

# Methodische Überlegungen zur Ableitung von Z-Baum-Zahlen in Plenterwäldern

Aus dem Institut für Waldwachstum der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.

(Mit 13 Abbildungen und 1 Tabelle)

P. WEINER<sup>✉</sup>, H. SPIECKER und P. DUNCKER

(Angenommen Monat 2010)

## SCHLAGWÖRTER – KEY WORDS

*Plenterwald; Z-Baumzahl; Wertästung; Durchmesserwachstum.  
Single tree selection forest; future crop tree number; pruning.*

## 1. EINLEITUNG

Die angespannte wirtschaftliche Lage der Forstbetriebe erfordert den effizienten Einsatz begrenzt verfügbarer Produktionsmittel. Das wirtschaftliche Ergebnis lässt sich durch die Konzentration wertsteigernder Pflegemaßnahmen auf die Zukunftsbäume (Z-Bäume) verbessern (ABETZ, 1980; RÖHRIG et al., 2006). Diese Z-Bäume bieten aufgrund ihrer Vitalität, qualitativen Veranlagung sowie ihrer Verteilung im Bestand die besten Voraussetzungen, die gesetzten Produktionsziele zu erreichen.

Für die wichtigsten Waldentwicklungstypen stehen Richtwerte über die Anzahl an Z-Bäumen je Hektar in schlagweise bewirtschafteten Hochwäldern zur Verfügung (z.B. KLÄDTKE, 1992; MLR, 1999). Für Plenterwälder ist dies hingegen nicht der Fall.

Dabei ist in Mitteleuropa während der letzten beiden Jahrzehnte ein verstärktes Interesse an stufigen, dauerwaldartigen Waldstrukturen zu verzeichnen (DUC, 2000; SCHÜTZ, 2001; v. TEUFFEL et al., 2005). Eine besondere Form des Dauerwaldes ist der Plenterwald, der durch das Nebeneinander von Bäumen aller Dimensionen auf kleinstmöglichem Raum gekennzeichnet ist. Zwar nehmen Plenterwälder und plenterwaldartige Bestände deutschlandweit nur 2,2%, in Baden-Württemberg 3,5% der Waldfläche ein, lokal sind die Anteile jedoch deutlich höher und liegen beispielsweise im Schwarzwald immerhin bei 8% (BMVEL, 2006; KLÄDTKE und YUE, 2003). Für die Schweiz gibt SCHÜTZ (2001) ebenfalls 8%, für Österreich 2% Waldflächenanteil an, wobei auch hier der Anteil in bestimmten Regionen weit darüber liegt. Es ist zu erwarten, dass im Zuge von Waldumbau- und Überführungsmaßnahmen Plenterwälder und plenterwaldartige Bestände weiter an Bedeutung gewinnen werden.

Die Plenterwälder faszinieren durch ihre Fähigkeit, auf kleiner Fläche einen kontinuierlichen Ertrag an Zielsortimenten zu erzeugen. Man findet sie daher in kleinen und mittelgroßen Bauernwäldern besonders häufig. Soll in diesen Wäldern wertvolles, d.h. dimensionsstarkes und astreines Holz produziert werden, dann müssen Bäume geästet (DUC, 2000) und ihr Wachstum im Rahmen der im Plenterwald gegebenen Möglichkeiten gefördert werden. Oft werden jedoch mehr Bäume geästet, als für die Wertholzproduktion tatsächlich benötigt werden. In der vorliegenden Arbeit wird daher der Frage nachgegangen, wie die Anzahl der Z-Bäume für Plenterwälder hergeleitet werden kann, und in wie weit diese Anzahl von den Parametern Zieldurchmesser, Bestandesvorrat und Bonität beeinflusst wird. Des Weiteren stellt sich die Frage, wie sich die Anzahl Z-Bäume auf die verschiedenen Durchmesserstufen verteilt, und wie viele im Laufe der Zeit neu auszuwählen sind.

Im schlagweisen Hochwald kann die Z-Baumzahl je Hektar über Division der Hektarfläche durch die Zielstandfläche eines Z-Bau-

mes hergeleitet werden (ABETZ, 1980; RÖHRIG et al., 2006). Dies bedeutet, dass grundsätzlich ab dem Zeitpunkt der Auswahl sich die Z-Baumzahl nicht mehr verändert. Eine Ausnahme würde das kontrovers diskutierte Vorhalten von Reservebäumen in jüngeren Altersklassen bilden (siehe RÖHRIG et al., 2006). Im Plenterwald hingegen sind Bäume verschiedener Durchmesserstufen in unmittelbarer Nachbarschaft zu finden, dies gilt auch für die Auslesebäume. Eine Herleitung über die Zielstandfläche ist schon deshalb nicht möglich, da im Plenterwald nicht die gesamte Hektarfläche für Auslesebäume mit Zieldurchmesser zur Verfügung steht und zudem die Fläche grundsätzlich, vorrats- und zieldurchmesserabhängig, durch Z-Bäume auch mehrfach „überschirmt“ sein kann.

