

## Unter optimalen Wuchsbedingungen in Bayern

# Durchforstungsreaktionen der Buche

Von Martin Nickel, Hans-Joachim Klemmt und Hans Pretzsch, Freising-Weihenstephan

Die Bewirtschaftung der Buche leidet seit jeher unter einem „Kernproblem“. Die Buche ist eine Baumart, die in höherem Alter bzw. bei größeren Durchmesser zu einer unerwünschten Ausbildung von fakultativen Farbkerne neigt. Die genauen Entstehungsgründe sowie die Kausalzusammenhänge, die zu dieser Kernausbildung führen, sind noch nicht eindeutig geklärt [5]. Aktuelle Behandlungskonzepte versuchen durch frühzeitige Eingriffe das Dickenwachstum zu beschleunigen, den Erntezeitpunkt vorzulegen und damit das Farbkerneisiko zu verringern. Wir zeigen die große Reaktionsfähigkeit der Buche auf waldbauliche Eingriffe für bayerische Hochleistungsstandorte auf. Ohne langfristige Versuchsflächen, die sowohl Bestandes- als auch Einzelbaumwachstum dauerhaft erfassen, wären die folgenden Entscheidungshilfen nicht möglich.

### Die Versuchspartellen

Die Versuchspartellen liegen im Wuchsbezirk 4.2 „Südliche Fränkische Platte“ in Höhenlagen zwischen 330 m und 350 m ü.NN. Von den 670 mm Jahresniederschlag fallen 340 mm in der Vegetationsperiode. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 8 °C und einer Mitteltemperatur in der Vegetationsperiode von 16 °C handelt es sich damit um eine überdurchschnittliche warme Region Bayerns mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen. Das geologische Ausgangsmaterial bildet für die Versuchspartellen 1, 3 und 4 der Untere Lettenkeuper, für Parzelle 2 der obere Muschelkalk. Auf den Lettenkeuperstandorten haben sich bei einer Deckschicht aus schluffig lehmigem Sand von 20 bis 40 cm Mächtigkeit mittelgründige, im Oberboden gut durchlüftete, mäßig hangfrische Braunerden mit schwacher Pseudovergleyung und mittlerer nachhaltiger Nährstoffausprägung gebildet (Standorteinheit 882). Auf Versuchspartelle 2 liegt eine gut durchlüftete, mittelgründige frische Terra fusca mit guter Nährstoffversorgung vor (Standorteinheit 442).

Zusammenfassend stellt sich der Standort als optimal für das Wachstum der Buche dar. Er liegt im Spitzenbereich der absoluten flächenbezogenen Wuchsleistung und auch der Reaktionsfähigkeit der Buche auf Behandlungseingriffe [6]. Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Durchforstungsreaktionen auf Bestandes- und Baumbene auf ungünstigeren Standorten deutlich geringer und ernüchternder ausfallen.

### Ausgangssituation

In Bayern existiert seit 1871 ein Netz langfristiger ertragskundlicher Versuchsflächen, das sich derzeit aus 161 Versuchen mit 1061 Versuchspartellen zusammensetzt. Dieses Flächennetz wurde in den letzten Jahrzehnten insbesondere aufgrund praxisrelevanter Fragestellungen erweitert. Ein Beispiel hierfür ist die Anlage des Buchendurchforstungsversuches Arnstein 638, der 1992 im Bayerischen Forstamt Arnstein in Unterfranken angelegt wurde. Der Versuch soll die für den Waldbau in Unterfranken

*M. Nickel und FR H.-J. Klemmt sind technische bzw. wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Technischen Universität München. Prof. Dr. H. Pretzsch leitet den Lehrstuhl. Das Projekt W07 „Langfristige ertragskundliche Beobachtung von Versuchsflächen in Bayern“ wird dankenswerterweise finanziell und ideell unterstützt durch die Bayerische Forstverwaltung sowie durch die Bayerischen Staatsforsten.*



Abb. 1: Parzelle 1

drängende Frage beantworten, ob der Durchmesserzuwachs durch starke Eingriffe derart beschleunigt werden kann, dass sich Erntealter und Farbkerneisiko deutlich verringern. Damit wäre der Weg zur Erzeugung von furnierholztauglichen Buchen geebnet. Zu diesem Zweck wurden vier Versuchspartellen mit einer Größe von jeweils 0,25 ha in 52- bis 56-jährigen Buchenreinbeständen angelegt, die eine ausreichende Zahl von geraden Stämmen mit mindestens 5 m astfreiem Schaft und ohne sonstige erkennbare Holzfehler aufwiesen.

