

Entscheidungshilfen für eine zielgerichtete Wachstumssteuerung

Grundlagen zur Wertholzproduktion der Esche

(*Fraxinus excelsior* L.)

Sebastian Hein¹, Freiburg

Die folgenden Ergebnisse zur Wachstumssteuerung von Eschen² stellen grundlegende wachstumskundliche Gesetzmäßigkeiten zur Dimensionsentwicklung und Dynamik der Astreinigung dar. Daraus lassen sich praxisnahe Entscheidungshilfen für eine Z-Baum orientierte Wachstumssteuerung ableiten.

In jüngster Zeit gilt Edellaubbaumarten wie z.B. der Gemeinen Esche (*Fraxinus excelsior* L.) besondere Aufmerksamkeit. Dabei spielt die Verjüngungsfreudigkeit auf Sturmflächen aber auch die bestmögliche Ausnützung des standörtlichen Wachstumspotenzials und die Aussicht auf Wertholzerzeugung in kurzen Produktionszeiträumen eine wichtige Rolle. Nach einer Expertenumfrage zur Edellaubbaumbewirtschaftung in Europa wird sich der langfristig angestrebte Flächenanteil auch von Esche deutlich erhöhen [10].

Als Grundlage zur Wertholzproduktion der Esche werden deshalb im Folgenden (1) die Entwicklung von Astreinigung und Dickenwachstum, (2) die Darstellung von für die Wertholzproduktion wichtigen Wachstumsgesetzmäßigkeiten sowie (3) deren Weiterentwicklung hin zu einfach anwendbaren Produktionszielen und Entscheidungshilfen für die Forstpraxis vorgestellt.

Messungen in Europa

Entsprechend dem Wuchsreihenprinzip wurden auf temporären Untersuchungsflächen unterschiedlichen Entwicklungsstadiums Gruppen von je 25 Bäumen der Kraft'schen Klasse 1 bis 3 in ihren Nachbarschaftsverhältnissen vermessen. Das Untersuchungsmaterial wurde in 13 europäischen Ländern gewonnen. Insgesamt standen 1501 Eschen und 1021 Bergahorne aus unterschiedlicher Begründungsform, Mischung, Pflegestrategie, sowie einer weiten Spanne an Baumdimensionen und unterschiedlicher Wachstumsgeschwindigkeit zur Verfügung (Tabelle 1, unten). Solitäräbäume wurden in einem speziellen Teilprojekt untersucht. Als Kronenansatz wurde die Ansatzhöhe des ersten grünen Primärastes, als unterster Totast die Ansatzhöhe des ersten toten, vom Boden aus sichtbaren Primärastes definiert. Die astfreie Schaftlänge stimmt mit der Ansatzhöhe des ersten Totastes überein, war kein Totast vorhanden, wurde die Ansatzhöhe des ersten grünen Primärastes verwendet. Aus diesem Datenmaterial konnten Wachstumsgesetzmäßigkeiten gewonnen werden, die die Dynamik der wertbestimmenden Rundholzeigenschaften Ästigkeit und Durchmesser für eine weite Spanne an Wachstumssituationen beschreiben. Zentrale Zielgrößen für die Auswertung waren dabei der Zusammenhang zwischen Zieldurchmesser, Produktionszeit, Z-Baum Anzahl und der astfreien Schaftlänge als oft verwendete Beschreibungen von Produktionszielen.

Z-Baum Anzahl und Dimensionen von Eschen im Endbestand

Zwischen der Kronenbreite und dem Brusthöhendurchmesser sowie dem Baumalter besteht ein straffer funktionaler Zusammenhang (z. B. [9]). Für die Berechnung eines multiplen, linearen Regressionsmodells zur Kronenbreite konnten 1501 Eschen verwendet werden. Mit der schrittweisen Regression werden im Gesamtmodell 88 % der Streuung der Messwerte erklärt [3].

$$b_{Kr} = 0,698 + 0,203 \cdot d_{1,3} - 0,022 \cdot a_B \quad ; \quad N = 1501, r^2_{adj.} = 0,88$$