Soll im Plenterwald dauerhaft eine bestimmte Anzahl Bäume mit Zieldurchmesser geerntet werden, muss zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustandes pro Zeiteinheit die gleiche Anzahl in diese Ziel- bzw. End-Durchmesserstufe einwachsen. Diese Voraussetzung setzt sich nach unten über die Durchmesserstufen fort, in denen zusätzlich zur Nutzung und Auswuchs die Mortalität durch Einwuchs auszugleichen ist.

Für die Herleitung der Z-Baumzahl in den einzelnen Durchmesserstufen muss die mittlere Verweildauer in der jeweiligen Stufe berücksichtigt werden. Diese Dauer ist unmittelbar vom Durchmesserzuwachs und somit von der Konkurrenz abhängig. Die Konkurrenzwirkung auf den einzelnen Baum ist umso geringer, je dominanter dessen soziale Stellung im Bestand ausgebildet ist. Entsprechend steigt daher im Plenterwald der mittlere jährliche Durchmesserzuwachs mit zunehmendem Durchmesser in 1,3 m Höhe (Brusthöhendurchmesser – BHD), (SPIECKER, 1986). Zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtszustandes müssen also umso mehr Bäume in einer Durchmesserstufe vorhanden sein, je geringer das Stufenmittel ist. Dies gilt auch für die jeweilige Anzahl an geästeten Auslesebäumen, weshalb die Z-Baumzahl in Plenterwäldern nicht nach den für schlagweise Hochwälder entwickelten Methoden bestimmt werden kann.

## 2. MATERIAL UND METHODEN

### 2.1 Materialien

Die der Untersuchung zugrunde liegenden Daten stammen vom Fichten-Tannen-Plenterwaldversuch 15 der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abteilung Waldwachstum. Die Versuchsanlage umfasst die beiden Felder 15/1 und 15/2 im Forstbezirk Oberwolfach, Kreisforstamt Offenburg im Mittleren Schwarzwald. Ein Überblick hinsichtlich Lage, Klima und Standort ist bei SPIECKER (1986) zu finden. Diese Versuchsfeldfläche wurde für die Untersuchung herangezogen, da sie unter den sieben verfügbaren FVA-Plenterwaldversuchen dem Plentergleichgewicht am nächsten ist und sich durch einen geringen Buchenanteil auszeichnet. Zusätzlich eignet sie sich aufgrund der großen Unterschiede hinsichtlich der Vorratshaltung und den angestrebten Zieldimensionen zwischen beiden Felder für diese Untersuchung besonders gut. Da bei den übrigen Versuchsfeldern dieses Gleichgewicht nicht vorhanden ist und zum Teil hohe Buchenanteile zu verzeichnen sind, wurde auf die Einbeziehung weiterer Versuchs-

✉) E-Mail: philipp.weiner@web.de

flächendaten bewusst verzichtet. Dies erfolgte im Wissen, dass die Felder die unabhängigen Beobachtungen sind und die Anzahl der Freiheitsgrade damit gering ist.

Das Feld 15/2 wird seit 1903, das Feld 15/3 seit 1950 beobachtet. Seit 1950 wird im vorratsärmeren Feld 15/2 „Bauholz“ (Zieldurchmesser 40–50 cm), im vorratsreicheren Feld 15/3 „Starkholz“ (Zieldurchmesser 70–80 cm) als Produktionsziel angestrebt. Nach Spiecker (1986) erfolgte die Umsetzung dieser Ziele langsam und nicht immer konsequent.

LENK und KENK (2007) beschreiben das Feld 15/2 als annähernd im Plentergleichgewicht. Dennoch sind die Schwankungen in der Baumzahl je Durchmesserstufe, wie auch in Feld 15/3 über die Beobachtungsdauer beträchtlich (Abb. 1, Abb. 2). Zu beachten ist die Erfassungsgrenze; erst Bäume ab einem BHD von 6 cm wurden aufgenommen. Als Durchmesserstufen ergeben sich bei der folgenden Untersuchung Stufe 8 (6–9 cm BHD), 15 (10–19 cm BHD),

usw. und Stufe 85, in der sämtliche Bäume mit einem BHD über 79 cm zusammengefasst werden.

