diese finanzielle Analyse die bisherige Empfehlung einer starken Durchforstung der Astungsbestände zur Förderung der geasteten Fichten [1; 14; 22].

Mit Ausnahme der undurchforsteten Variante ist die Astung bis zu einem Zinssatz von 3 % finanziell vorteilhaft, wobei zumeist die Astung von 150 Fichten je Hektar empfehlenswert ist. Berücksichtigt man bei der Wahl der Astungsbaumzahl bei der „Zieldurchmesserernte“, also der finanziell vorteilhaftesten Behandlungsvariante, auch das finanzielle Risiko dieser Investition, zeigt sich ebenso die finanzielle Überlegenheit der Astung der vitalsten 150 Fichten je Hektar [5]. Somit ergibt sich, dass die Astung bei Fichte aus finanzieller Sicht auf die vitalsten 150 Bäume je Hektar beschränkt werden sollte.

Kiefer

Die Astung von Kiefernbeständen wird in zahlreichen Quellen empfohlen und ist das Regelverfahren [z.B. 1; 8; 10]. Allerdings ermittelte MAYERHOFER [20] für die Astung von 150 Kiefern je Hektar bei starker Durchforstung eine interne Verzinsung von lediglich 1,66 %. Auch BEINHOFER [3] kalkulierte eine interne Verzinsung der Kiefernastung zwischen 1 % und 2 %, in undurchforsteten Beständen lag dieser Wert sogar unter 1 %. Zudem stellte BEINHOFER fest, dass die Astung auf 100 Kiefern je Hektar beschränkt werden

sollte, falls bei einer Z-Baumdurchforstung der Bestände die Astung überhaupt finanziell empfehlenswert ist. Gleichzeitig tendiert bei einer starken Niederdurchforstung und einem Zinssatz von 1 % die vorteilhafte Astungsbaumzahl mit steigender Risikoabneigung rasch gegen Null [3]. In den meisten analysierten Fällen ist ein Verzicht auf die Astung finanziell vorteilhaft.

Die Analyse von BEINHOFER [3] basiert auf den Wachstumsdaten von Kiefernbeständen hervorragender Bonität. Mit sinkender Ertragsklasse würde sich aber die Rentabilität der Kiefernastung noch mehr verringern. Somit zeigt sich, dass die Kiefernastung unter Berücksichtigung von Holzpreisschwankungen und Kalamitätsrisiken nach finanziellen Kriterien nicht besonders empfehlenswert erscheint. Nachdem Forstbetrieben nur begrenzt Geld für Investitionen zur Verfügung steht und damit nur die finanziell attraktivsten Investitionen durchgeführt werden sollten, kann gefolgert werden, dass die Astung von Kiefernbeständen weniger Regelfall als eher Ausnahme sein sollte [7].

Lärche und Douglasie

Zur finanziellen Analyse der Astung von Lärche und Douglasie wurden Varianten mit 50, 100, 150 und 200 geasteten Bäumen je Hektar betrachtet. Neben der Astung bis 6 m wurde bei Douglasie zusätzlich eine Hochastungsvariante mit einer Astungshöhe von 12 m berücksichtigt. Die Wachstumsdaten entsprechender Bestände wurden mithilfe des Waldwachstums-simulators Silva [18] erzeugt, wobei die Standortbedingungen des Wuchsbezirks Oberbayerisches Tertiärhügelland gewählt und eine Z-Baumdurchforstung mit einer der Astungsbaumzahl entsprechenden Z-Baumzahl unterstellt werden. Dabei sollte die reguläre Endnutzung der Douglasienbestände bei Astung bis 6 m nach einer Umtriebszeit von 80 Jahren und bei Hoch-

Tab. 2: Wertholzanzahl [Fm/ha] von Lärche und Douglasie in der Endnutzung für unterschiedliche Astungsbaumzahlen

	zu astende Bäume je Hektar			
	50	100	150	200
Lärche	44	70	73	76
Douglasie (bis 6 m)	79	91	97	116
Douglasie (bis 12 m)	189	278	288	321

Tab. 3: Finanziell vorteilhafte Zahl zu astender Lärchen und Douglasien je ha

	Zinssatz			
	1 %	2 %	3 %	4 %
Lärche	100	100	50	-
Douglasie (bis 6 m)	50	50	50	-
Douglasie (bis 12 m)	100	50	-	-

astung nach 110 Jahren erfolgen. Für die Lärche wurde eine Umtriebszeit von 120 Jahren verwendet. Die Auswahl der Astungsbäume erfolgte anhand der im Endbestand erreichten Durchmesser. Dabei wurde die Astung für die stärksten Bäume unterstellt, nachdem die Vitalität ein entscheidendes Kriterium für die Auswahl von Wertträgern ist [z.B. 10; 13; 26]. Die geasteten Erdstämme wurden als wertholztauglich eingestuft, wenn bei Lärche der Brusthöhendurchmesser 45 cm, bei Douglasie 50 cm bzw. bei Hochastung 65 cm betrug (vgl. Tab. 2).