- b_{Kr} = Kronenbreite [m]
 $d_{1,3}$ = Brusthöhendurchmesser [cm]
 a_B = Baumalter [J]

Mit steigendem Brusthöhendurchmesser nimmt auch die Kronenbreite zu. Im Vergleich zweier Bäume gleichen Brusthöhendurchmessers wird jedoch der jüngere Baum die größere Kronenbreite aufweisen. Der Einfluss des Standorts auf das Modell ist sehr gering, d.h. weitgehend unabhängig vom Standort ist bei einem bestimmten Brusthöhendurchmesser und Baumalter eine bestimmte Kronenbreite zu erwarten. Aus diesen Gesetzmäßigkeiten können Produktionsziele wie Zieldurchmesser, Produktionszeitraum und Anzahl der Bäume im Endbestand für verschiedene Szenarien unterschiedlichen Radialzuwachses abgeleitet werden (Tabelle 2, unten).

Entwicklung der Astreinigung

An insgesamt 524 von 919 Eschen (57 %) wurde die astfreie Schaftlänge durch einen grünen Primärast begrenzt, in den übrigen Fällen waren es Totäste. Die Entwicklung der Höhe des Kronenansatzes und der astfreien Schaftlänge zeigte dabei einen straffen Zusammenhang zur Baumhöhe, zum Durchmesser in 1,3 m Höhe am Schaft sowie dem Baumalter. Die nachfolgende Formel zur Berechnung der astfreien Schaftlänge zeigt die dazugehörigen Parameterschätzer:

$$l_{\text{astfrei}} = -3,763 + 0,771 \cdot h_B - 0,172 \cdot d_{1,3} + 0,024 \cdot a_B \quad ; \quad N = 919, r^2_{\text{adj.}} = 0,76$$

l_{astfrei} = astfreie Schaftlänge [m]
 h_B = Baumhöhe [m]
 $d_{1,3}$ = Brusthöhendurchmesser [cm]
 a_B = Baumalter [J]

Der vom Kronenbreitenmodell abweichende Stichprobenumfang ergibt sich aus der Verwendung von Vorarbeiten des Instituts für Waldwachstum, die zwar in allgemeinem thematischen Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung, jedoch mit verschiedenen Analyseschwerpunkten und abweichenden Definitionen zur astfreien Schaftlänge angefertigt wurden.

In diesem Modell können die unabhängigen Variablen Höhe und Alter des Baumes als Repräsentanten der Standortsqualität und damit der Bonität angesehen werden. Mit zunehmender Verbesserung der Bonität kann bei einem festen durchschnittlichen Durchmesserwachstum auch eine höhere astfreie Schaftlänge erreicht werden. Die Kombination der Variablen Alter des Baumes und Durchmesser des Schaftes in 1,3 m Schafthöhe können als Repräsentanten der Wachstumsgeschwindigkeit in radialer Richtung am Schaft angesehen werden. Dies bedeutet, dass bei fester Bonität mit höheren Radialzuwachs auch eine höhere angestrebte astfreie Schaftlänge erreicht werden kann. Die Anwendung des Modells zur Prognose der astfreien Schaftlänge ist nur für Bäume ohne Zwiesel vorgesehen. Die Gültigkeit des Modells beschränkt sich auf eine Spreitung des Brusthöhendurchmessers von 5 bis 60 cm und einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 2 bis 5 mm/ Jahr.

Eschen der sehr guten Höhenbonität 33 m (Alter 60 J) und mit einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 3 mm lassen bei einem Brusthöhendurchmesser von 60 cm eine durchschnittliche astfreie Schaftlänge von 20,3 m erwarten. Bei einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 4 mm liegt die astfreie Schaftlänge unter sonst gleichem Wachstum bei 16,0 m und damit 4,3 m tiefer (Abbildung 1, unten). Es ist dabei auch die um 25 Jahre kürzere Produktionszeit zu beachten. Aus Abbildung 1 wird auch ersichtlich, dass selbst bei jährlichen Radialzuwächsen von 3 bis 4 mm schon sehr frühzeitig eine astfreie Schaftlänge von 10 m erreicht werden kann. Für Eschen bei einem erreichten Brusthöhendurchmesser von 60 cm in 75 Jahren kann eine astfreie Schaftlänge von 16,0 m mit 64 Z-Bäumen pro Hektar erreicht werden (Beispiel: Höhenbonität 33 m im Alter 60 J).