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Herleitung der Z-Baum Anzahl

Die folgenden methodischen Überlegungen beziehen sich auf Fichten und Tannen, die als Z-Bäume ausgewählt werden. Die Buche wird hier vernachlässigt, da sie im Plenterwald zu plagiotropen Wachstum neigt und deshalb zur Wertholzproduktion ungeeignet erscheint (SCHÜTZ und BARNOLA, 1996). Um eine stetige, periodisch gleich bleibende Ernte von Z-Bäumen mit der gewünschten Zieldimension zu gewährleisten, muss ein entsprechender „Fluss“, bestehend aus Aus- bzw. Einwuchs, über die Durchmesserstufen hinweg aufrechterhalten werden. Die Größe dieses „Flusses“ wird letztlich durch die periodische Entnahme einer konstanten Anzahl an Z-Bäumen im Zieldurchmesserbereich bestimmt. Seine Geschwindigkeit ergibt sich aus dem Durchmesserzuwachs der

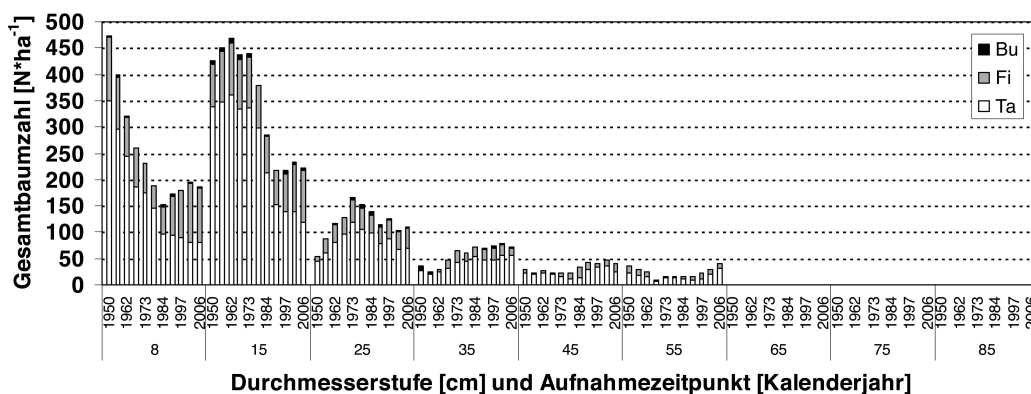


Abb. 1

#### Baumzahl je Durchmesserstufe und Aufnahmezeitpunkt<sup>1)</sup> (vor Eingriff), Feld 15/2, Bauholzziel.

Auf dieser Fläche mit sog. Bauholzziel sollen die Bäume nicht dicker als 50 cm werden.

Die Schwankungen der Baumzahl wie auch die Anzahl der Bäume in Stufe 55 verdeutlichen eine gewisse Abweichung gegenüber der Zielsetzung.

<sup>1)</sup> Nur jedes zweite Aufnahmejahr beschriftet!

#### Tree number per diameter-class and inventory date at each time before tending measure, research plot 15/2.

So-called construction wood with target diameter of 50 cm BHD. The fluctuations of the tree number, as well as the number of trees in the diameter class 55 shows the deviation from the target.

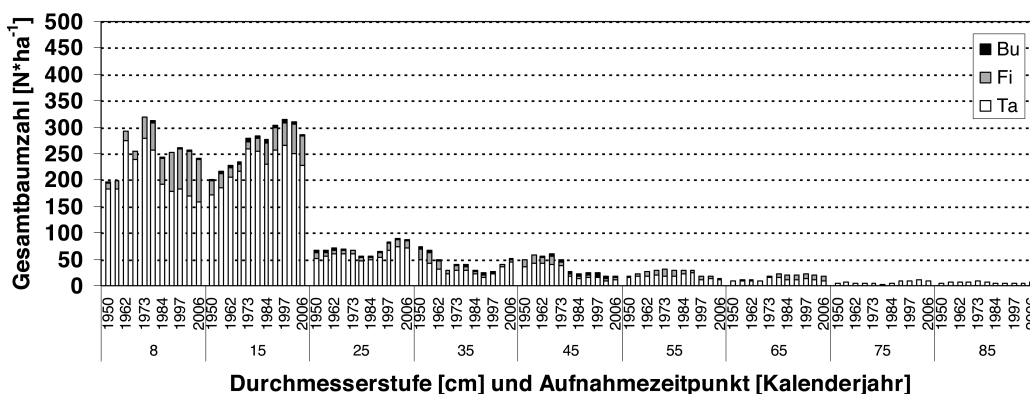


Abb. 2

#### Baumzahl je Durchmesserstufe und Aufnahmezeitpunkt<sup>2)</sup> (vor Eingriff), Feld 15/3, Starkholzziel.

Auf der Fläche mit Starkholzziel sollen die Bäume einen Zieldurchmesser von 70–80 cm erreichen.

Auch hier schwankt die Baumzahl und einige Bäume werden überstark.

<sup>2)</sup> Nur jedes zweite Aufnahmejahr beschriftet!