### Behandlungskonzept

Auf den vier Versuchspartellen wurden 1992 Z-Bäume ausgewählt und auf den Partellen 2, 3 und 4 durch waldbauliche Eingriffe gefördert.

- Parzelle 1: zu Beginn Eingriff in „forstamtsüblicher Stärke“, später Eingriffe eingestellt.
- Parzelle 2: starke Förderung der Z-Bäume.
- Parzelle 3: sehr starke Förderung.
- Parzelle 4: mäßige Förderung.

Bei Versuchsanlage lag die Anzahl der Z-Bäume

- auf Parzelle 1 bei 56 Bäumen pro Hektar,
- auf Parzelle 2 bei 60 Bäumen pro Hektar,
- auf Parzelle 3 bei 48 Bäumen pro Hektar,
- auf Parzelle 4 bei 100 Bäumen pro Hektar.

Diese Bäume wurden nach dem von JOHANN beschriebenen A-Wert-Konzept [2] auf den Partellen 2, 3 und 4 freigestellt. Sehr starke Durchforstungen sind demnach gekennzeichnet durch einen niedrigen A-Wert, mäßige Durchforstungen durch einen hohen A-Wert (Tab. 1).



Abb. 2: Parzelle 3

**Ertragskundliche Ergebnisse**

Die Höhenwuchsleistung der Buche ist auf allen Parzellen besser als die Vergleichswerte nach der Ertragstafel von SCHÖBER (1972), I.0 Bonität, für starke Durchforstung. Durch die unterschiedlichen Durchforstungsstärken haben sich bisher keine Veränderungen der Höhenwuchsleistung zwischen den Parzellen ergeben (Tab. 1).

Die Grundflächen des Gesamtbestandes der Parzellen 2, 3 und 4 liegen im Bereich der Ertragstafel SCHÖBER (1972), I.0, st. Df. Die Parzelle 1 liegt deutlich über diesem Niveau. Betrachtet man nur den Hauptbestand, der für die Einschätzung der Konkurrenzsituation zwischen den Bäumen entscheidend ist, liegen die Grundflächen des verbleibenden Bestandes auf den Parzellen 2, 3 und 4 sowohl bei der Aufnahme 1995 als auch 2000 und 2004 bei Werten zwischen 15 m<sup>2</sup>/ha und 19 m<sup>2</sup>/ha und damit um 19 bis 36 % unter dem Ertragstafelniveau.

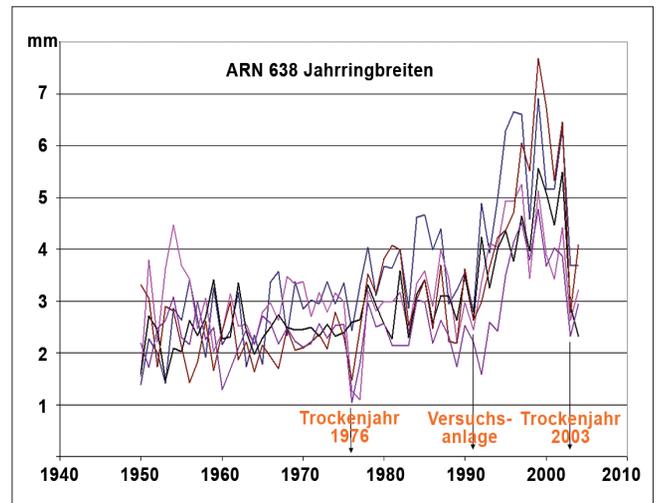
Bei Versuchsanlage lagen die Vorräte zwischen 259 und 314 Vfm<sub>D</sub>/ha (Tab. 1). Bei der letzten Aufnahme im Jahr 2004 fand sich ein Vorratsniveau zwischen 190 und 429 Vfm<sub>D</sub>/ha. Parzelle 1 (A-Grad bzw. keine aktiven Durchforstungsmaßnahmen) hat dabei einen doppelt so hohen Vorrat wie Parzelle 3. Generell lagen nach der Aufnahme im Jahr 2004 die Vorräte auf den Durchforstungsparzellen aufgrund der bis dahin erfolgten Vornutzungseingriffe (vgl. Tab. 1) niedriger als zur Zeit der Versuchsanlage. Im 13-jährigen Beobachtungszeitraum werden auf der Parzelle 1, die nicht mehr aktiv durchforstet wird, 68 Vfm<sub>D</sub>/ha entnommen. Im gleichen Zeitraum wurden auf den Parzellen 2, 3 und 4 zwischen 204 und 293 Vfm<sub>D</sub>/ha durch aktive waldbauliche Eingriffe entfernt (Tab. 1). Dies entspricht der vier- bis fünffachen Menge, die nach der Ertragstafel von SCHÖBER (I.0, st. Df.) im Zuge der Vornutzung in diesem Zeitraum entnommen worden wäre.