Ein Modell für die innere Ästigkeit

Mit der Kenntnis der Dynamik der Astreinigung und Annahmen zur Schaftform [1] kann die innere Ästigkeit des Schaftes in verschiedenen Schafthöhen berechnet werden. Dabei interessiert insbesondere die Breite des asthaltigen Kerns. Die Unterschiede im asthaltigen Kern für unterschiedliche Höhenbonitäten sind bei gleicher Geschwindigkeit des Durchmesserwachstums beträchtlich (Abbildung 2, unten). Während bei einer Höhenbonität von 33 m und einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 3 mm der Radius des modellhaften asthaltigen Kerns in 15 m Schafthöhe 9,6 cm beträgt, ist dieser Radius für die Höhenbonität 27 m in der gleichen Schafthöhe mit 17 cm um 77,1 % breiter. Damit nimmt die Breite des asthaltigen Kerns in einer bestimmten Höhe am Schaft mit abnehmender Bonität und mit zunehmendem durchschnittlichen Radialzuwachs zu. Damit kann das Zusammenspiel von Dickenzuwachs und dem Ausmaß des asthaltigen Kerns quantitativ beschrieben werden.

Zweiphasiges Pflegekonzept

Eine Möglichkeit, ein kontinuierliches Fortschreiten der Astreinigung zu unterbrechen, ist die Anwendung eines zweiphasigen Pflegekonzeptes, vgl. z.B. [6, 9, 13]. Dabei wird in der ersten Phase der Schwerpunkt der Wachstumssteuerung auf die Astreinigung und Sicherung weiterer Qualitätseigenschaften – bei reduziertem Durchmesserwachstum – gelegt, in der zweiten Phase wird mit der Auswahl der Z-Bäume das Hochrücken der astfreien Schaftlänge vorerst gestoppt und das Dickenwachstum beschleunigt. Sobald die angestrebte astfreie Schaftlänge erreicht ist, findet mit dem Übergang von der ersten zur zweiten Phase die Z-Baum Auswahl statt. Da die Dynamik der Astreinigung vom Höhenwachstum abhängt, spiegelt der Zeitpunkt der Z-Baum Auswahl auch die

standörtlichen Verhältnisse wider. Aufgrund des schnellen Höhenwachstums der Esche wird dieser Zeitpunkt generell frühzeitig erreicht. Da die Höhenzuwächse früh kulminieren, z.B. [4, 5, 12] und bereits ab 30 bis 40 Jahren stark nachlassen, muss eine Freistellung auch sehr frühzeitig erfolgen, um eine Förderung des Dickenwachstums noch erreichen zu können. Ähnliche Empfehlungen zur frühzeitigen Förderung des Dickenwachstums unter Verzicht auf höchste astfreie Schaftlängen, gegebenenfalls auch kombiniert mit Ästung, wurden bislang von SCOHY [7, 8, 11] sowie DUFLOT [2] ausgesprochen. Bedingt durch die großen Höhenzuwächse der Eschen in jungem Entwicklungsstadium wird eine angestrebte absolute astfreie Schaftlänge bereits sehr früh erreicht. Dabei wird bei Eschen mit einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 2 mm in 1,3 m Schaftlänge beispielsweise eine astfreie Schaftlänge von 10 m für die Höhenbonität 33 m (Alter 60 J) in 25 Jahren erreicht, während dies für die Radialzuwachsvariante 5 mm durchschnittlich 11 Jahre später erfolgt. Soll eine bestimmte astfreie Schaftlänge in kürzerer Zeit erreicht werden, kann eine Wertästung erfolgen. Mit dem Übergang in die zweite Phase kann das Vorrücken der astfreien Schaftlänge gestoppt werden. Durchforstungen fördern das Dickenwachstum und können es bei Freistand des Baumes auf das standörtlich maximale Niveau anheben. Anhand von Analysen zum Dickenwachstum von Eschensolitären kann ein Radialzuwachs von 5 bis 7 mm als ein standörtliches Maximum auf mittleren und überdurchschnittlichen Standorten angenommen werden [3]. Ein Anstieg auf ein solches Niveau muss jedoch in einem gleitenden Übergang erfolgen, um unerwünschte Wachstumsreaktionen wie beispielsweise ein starkes Auftreten von lebenden Sekundärästen zu vermeiden. Wird einem solchen zweiphasigen Pflegekonzept gefolgt, kann mit einem Zieldurchmesser von 60 cm und einer astfreien Schaftlänge von 10 m in 60 – 75 Jahren gerechnet werden.