#### Tree number per diameter-class and inventory date at each time before tending measure, research plot 15/3.

On this research plot the target diameter is 70–80 cm BHD.

Here as well, the tree number fluctuates and some trees are oversized.

Z-Bäume in den einzelnen Durchmesserstufen. Die periodisch mögliche Entnahme an Z-Bäumen im Zieldurchmesserbereich wird wiederum durch die Baumzahl im Zieldurchmesserbereich und die Wachstumsgeschwindigkeit vor Erreichen des Zieldurchmesserbereichs vorgegeben. Der Durchmesserzuwachs und damit die Durchlaufzeit sind vor allem durch die Höhe des Bestandesvorrats beeinflusst (SPIECKER, 1986).

Die Herleitung der Z-Baum-Anzahl je Hektar ( $N_{ZB}$ ) kann also über die notwendige, durchmesserzuwachsabhängige Anzahl Z-Bäume in den verschiedenen Durchmesserstufen ( $N_{ZBd1,3(KI)}$ ) erfolgen, deren Summe sie ist. Dabei wird die Durchmesserstufe 15 ( $d_{1,3(15)}$ ) als Untergrenze angesehen, in der die Z-Bäume ausgewählt werden. Dies erfolgt in Anlehnung an DUC (2000), der aufgrund eingehender Untersuchungen des Jungwuchses in Schweizer Plenterwäldern die Ästung im BHD-Bereich von 10–12 cm empfiehlt. Damit soll die Aststärke 2 cm nicht übersteigen und ein 8–10 m langer, astfreier Schaftabschnitt beim Einwuchs in das Schwachholz (bei DUC: 17,5–32,4 cm BHD) vorhanden sein.

Die Anzahl der Z-Bäume in einer Durchmesserstufe je Hektar wird wie folgt berechnet (Formel 1):

$$N_{ZB,d1,3(KI)} * ha^{-1} = \frac{d_{1,3(KI)}}{id_{d1,3(KI)}} \times Nn_{ZB,d1,3(Ziel)} * a^{-1} * ha^{-1} \quad (\text{Formel 1})$$

Dabei sind:

$N_{ZB,d1,3(KI)}$  die Anzahl der Z-Bäume einer Durchmesserstufe je Hektar

$d_{1,3(KI)}$  die Breite der jeweiligen Durchmesserstufe in Zentimeter

$id_{d1,3(KI)}$  der mittlere jährliche Durchmesserzuwachs der Z-Bäume der Durchmesserstufe in Zentimeter

$\frac{d_{1,3(KI)}}{id_{d1,3(KI)}}$  Durchlaufzeit, die Zeit in Jahren, die ein Z-Baum im Durchschnitt zum Durchwachsen der jeweiligen Durchmesserstufe benötigt.

$Nn_{ZB,d1,3(Ziel)}$  die durchschnittliche Anzahl der je Hektar jährlich nutzbaren Z-Bäume mit Zieldurchmesser.

Die Anzahl der jährlich nutzbaren Z-Bäume wurde getrennt für Fichte und Tanne mit Formel 2 hergeleitet:

$$N_{ZB,d1,3(Ziel)} * a^{-1} * ha^{-1} = \frac{\sum N_{ZB,d1,3(Ziel)}}{\frac{d_{1,3(Ziel)}}{id_{d1,3(Ziel)}}} \quad (\text{Formel 2})$$

Dabei sind:

$\sum N_{ZB,d1,3(Ziel)}$  die Summe der Z-Bäume je Hektar im Zieldurchmesserbereich, ermittelt aus der mittleren Baumzahlkurve von 1950–2006, bzw. aus den modellierten Baumzahlkurven

$\frac{d_{1,3(Ziel)}}{id_{d1,3(Ziel)}}$  Durchlaufzeit, die Zeit in Jahren, die ein Z-Baum im Durchschnitt zum Durchwachsen der Durchmesserstufe des Zieldurchmessers benötigt.

$Nn_{ZB,d1,3(Ziel)}$  Durchschnittliche Anzahl der je Hektar jährlich nutzbaren Z-Bäume mit Zieldurchmesser.

### 2.2.2 Berechnung des Durchmesserzuwachses der Z-Bäume

Es wird unterstellt, dass bei der Auswahl der Z-Bäume besonders vitale Individuen bevorzugt werden. Dies führt zusammen mit der gezielten Förderung ihres Wachstums dazu, dass innerhalb einer Durchmesserstufe die Z-Bäume einen höheren Durchmesserzuwachs aufweisen als andere Bäume (ABETZ, 1995). Auch im Plenterwald gibt es Individuen, die von Beginn an in Lücken unter geringer Konkurrenz aufwachsen. Diese und besonders vitale Indi-

viduen werden selbst in der untersten Durchmesserstufe 8 einen überdurchschnittlichen Durchmesserzuwachs aufweisen. Die auch im Plenterwald mit Einschränkungen mögliche Förderung sollten die Bäume jedoch erst ab dem Zeitpunkt der Ästung und damit der Auswahl als Z-Baum erhalten. Deshalb wird für das Wachstum der späteren Z-Bäume unter 10 cm BHD das Durchschnittswachstum angenommen.