Im Zeitraum zwischen 1992 und 1995 lag der Volumenzuwachs bei Werten zwischen 12,5 und 16,5 Vfm<sub>D</sub>/ha. Bedingt durch die sehr starken Eingriffe und die damit verbundene Dichteabsenkung und physiologische Umstellung auf den Parzellen 2, 3 und 4 hatte die 1992 nur schwach durchforstete Parzelle 1 in diesem Zeitraum den höchsten Zuwachs. In der Periode 1995 bis 2000 ist der Zuwachs auf allen Parzellen angestiegen und liegt mit Werten zwischen 16,2 und 18,7 Vfm<sub>D</sub>/ha um 36 bzw. 57 % über den entsprechenden Ertragstafelwerten. Zwischen 2000 und 2004 ist der Volumenzuwachs auf allen Parzellen gesunken. Der Grundflächenzuwachs auf

**Tab. 1: Zahlenmäßige Charakterisierung der Versuchsfläche Arnstein 638 sowie Darstellung wichtiger ertragskundlicher Beobachtungsergebnisse**

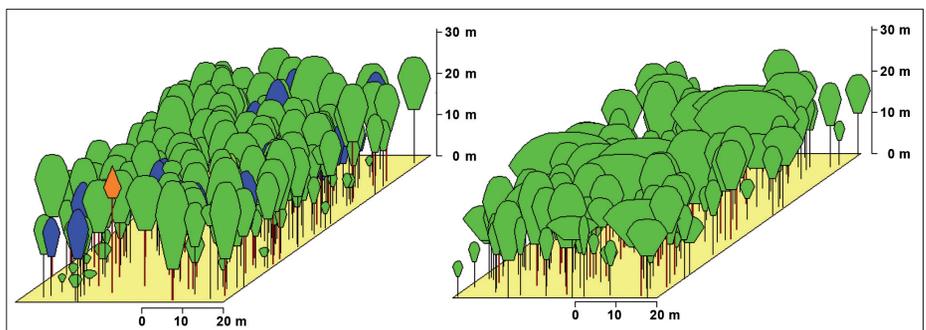
	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3	Parzelle 4
Alter bei Anlage 1992 (Jahre)	52	56	54	54
Aufnahmejahre (F: Frühjahr, H: Herbst)	1992 F, 1995 F, 1999 H, 2004 H	1992 F, 1995 F, 1999 H, 2004 H	1992 F, 1995 F, 1999 H, 2004 H	1992 F, 1995 F, 1999 H, 2004 H
Behandlung	A-Grad	stark	sehr stark	mäßig
Z-Bäume/ha (Auswahl 1992) (*: nicht aktiv gefördert)	56*	60	48	100
A-Wert zur Förderung der Z-Bäume	---*	4,0	3,0	5,0
Oberhöhe Buche 1992 (m)	23,3	22,3	21,8	21,5
Oberhöhe Buche 2004 (m)	28,7	27,7	25,9	25,6
Grundfläche Buche 1992, verbleibender Bestand (m <sup>2</sup> )	20,91	18,42	19,44	18,79
Grundfläche Buche 2004, verbleibender Bestand (m <sup>2</sup> )	27,17	17,63	15,12	18,48
Vorrat Buche 1992, verbl. Bestand vor Durchforstung (VfmD m.R.)	275	314	291	259
Vorrat Buche 2004, verbl. Bestand vor Durchforstung (VfmD m.R.)	429	267	190	232
Ausscheidender Vorrat zw. 1992 und einschl. 2004 (VfmD/ ha)	68	262	293	204
Mittlerer Brusthöhendurchmesser der Z-Bäume im Jahr 2004 (cm)	33,8	39	40,5	33,3
Mittlerer Durchmesserzuwachs der Z-Bäume von 1992 bis 2004 (cm)	8	11,2	12,5	9,3