Folgerungen

Zur vollständigen Zielbeschreibung bei der Produktion von Wertholz gehören Angaben zu Zieldimension, zur Qualität sowie Vorgaben zum zeitlichen und räumlichen Bezug. Aufgrund der baumartspezifischen Wachstumsgesetzmäßigkeiten der Esche kann in relativ kurzer Produktionszeit stark dimensioniertes Wertholz erzeugt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass durch die schnelle natürliche Astreinigung der Esche in fruhem Entwicklungsstadium überlicherweise angestrebte astfreie Schaftlängen (z.B. 10 m) auf sehr guten Standorten bereits in 25 Jahren und damit sehr frühzeitig erreicht werden können. Eine Auswahl von Z-Bäumen und ein Übergang in die konsequente Förderung des Dickenwachstums muss somit zu einem sehr frühen Zeitpunkt erfolgen. Die dargestellten Wachstumsgesetzmäßigkeiten erlauben zudem erstmals eine vollständige Quantifizierung zentraler Elemente von Produktionszielen. Dabei bei Zieldurchmessern von 60 cm und einem durchschnittlichen Radialzuwachs von 3 bis 5 mm die Z-Baumzahlen, die für eine volle Bestockung im Endbestand notwendig sind, mit ca. 60 bis 70 Eschen sehr niedrig. Der Standort wirkt sich dabei besonders auf die erreichbare astfreie Schaftlänge aus: bei einem gegebenen durchschnittlichen Radialzuwachs sind auf besseren Standorten höhere astfreie Schaftlängen erreichbar und eine schmälerer asthaltiger Kern zu erwarten. Auf besseren Standorten kann somit bei gleichem Durchmesserwachstum mehr wertvolles Holz produziert werden. Produktionsrisiken wie beispielsweise das Auftreten des Braunkerns können dabei durch kürzere Produktionszeiten reduziert werden [11].

Literaturverzeichnis

- [1] DAGNELIE, P.; PALM, R.; RONDEUX, J.; THILL, A. (1999): Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers. Gembloux, Presses Agronomiques de Gembloux, deuxième Edition, 126 pp.
- [2] DUFLOT, H. (1995): Le frêne en liberté. Institut pour le développement forestier (eds.), 192 pp.
- [3] HEIN, S. (2003): Zur Steuerung von Astreinigung und Dickenwachstum bei Esche (*Fraxinus excelsior* L.) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Dissertation, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften, Universität Freiburg i. Brsg., 263 Seiten.
- [4] KJÖLBY, V.; SABROE, A. S.; MOLTESEN, P. (1958): AER (*Acer pseudoplatanus* L.). 210 pp.
- [5] NAGEL, J. (1985): Wachstumsmodell für Bergahorn in Schleswig-Holstein. Dissertation, Universität Göttingen, 124 S.
- [6] OSWALD, H. (1981): Résultats principaux des places d'expérience de chêne du Centre national de Recherches forestières. Revue Forestière Française, XXXIII, n° spéciale: 65-85.
- [7] SCOHY, J. P. (1990a): Le frêne commun (1ère partie). *Silva Belgica*, 97: 41-46.
- [8] SCOHY, J. P. (1990b): Le frêne commun (2ème partie: Sylviculture). *Silva Belgica*, 97: 43-48.
- [9] SPIECKER, H. (1991): Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Traubend- und Stieleichen (*Quercus petrea* (Matt.) Liebl. und *Quercus robur* L.). Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, 72, Stuttgart, 151 S.
- [10] THIES, M.; HEIN, S. (2000): Expertenbefragung zur Bedeutung und Bewirtschaftung von Edellaubbäumen im deutschsprachigen Raum. Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband

Forstlicher Forschungsanstalten, Jahrestagung 2000, Kaiserslautern, 05.-07. Juni 2000, Kaiserslautern, 256-269.