Ausgehend von der Annahme, dass alle Bäume, die den Zieldurchmesser erreichen, mit Z-Bäumen gleichgesetzt werden können, wird bei den empirischen Untersuchungen dieses Baumkollektiv herausgegriffen. Der Zuwachs dieser Bäume, die seit Anlage der Versuchsfelder in den Zieldurchmesserbereich eingewachsen sind, wird über die Durchmesserstufen zurückverfolgt und der hypothetischen Durchmesserentwicklung eines Z-Baumes gleichgesetzt. Für die Baumart Fichte in Feld 15/3 musste Mangels vorhandener Beobachtungen der Durchmesserzuwachs für die oberen Durchmesserstufen 65 und 75 geschätzt werden. Dies erfolgte ausgehend vom Zuwachswert der Stufe 55 in Angleichung an den Verlauf des Durchmesserzuwachses der Baumart Tanne.

Aus den Durchmesserzuwachswerten jedes Baumes wurden für die entsprechenden Durchmesserstufen die arithmetischen Mittel gebildet. Getrennt nach Baumart und Kollektivzugehörigkeit wurde daraus wiederum der mittlere Durchmesserzuwachs für jede Durchmesserstufe als arithmetisches Mittel gebildet. Die resultierenden mittleren Durchmesserzuwachswerte bestätigen die Annahme, dass in die Enddurchmesserstufe einwachsende Bäume, durchweg höhere Zuwächse aufweisen als das Gesamtkollektiv (Abb. 3, Abb. 4).

### 2.2.3 Zusammenhang zwischen Vorrat, Zieldurchmesser und Z-Baum-Anzahl

Um die angenommene Abhängigkeit der Z-Baum-Anzahl je Hektar von Vorrat und Zieldurchmesser genauer zu untersuchen,

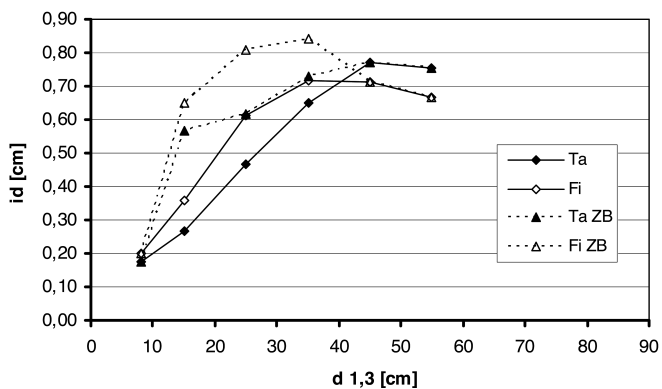


Abb. 3

### Durchmesserzuwachs über Brusthöhendurchmesser in Feld 15/2.

Der mittlere jährliche Durchmesserzuwachs (id) ist jeweils über der Mitte der Durchmesserstufe aufgetragen. Mit Zunahme des Durchmessers steigt der id des Gesamtkollektivs zunächst an.

Der id der Fichte liegt bis 40 cm BHD über dem der Tanne, danach darunter. Der id der Z-Bäume steigt von Durchmesserstufe 8 auf 15 stark an, und bewegt sich danach auf einem hohen Niveau, der id bei Fichte ZB geht ab 35 cm BHD zurück.

### Mean annual diameter increment vs. breast height diameter, research plot 15/2.

The mean annual diameter increment (id) is plotted over the middle of the diameter class. With increasing diameter the id of the total population increases when diameters are small. The id of Norway spruce exceeds the id of Silver fir up to a BHD of 40 cm, afterwards below. The id of future crop trees (ZB) increases rapidly from d-class 8 to d-class 15 and then remains at a high level. The id of future crop trees of Norway spruce decreases when trees are thicker than 35 cm.