Als Ausgaben für die Astung bis 6 m im Alter von 20 Jahren wurden in Anhalt an Vorgabezeiten für Bayern [1] bei Lärche 4,30 €/Baum und für Douglasie 7,15 €/Baum unterstellt. Darin enthalten ist ein Aufschlag von 30 % für Verwaltungsaufwendungen [16], z.B. für die Auswahl der Astungsbäume. In Anhalt an Zeitstudien von ROTERT [24] wurden für die Hochastung über 6 m im Alter 30 Ausgaben in Höhe von 16,64 €/Baum kalkuliert. Die Mehreinnahmen für Wertholz wurden aus den bayerischen Holzpreisstatistiken der letzten 20 Jahre abgeleitet [2]. Für die Douglasie war die Datengrundlage allerdings relativ dünn, da sie oftmals nicht extra aufgeführt wurde. Im Mittel betragen die Mehrerlöse bei Lärche 108 €/Fm und bei Douglasie 48 €/Fm. Aus diesen mittleren Mehrerlösen und deren ebenfalls ableitbarer Streuung wurde für die Bewertung ein für jedes Szenario schwankender Holzpreis ermittelt. Die finanzielle Bewertung erfolgte im Rahmen einer Monte-Carlo-Simulation mit 1 000 Wiederholungen für Zinssätze von 1 %, 2 %, 3 % und 4 % über

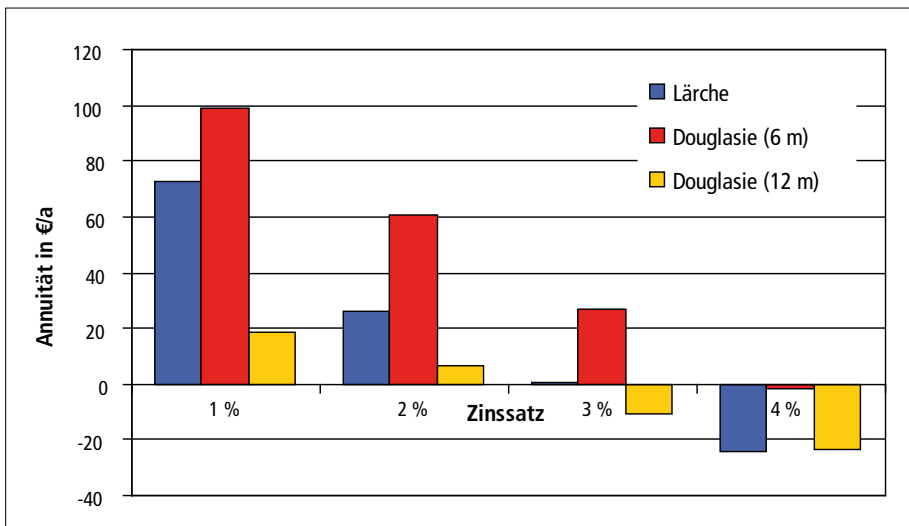


Abb. 1: Annuitäten der Astungsvarianten von Lärche und Douglasie bei verschiedenen Zinssätzen, die mit einer Investition von 1 000 € erzielt werden können

Annuitäten¹⁾, um damit die drei Varianten mit unterschiedlichen Investitionslaufzeiten vergleichen zu können.

Als weiterer Risikofaktor wurde die Gefahr, dass Bestände vor Erreichen ihrer Umtriebszeit ausfallen, mithilfe von Überlebenswahrscheinlichkeiten [4] integriert. Hierzu vorhandene Daten unterscheiden nicht zwischen Lärche und Kiefer [12]. Zur Vereinfachung wurden diese Überlebenswahrscheinlichkeiten auch für die Douglasie verwendet. Die Douglasie gilt als relativ risikoarm, besonders im Vergleich zur Fichte [21], was die Wahl der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Kiefer als gerechtfertigt erscheinen lässt. Gleichzeitig unterscheiden sich in den betrachteten Umtriebszeiten die Überlebenswahrscheinlichkeiten der als relativ stabil geltenden Baumarten Kiefer, Buche und Eiche nur geringfügig [vgl. 4].