[11] THILL, A. (1970): *Le frêne et sa culture*. Gembloux, Éditions Duculot S.A., Les Presses Agronomiques de Gembloux A.S.B.L, Mémoires n°8, 85 S.

[12] VOLQUARDTS, G. (1958): *Die Esche in Schleswig-Holstein*. Dissertation, Universität Göttingen Hann. Münden, 131 S.

[13] WILHELM, G. J.; LETTER, H. A.; EDER, W. (1999a): Die Phase der Dimensionierung. Zielsetzungen und waldbauliche Prinzipien. Die Phase der Reife. Allgemeine Forstzeitschrift/ Der Wald, 5/1999: 236-238, 232-233, 239-240.

Dimensions- und Zuwachsgrößen	N	Min. – Max.	arith. Mittel
Baumhöhe: [m]	1501	7,4 – 45,8	23,13
Kronenansatzhöhe: [m]		0,5 – 28,4	10,96
Astfreie Schaftlänge: [m]		0,5 – 28,4	9,99
Kronenschirmfläche: [m ²]		0,2 – 288,9	28,96
Kronenbreite: [m]		0,4 – 19,2	5,31
Brusthöhendurchmesser: [cm]		3,5 – 96,5	28,21
Durchschnittlicher Radialzuwachs: [mm]		0,8 – 6,5	3,01
Baumalter: [J]		11 – 205	50,5

Tabelle 1: Mittelwerte und Spannweiten ausgewählter Dimensions- und Zuwachsgrößen der gemessenen Eschen.

Zieldurchmesser [cm]	Durchschnittlicher Radialzuwachs [mm/ J]	Produktionszeit [J]	Anzahl Z-Bäume/ ha [-]	Astfreie Schaftlänge $h_o = 33$ m, 60 J [m]
60	2	150	88	-
	3	100	71	20,3
	4	75	64	16,0
	5	60	61	12,8
50	2	125	123	-
	3	83	99	19,2
	4	63	90	15,1
	5	50	85	12,0

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen Zieldurchmesser, durchschnittlichem Radialzuwachs, Produktionszeit, Z-Baum Anzahl und astfreier Schaftlänge für Esche, Höhenbonität: 33 m in 60 J, Überschirmungsgrad: 70 %.

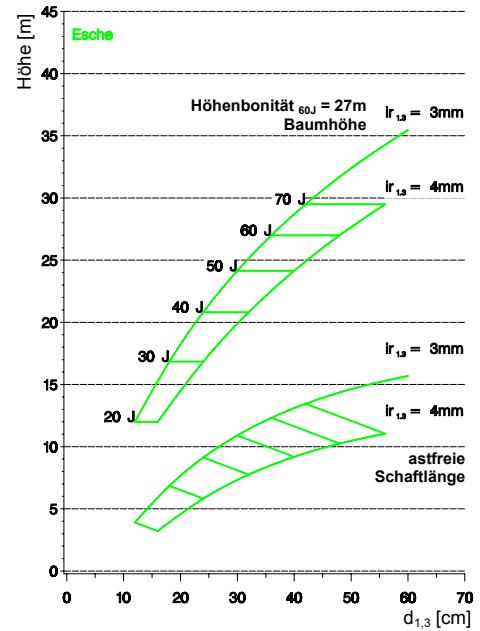
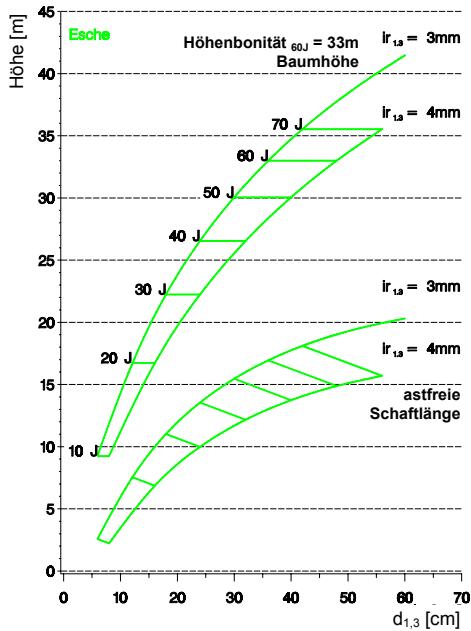