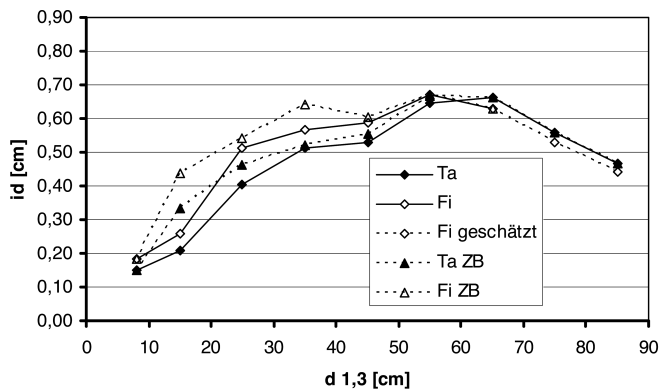


Abb. 4

#### Durchmesserzuwachs über Brusthöhendurchmesser in Feld 15/3.

Der mittlere jährliche id ist jeweils über der Mitte der Durchmesserstufe aufgetragen. Mit Zunahme des Durchmessers steigt der id des Gesamtkollektivs zunächst an. Der id der Fichte liegt bis 55 cm BHD über der Tanne, danach darunter.

Der id geht bei Fichte ab Durchmesserstufe 55, bei Tanne ab 65 leicht zurück. Der id der Z-Bäume weist eine geringere Abweichung vom Gesamtkollektiv auf, als bei Feld 15/2.

#### Mean annual diameter increment vs. breast height diameter, research plot 15/3.

The mean annual diameter increment (id) is plotted over the middle of the diameter class. With increasing diameter id increases as well. The id of Norway spruce exceeds at 55 cm BHD the id of Silver fir, afterwards it remains below. The id of Norway spruce decreases when diameter gets larger than 55 cm and the id of Silver fir decreases when diameter gets larger than 65 cm. The id of future crop trees (ZB) differs less from the total population than in plot 15/2.

werden auf der Datengrundlage der beiden Felder 15/2 und 15/3 jeweils vier verschiedene Zieldurchmesseroptionen modelliert. Die jeweils angestrebten Zieldurchmesserbereiche sind 40–50 bzw. 50–60 cm BHD als Bauholzziel, und 60–70 bzw. 70–80 cm BHD als Starkholzziel. Erneut unter der Annahme, dass alle Bäume der nun modellierten Zieldurchmesserbereiche Z-Bäume sind, wird auf Grundlage der mittleren Durchmesserzuwächse je Durchmesserklasse der Felder 15/2 und 15/3, die Anzahl der Bäume je Durchmesserstufe für unterschiedliche Zieldurchmesser berechnet. Die Berechnung erfolgt mithilfe des Softwarepakets PEP – Produktionszielorientierte Entscheidungshilfe für die Bewirtschaftung von Plenterwäldern (KLÄDTKE und YUE, 2003). Vorgegeben ist dabei der jeweilige mittlere Holzvorrat im Beobachtungszeitraum 1950–2006 der Felder 15/2 und 15/3. Das Programm PEP bietet verschiedene Vorgehensweisen zur Berechnung von Gleichgewichtskurven an, hier wurde die K4-Option verwendet. Dabei handelt es sich um eine Kombination der Gleichgewichtskurven, die mit den Verfahren nach MITSCHERLICH (1952), nach SCHÜTZ (2001), dem modifizierten Verfahren nach PRODAN (1949b) und dem Verfahren nach YUE et al. (1997) berechnet werden. Bei den Simulationen werden für die beiden beobachteten Vorratsniveaus jeweils vier unterschiedliche Vorratsverteilungen auf die Durchmesserstufen berechnet, welche aus den vier unterschiedlichen Zieldurchmesserbereichen resultieren. Damit ist die Baumzahl im jeweiligen Zieldurchmesserbereich bestimmt. Diese dividiert durch die entsprechende Durchlaufzeit (siehe Formel 1) ergibt den aufrechtzuerhaltenden „Fluss“ an Z-Bäumen durch die Durchmesserstufen. Nach Formel 2 errechnet sich weiter die Anzahl der jährlich nutzbaren bzw. neu auszuwählenden und zu astenden Z-Bäume.

Für die vorratsreichen Varianten wird das Mittel der beobachteten Durchmesserzuwächse der Z-Bäume von Feld 15/3, für die Varianten mit niedrigem Vorrat das Mittel der beobachteten Durch-

messerzuwächse der Z-Bäume von Feld 15/2 angenommen. Da aber nur von Feld 15/3 eine ausreichend große Zahl an Bäumen mit Durchmessern größer 60 cm BHD vorhanden waren, wurden deren Zuwächse für alle entsprechenden Varianten herangezogen. Zu beachten ist, dass sich der gleiche Bestandesvorrat bei verschiedenen Zieldurchmesserbereichen, entsprechend der jeweiligen Baumzahlkurven, unterschiedlich auf die einzelnen Durchmesserstufen aufteilt. So befinden sich beispielsweise bei einem Vorrat von 450 Vfm<sub>D,m,R</sub> je Hektar 49 Bäume in der Durchmesserstufe 45 wenn ein Zieldurchmesser von 40–50 cm BHD angestrebt wird, hingegen nur 25 Bäume bei einem angestrebten Zieldurchmesser von 70–80 cm BHD. Die Durchmesserzuwächse je Durchmesserstufe werden jedoch als dadurch unbeeinflusst angenommen.