**Abb. 3: Jahrringbau von fünf vorherrschenden Buchen aus den Parzellen 2 (starke Durchforstung) und 3 (sehr starke Durchforstung) der Versuchsfläche Arnstein 638. Deutlich zu erkennen ist der Rückgang der Jahrringbreiten der Buchen nach den Trockenjahren 1976 und 2003 sowie die Wachstumsreaktion der Buchen auf die Durchforstungen nach der Versuchsanlage im Jahr 1992.**



den vier Parzellen betrug von 1992 bis 1995 einheitlich bei 0,8 m<sup>2</sup>/ha+J. In der Periode 1995 bis 2000 stieg der Grundflächenzuwachs mit zunehmender Durchforstungsstärke von 0,9 m<sup>2</sup>/ha+J auf Parzelle 1 auf bis zu 1,26 m<sup>2</sup>/ha+J auf Parzelle 3 als Reaktion der verbleibenden Buchen auf

den vergrößerten Standraum an. In der Beobachtungsperiode zwischen 2000 und 2004 sank der Zuwachs auf allen Parzellen leicht gegenüber den Werten der vorherigen Beobachtungsperiode ab, wobei eine Jahrringanalyse an fünf im Jahr 2004 auf den Parzellen 2 und 3 entnommenen Bu-



**Abb. 4: Bestandesstruktur 2005 auf den Parzellen Arnstein 638/1 (links) und 638/3 (rechts) mithilfe des Wachstumsmodells SILVA. Zu erkennen sind die deutlich größeren Kronen der Z-Bäume auf der sehr stark durchforsteten Parzelle 3 (rechts) im Vergleich zu den Kronen aller Bäume der undurchforsteten Parzelle (links).**

chen auf die Zuwachsmindernde Wirkung des Trockenjahres 2003 zurück schließen lässt (Abb. 1). Zu diesen aus der Oberschicht des Bestandes entnommenen Durchforstungsbäumen ist anzumerken, dass sie trotz relativ großer Dimensionen (Bhd zwischen 35,9 und 46,2 cm bei Baumaltern zwischen 67 und 69 Jahren) allesamt weder an der Erdstammsschnittfläche noch an der Zopfschnittquersfläche einen fakultativen Farbkern aufwiesen.

Betrachtet man die Durchmesserentwicklung der geförderten Z-Stämme, so liegen die Brusthöhendurchmesser im Jahr 1992 zwischen 25,8 und 29,3 cm. 13 Jahre später lagen die entsprechenden Werte zwischen 33,5 und 40,5 cm. Im Zeitraum 1992 bis 1995 betrug der durchschnittliche jährliche Durchmesserzuwachs der Z-Bäume 0,6 bis 0,8 cm in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke. Der durchschnittliche jährliche Durchmesserzuwachs der Z-Stämme betrug auf Parzelle 1 (schwache Durchforstung) zwischen 1995 und 2000 ca. 0,7 cm/ Jahr. Auf den durchforsteten Parzellen 2, 3 und 4 stieg der durchschnittliche Durchmesserzuwachs auf Werte zwischen 0,8 und 1,1 cm/J parallel zur Durchforstungsstärke. Im Zeitraum 2000 bis 2004 betrug der durchschnittliche jährliche Durchmesserzuwachs der Z-Stämme auf Parzelle 1 0,6 cm/J und auf den durchforsteten Parzellen 2 bis 4 zwischen 0,7 und 1,0 cm/J und damit um 10 bis 15% weniger als in der Periode 1995 bis 2000. Über den Beobachtungszeitraum leisteten damit die Z-Bäume auf Parzelle 3 (sehr starke Durchforstung) zwischen 1992 und 2000 einen um 2,5 cm größeren Durchmesserzuwachs bzw. zwischen 2000 und 2004 nochmals einen um 2 cm größeren Durchmesserzuwachs als die nicht mehr aktive geförderten Z-Bäume im Mittel auf Parzelle 1.