Es zeigt sich, dass sich für Zinssätze ab 4 % die Astung finanziell nicht lohnt. Für die Hochastung der Douglasie ist dies bereits ab einer Verzinsungsforderung von 3 % der Fall. Betrachtet man die finanziell vorteilhafte Astungsbaumzahl, ist auffällig, dass nie mehr als 100 Bäume je Hektar geastet werden sollten. Damit liegen die finanziell empfehlenswerten Astungsbaumzahlen zumeist unter den bisher empfohlenen Zahlen [z.B. 1; 15]. Hingegen bestätigt sich der von HEIDINGSFELDER und KNOKE [16] festgestellte Trend, dass

für die Douglasie eher niedrige Astungsbaumzahlen finanziell vorteilhaft sind. Die Annuitäten der Astungsinvestition bei Lärche sind bis zu einem Zinssatz von 3 % positiv und die Astung ist damit finanziell vorteilhaft. Vergleicht man die Annuitäten der Astungsinvestitionen je Hektar, sind diese bei der Douglasie bei Hochastung nur für einen Zinssatz von 1 % größer als bei Astung bis 6 m. Allerdings sind für die Hochastung wesentlich höhere Investitionen erforderlich.

Den unterschiedlich hohen Investitionsbedarf kann man berücksichtigen, indem man z.B. einbezieht, welche Fläche mit einem Budget von 1 000 € und der vorteilhaften Baumzahl je Hektar geastet werden könnte (vgl. Abb. 1). So kann man ermitteln, welche Annuität mit einem festen Astungsbudget erzielt werden kann. Hier zeigt sich eine deutliche Überlegenheit der Astung der Douglasie bis 6 m. Die Astung der Lärche folgt erst mit deutlichem Abstand auf dem zweiten Platz, trotz der mehr als doppelt so hohen Mehrerlöse für Wertholz als bei der Douglasie. Das schnellere Wachstum der Douglasie macht also die höheren Holzpreise der Lärche mehr als wett. Bei diesem finanziellen Vergleich ist die Hochastung der Douglasie weit abgeschlagen und stellt die schlechteste Variante dar. Dies deckt sich mit bisherigen finanziellen Untersuchungen, in denen auch eher eine Astung der Douglasie bis 6 m als günstig bewertet wird [16; 25].

Folgerungen

Über alle Baumarten hinweg zeigt sich die Tendenz, dass aus finanzieller Perspektive eher weniger Bäume je Hektar geastet werden sollten als bisher empfohlen. Für die Douglasie zeigt sich, dass es vorteil-

haft ist, die Astung auf die untersten 6 m zu beschränken und keine Hochastung bis 12 m durchzuführen. Allerdings wäre es für die Douglasie von Vorteil, zukünftig die Datengrundlage, z.B. bezüglich der Wertholzpreise oder der Zeitstudien für die Hochastung, auszuweiten. Zudem könnten weitere Astungshöhen verglichen werden, nachdem sich diese Untersuchung auf den Vergleich einer Astung bis 6 m und 12 m beschränkte. Für die Kiefer sollte die standardmäßige Astung zukünftig eher kritisch betrachtet werden, war sie doch die einzige Baumart, bei der die Analysen die finanzielle Vorteile der Astung kaum belegen konnten. In dieser Untersuchung nicht berücksichtigt sind die möglichen Effekte einer Risikokompensation durch die Produktion des zusätzlichen Sortiments Wertholz. Dieser Aspekt kann über die Anwendung des Portfolioansatzes berücksichtigt werden, über den gleichzeitig auch die Frage beantwortet werden kann, welcher Anteil z.B. der Fichtenfläche eines Forstbetriebes geastet werden sollte [6].

Literaturhinweise:

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1999): Richtlinie zur Wertastung und zur Pflege von Astungsbeständen. Stand: Juni 1999. München. [2] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1988-2007): Holzpreisstatistik für die Jahre 1988-2007. München. [3] BEINHOFER, B. (2008a): Umtriebszeit, Durchforstung und Astung der Kiefer aus finanzieller Perspektive. Forstarchiv 79 (3), S. 106-115. [4] BEINHOFER, B. (2008b): Berücksichtigung von Risiko in der Waldbewertung. AFZ-DerWald Nr. 17, S. 918-920. [5] BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2007a): Finanzielle Konsequenzen der Fichtenastung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 178 (9/10), S. 157-164. [6] BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2007b): Fichtenastung als Beitrag zur Produktdiversifikation? Forstarchiv 78 (5), S. 150-157. [7] BEINHOFER, B.; KNOKE, T. (2009): Ansatzpunkte einer finanziellen Optimierung der Kiefernberwirtschaftung. Forst und Holz 64 (1), S. 12-16. [8] BURSCHEL, P.; BOEDICKER, C.; AMMER, C. (1994): Kiefernberwirtschaftung: Moderne Kiefernwirtschaft: Dargestellt am Beispiel eines Bestandes in der bayerischen Oberpfalz. Der Wald Berlin 44 (3), S. 82-85, 116-119. [9] BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1997): Grundriß des Waldbaus: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. 2. Auflage. Berlin. [10] BURSCHEL, P.; KLUMPER, J.; BINDER, F. (1989): Durchforstung und Astung in einem Kiefernbestand. AFZ 44 Nr. 16/17, S. 415-418. [11] DEEGEN, P. (1995): Wertastungsrechnung. AFZ-DerWald Nr. 24, S. 1307-1308. [12] DITTRICH, K. (1986): Realistische Zielstrukturen forstlicher Betriebsklassen auf der Grundlage langfristiger Waldentwicklung: Ein Beitrag zur Objektivierung der Nachhaltigkeit. Dissertation. Dresden. [13] DONG, P. H.; ROEDER, A. (1995): Z-baumorientierte Jungbestandspflege bei Kiefer. AFZ Nr. 2, S. 64-66. [14] EBERT, H.-P. (1997): Der „Wert“ einer Wertastung. AFZ-DerWald Nr. 22, S. 1188-1190. [15] Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (2000): Wertastung. Merkblätter. 3. Auflage. Freiburg. [16] HEIDINGSFELDER, A.; KNOKE, T. (2004): Douglasie versus Fichte: Ein betriebswirtschaftlicher Leistungsvergleich auf der Grundlage des Provenienzversuches Kaiserslautern. Schriften zur Forstökonomie 26. Frankfurt am Main: J.D. Sauerländer's Verlag. 111 S. [17] HUSS, J. (1990): Zur Durchforstung engbegrenzter Fichtenjungbestände. Forstwissenschaftliches Zentralblatt 109, S. 101-118. [18] KAHN, M.; PRETZSCH, H. (1997): Das Wachstumsmodell SILVA-Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände aus Fichte und Buche. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 168 (6/7), S. 115-123. [19] KNOKE, T. (1998): Die Stabilisierung junger Fichtenbestände durch starke Durchforstungseingriffe: Versuch einer ökonomischen Bewertung. Forstarchiv 69 (6), S. 219-226. [20] MAYERHOFER, W. (2004): Zur Durchforstung der Kiefer (Pinus sylvestris L.): Bewertung einer waldbaulichen Versuchsfläche in Nordostbayern. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Freising. [21] MÖGES, M.; RUPPERT, O.; MERGNER, W. (2008): Die Douglasie in den bayerischen Staatsforsten. LWF Wissen 59, S. 44-48. [22] MOSANDL, R.; BUES, C.-T.; HANNIG, W.; WALTHER, G. (1995): Geastete Fichten im Frankenwald als Leitbild für die künftige Fichtenerziehung: Waldbau und Holzqualität. AFZ-DerWald Nr. 24, S. 1300-1306. [23] MOSANDL, R.; KNOKE, T. (2002): Produktion von Fichtenqualitätsholz durch Astung: Waldbauliche und wirtschaftliche Aspekte. AFZ-DerWald Nr. 3, S. 120-123. [24] ROTHERT, F. (2002): Bergahorn und Birke: Wertastung mit Zeitstudien. Hasbergen. [25] SACHSSE, H.; KÜTHE, M. (1987): Über die Abhängigkeit des erzielbaren Rundholzwertes von der Astungshöhe bei Douglasie. Forstarchiv 58 (5), S. 207-211. [26] WILHELM, G. J.; LETTNER, H.-A.; EDER, W. (1999): Die Phase der Dimensionierung. AFZ-DerWald Nr. 5, S. 236-238.

¹⁾ Zur Annuitätenkalkulation muss zunächst der Kapitalwert als Summe aller mit einem Kalkulationszinssatz auf den Zeitpunkt der Investitionsauszahlung, hier dem Astungszeitpunkt, abgezinsten Zahlungen berechnet werden. Bei der Annuitätenberechnung wird dann der Kapitalwert über die Investitionslaufzeit in konstante jährliche Raten verrechnet. Vergleicht man verschiedene Investitionen, ist diejenige mit der höchsten Annuität vorteilhaft. Bei negativen Annuitäten ist die zinsatzbestimmende Investitionsalternative vorteilhaft.