Für die unterschiedlichen Vorrats- und Zieldurchmesseroptionen wird der Vornutzungsanteil berechnet. Definitionsgemäß ist der Vornutzungsanteil der Anteil der Gesamtwuchsleistung, der im Zuge von Durchforstungen entnommen wurde. Da im Plenterwald eine Unterscheidung zwischen Durchforstung und Endnutzung schwer möglich ist, wird der Vornutzungsanteil hier als der Anteil des jährlichen Zuwachses definiert, der nicht als hieb reife Z-Bäume anfällt. Sämtliche Berechnungen werden getrennt für die Baumarten Tanne und Fichte durchgeführt, die Darstellung erfolgt der Übersichtlichkeit wegen zusammenfassend.

#### 2.2.4 Bonität und Z-Baum-Anzahl

Die Durchmesserzuwächse sind nicht nur vom Bestandesvorrat und den angestrebten Zieldurchmessern beeinflusst, sondern auch von der Bonität. Unter sonst gleichen Bedingungen erhöht sich der Durchmesserzuwachs mit zunehmender Bonität (PRODAN (1944, 1949a), MITSCHERLICH (1952), v. GADOW (2003)). Folglich wird sich die Bonität auch auf die Z-Baum-Anzahl sowie die Anzahl jährlich neu auszuwählender und nutzbarer Z-Bäume je Hektar auswirken. Wie sehr sich die Bonität auswirkt wird erneut an den modellierten Gleichgewichtskurven für die mittlere Vorratshaltung von 310 bzw. 450 Vfm<sub>D,m,R</sub> je Hektar und den oben genannten Zieldurchmesserbereichen (jeweils 40–50, 50–60, 60–70, 70–80 cm BHD) untersucht.

Das bonitätsspezifische Durchmesserzuwachs-niveau wirkt sich unmittelbar auf die, der Berechnung der Z-Baum-Anzahl zugrundeliegende Durchlaufzeit aus. PRODAN (1949a) konstruierte für fünf unterschiedliche Bonitäten Durchmesserzuwachskurven für Tanne im Plenterwald. Bei diesen Bonitäten sinkt der laufende Gesamtzuwachs (IG<sub>Z</sub>), ausgehend von Bonität I mit 16 fm ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, wobei wohl Vfm<sub>D,m,R</sub> gemeint ist, mit jeder abnehmenden Bonitätsstufe um 2 fm ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ab. Die Bonität III entspricht mit 12 fm ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> in etwa den, in der Periode 1950–2006 beobachteten, mittleren Volumenzuwächsen auf der Versuchfläche 15. Daher konnten die daran oben hergeleiteten Durchmesserzuwächse der Z-Bäume als Referenz für Bonität III herangezogen werden. Für die übrigen Bonitäten wurde nach dem Verfahren von PRODAN die entsprechende prozentuale Veränderung des Durchmesserzuwachses berechnet. Dies erfolgte getrennt für die Durchmesserzuwächse von Feld 15/2 und Feld 15/3. Für die Fichte wird dabei hilfsweise angenommen, dass sich die bonitätsspezifischen Durchmesserzuwachs-niveaus gleich relativ verändern wie bei Tanne. Da für Feld 15/2 keine Zuwachswerte für Bäume größer 60 cm BHD vorhanden sind, wurden wiederum für Bäume ab 60 cm BHD die Durchmesserzuwächse aus Feld 15/3 herangezogen. Dies erscheint plausibel, da Bäume dieser Dimension, in dem untersuchten Vorratsbereich 310–450 Vfm<sub>D,m,R</sub>, weitgehend konkurrenzfrei erwachsen.

Die Bonität wirkt sich im Plenterwald neben dem Durchmesserzuwachs auch auf die Baumhöhe aus (PRODAN, 1944). Zumindest für starke Bäume darf angenommen werden, dass sie bei gegebenem BHD entsprechend der Bonität höher bzw. niedriger sind und somit veränderte Einzelbaumvolumina aufweisen. Dies ist bei der



Verteilung der vereinfachend konstant gehaltenen Bestandesvorräte auf die Durchmesserstufen zu berücksichtigen. Aufgrund der beobachteten Baumhöhen in Versuchsfläche 15 und deren Zuordnung zu Bonität III konnten die anzunehmenden Einzelbaumvolumina für andere Bonitäten über die Volumenwerte der Grundreihe 100 für den Ta/Fi-Plenterwald (MLR, 1993) ermittelt werden. Nun verändert sich bei gleichem Vorrat die Baumzahl einer Durchmesserstufe zwischen den Bonitäten umgekehrt proportional zu den prozentualen Unterschieden in den Einzelbaumvolumina. Dieser Ausgleich muss durchgeführt werden, da die Baumzahl der Zieldurchmesserstufe zur Herleitung der Anzahl jährlich nutzbarer Z-Bäume benötigt wird.