## SILVA-Prognose

Zur Prognose der weiteren Entwicklung der Z-Bäume wurden die Aufnahmedaten des Frühjahrs 2004 in das Wachstumsmodell SILVA [7] eingesteuert (Abb. 4). Zu Prognosezwecken wurde versucht Durchforstungseinstellungen zu wählen, über die die Z-Bäume weiterhin konsequent umlichtet bleiben, ohne weiterhin sehr stark in die herrschende Bestandesschicht einzugreifen. Nach einem Prognosezeitraum von 30 Jahren wiesen bei der Einstellung bestmöglicher Standortbedingungen die Z-Bäume der Parzelle 1 einen mittleren Brusthöhendurchmesser von 63,2 cm auf. Die mittleren Brusthöhendurchmesser der Z-Bäume lagen hingegen auf Parzelle 2 mit 76,2 cm, auf Parzelle 3 mit 84,6 cm und

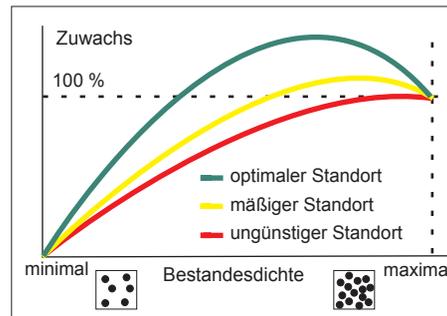


Abb. 5: Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Bestandesdichte und Zuwachs in Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen.

auf Parzelle 4 mit 74,8 cm deutlich über den Werten der Parzelle 1.

## Einordnung der Ergebnisse

Es beeindruckt die ausgesprochen große Reaktionsfähigkeit entsprechend veranlagter Bestandesindividuen bei frühzeitiger starker Förderung auf diesen leistungsfähigen Standorten. Danach ist es möglich, durch frühzeitige gezielt fördernde Eingriffe das Durchmesserwachstum von Z-Bäumen deutlich anzuregen und in stark verkürzten Produktionszeiträumen dicke Buchen zu erziehen. Diese Ergebnisse unterstützen den von neueren Waldbaukonzepten [1, 9] eingeschlagenen Weg.

Je günstiger der Standort, desto ausgeprägter ist die Fähigkeit der Buche, auch starke Entnahmen durch Mehrzuwachs zu kompensieren bzw. überzukompensieren [8]. Zwischen der Bestandesdichte und dem Zuwachs besteht auf optimalen und mäßigen Standorten eine Optimumsbeziehung, d.h. auf Dichteabsenkungen reagiert der Bestand zunächst mit Mehrzuwachs, bei fortschreitender Dichteabsenkung mit Zuwachsverlusten (Abb. 5). Die Versuchsfläche Arnstein 638 repräsentiert optimale Standortbedingungen, d.h. bestmögliche Reaktionsfähigkeit auf Dichteabsenkungen. Auf solchen Standorten können die nach Durchforstung verbleibenden Bäume den Zuwachsentgang durch die Entnahmen überkompensieren. Während zuvor ein gegebener Bestandeszuwachs auf viele Bäume verteilt wird, wird nach der Durchforstung ein noch höherer Bestandeszuwachs auf eine geringere Anzahl von Bäumen verteilt, sodass die verbleibenden Bäume überproportional im Wachstum beschleunigt werden. Eine solche wünschenswerte Reaktion ist allerdings nur dann möglich, wenn das Baumwachstum im Wesentlichen durch Licht, aber nicht durch Wasser oder Nährstoffe limitiert wird. Denn nur dann können die freigestellten, verbleibenden