Abbildung 1: Baumhöhe und astfreie Schaftlänge über dem Brusthöhendurchmesser für die Höhenbonität 33 m (links) und 27 m (rechts), jeweils für Varianten durchschnittlichen Radialzuwachses von 3 mm und 4 mm.

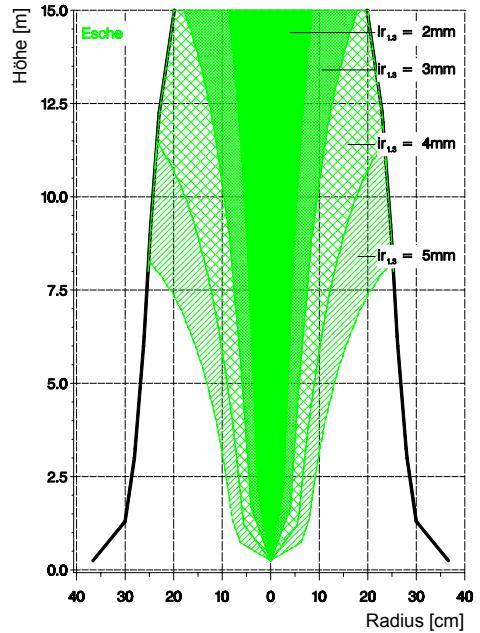
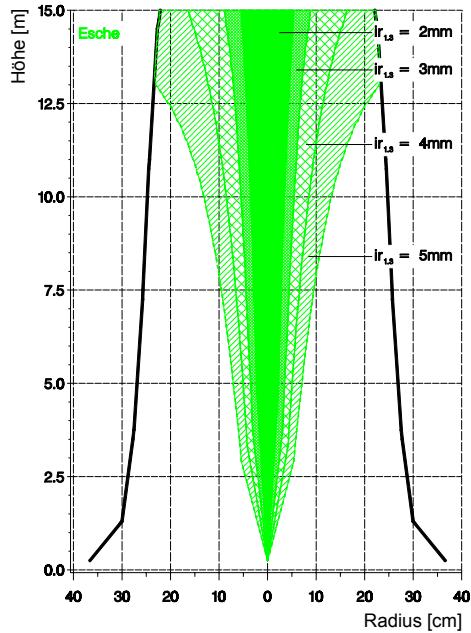


Abbildung 2: Innere Ästigkeit für Esche für die Höhenbonitäten 33 m (links) und 27 m (rechts), Darstellung als Längsschnitt durch den Schaft; äußere Schaftform des Baumes: $d_{1,3} = 60$ cm, durchschnittlichen Radialzuwachs = 4 mm und der entsprechenden Baumhöhe dieses Zieldurchmessers.

¹ Dr. Sebastian Hein war bis Januar 2003 Assistent am Institut für Waldwachstum (Prof. Dr. H. Spiecker) an der Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Universität Freiburg und arbeitet jetzt als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg.

² Projekt „Management of Mixed Broadleaved Forests in Europe“ des European Forest Institute (*Joensuu/ Finnland, Projekt 92/ 8553 EFI*), Weitere finanzielle Unterstützung gewährten dankenswerterweise die Landesforstverwaltungen Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg sowie die Gesellschaft zur Förderung der Forst- und Holzwirtschaft.