Bäume das erhöhte Strahlungsangebot auch wirklich nutzen und in Kronenverbreiterung und Dickenwachstum umsetzen. Mäßige oder gar ungünstige Standorte, wie z.B. auf der Versuchsfläche Rothenbuch 640 oder Ebrach 640, repräsentierten die gelbe bzw. rote Linie in Abb. 5. Sie reagieren auf vergleichbare Eingriffe weniger positiv im Zuwachs von Bestand und Einzelbaum, denn dort limitiert nicht das Licht, sondern Nährstoffversorgung, Wasserangebot oder Temperatur das Wachstum. Arnstein repräsentiert also hinsichtlich der Reaktion eine obere Grenzlinie, die keinesfalls verallgemeinert werden darf, wenngleich sie immer wieder für ein breites Standortspektrum herbeigewünscht wurde [9]. In der forstlichen Praxis sind die Kenntnisse zu den Zusammenhängen zwischen Standort, Wachstum und Produktivität von Waldbäumen häufig unvollständig. Neuere Forschungsarbeiten verringern diese Wissensdefizite und zeigen mögliche Handlungsspielräume auf [4].

Ob die frühzeitige Dimensionierungsstrategie dazu führt, dass in einem vorgesehenen Erntealter von 100 Jahren die Bäume keine fakultativen Kerne aufweisen, kann zum derzeitigen Beobachtungszeitpunkt am konkreten Objekt noch nicht beantwortet werden. Ergebnisse aus anderen Forschungsarbeiten [3, 10] leiden häufig darunter, dass sie nicht auf Daten aus „Feldexperimenten“ zurückgreifen. Auch für die Versuchsfläche Arnstein 638 ist eine längerfristige Beobachtung notwendig, denn nur langfristige Beobachtungen forstlicher Versuchsflächen erbringen gesicherte waldwachstumskundliche Erkenntnisse, die die Grundlage für nachhaltigkeitsorientierte, forstbetriebliche Entscheidungen darstellen.

## Literaturhinweise:

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 2000: Pflege und Verjüngung der Buche. Unveröffentlichte Verwaltungsrichtlinie, 28 S. [2] JOHANN, K., 1982: Der „A-Wert“ – ein objektiver Parameter zur Bestimmung der Freistellungsstärke von Zentralbäumen. Deutscher Verband der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 1982, DVFFA, S. 146-158. [3] KLÄDTKE, J., 2002: Wachstum großkroniger Buchen und waldbauliche Konsequenzen. Forstarchiv 73 (2002). S. 211-217. [4] KLEMMT, H.-J., 2007: Standortabhängige Ableitung der Höhenwachstumsleistung aus Forstinventurdaten mithilfe von Data-Mining-Methoden. Dissertation am Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. 167 S. (eingereicht). [5] KNOKE, Th.; SCHULZ-WENDEROTH, S., 2003: Ein Ansatz zur Beschreibung von Wahrscheinlichkeit und Ausmaß der Farbkernbildung bei Buche (*Fagus sylvatica*). Forstwiss. Cbl. 120 (2003). S. 154-172. [6] PRETZSCH, H., 2005: Buchenwachstum im Rein- und Mischbestand. Vortrag anlässlich des 2. Waldbesitzertages am 06.10.2005 in Freising-Weihenstephan. [http://www.lwf.uni-muenchen.de/waldbesitzertag-online/download/buchenwachstum\\_im\\_rein-\\_und\\_mischbestand\\_hans\\_pretsch.pdf](http://www.lwf.uni-muenchen.de/waldbesitzertag-online/download/buchenwachstum_im_rein-_und_mischbestand_hans_pretsch.pdf). [7] PRETZSCH, H.; BIBER, P.; DURSKY, J., 2002: The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. Forest Ecology and Management. 162: 3-21. [8] PRETZSCH, H., 2004: Gesetzmäßigkeiten zwischen Bestandesdichte und Zuwachs. Lösungsansatz am Beispiel von Reinbeständen aus Fichte (*Picea abies*) und Buche (*Fagus sylvatica*). Allgemeine Forst- und Jagdzeitung. 175. Jg., Heft 12, S. 225-234. [9] WILHELM, G. J.; LETTER, H.-A.; EDER, W., 1999: Konzeption einer naturnahen Erzeugung von starkem Wertholz. AFZ-Der Wald. 54. S. 232-240. [10] ZINGG, A.; ZANG, B., 1997: Wachstum und Stammqualität in reinen und gemischten Buchenbeständen. In: Kenk, G. (Hrsg.): Deutscher Verband der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalten. Sektion Ertragskunde. Jahrestagung 1997. Grünberg, 12.-14. Mai 1997, Freiburg, DVFFA, S. 152-164.