### 3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

#### 3.1 Z-Baum-Anzahl auf den Versuchsflächenfelder 15/2 und 15/3

Im Bauholzplenterwald (Feld 15/2) übersteigt die Anzahl der Z-Bäume mit rund 160 je Hektar jene 75 im Starkholzplenterwald (Feld 15/3) um mehr als das Doppelte (Abb. 5). Dies resultiert aus den mittleren Baumzahlen im Zieldurchmesserbereich, welche sich im Mittel der letzten 56 Jahre im Starkholzplenterwald ( $\geq 70$  cm BHD) bei 15 Bäume je Hektar, im Zieldurchmesserbereich des Bauholzplenterwaldes ( $\geq 40$  cm BHD) hingegen bei 45 Bäume je Hektar befanden. Daraus ergibt sich für den Bauholzplenterwald ein jährlicher Anfall von 2,5 Z-Bäumen gegenüber 0,5 nutzbaren Z-Bäumen je Hektar im Starkholzplenterwald. In der Folge wird ein höherer „Fluss“ durch die Durchmesserstufen benötigt. Um diesen höheren „Fluss“ aufrechtzuerhalten, werden in jeder Durchmesserstufe des Bauholzplenterwaldes, trotz des höheren Durchmesserzuwachses, mehr Z-Bäume benötigt als im Starkholzplenterwald.

Nicht nur der jährliche Anfall an Z-Bäumen ist im Bauholzplenterwald über viermal höher, auch deren Volumen anfall beträgt knapp 170% des Anfalls im Starkholzplenterwald. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass im Starkholzplenterwald alle ausscheidenden Bäume mit BHD  $< 70$  cm hier als Vornutzung verbucht wurden und daher die Z-Baumanzahl definitionsbedingt gering ausfällt. Würde der Zieldurchmesserbereich des Starkholz-

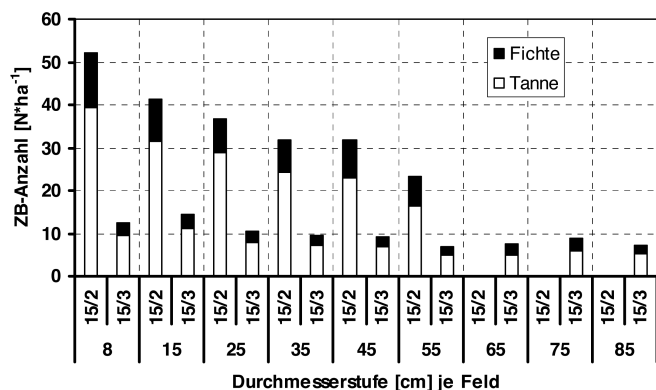


Abb. 5

#### Vergleich der ZB-Anzahl je Durchmesserstufe von Bauholzplenterwald 15/2 und Starkholzplenterwald 15/3.

Bäume in Durchmesserstufe 8 sind noch nicht als ZB ausgewählt, die Anzahl stellt nur die für ein kontinuierlichen ZB- Nachwuchs benötigte Mindestanzahl dar.

#### Comparison of the future crop tree numbers per diameter class of research plot 15/2 and 15/3.

Trees of diameter class 8 are not yet selected as future crop trees, the number indicates the needed minimum ingrowth to maintain a sustainable flux.

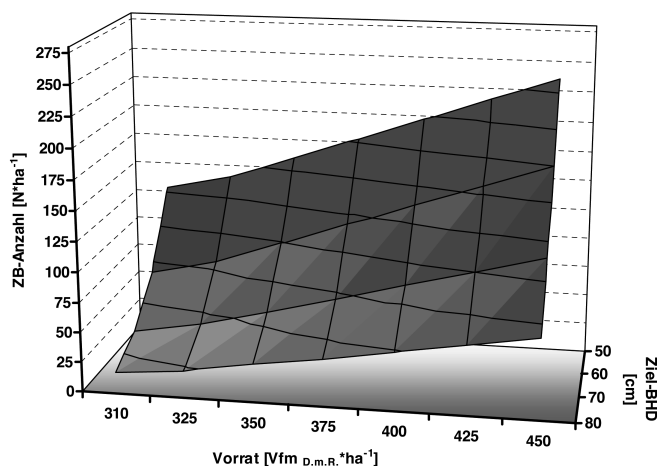


Abb. 6

#### Z-Baum-Anzahl (N\*ha⁻¹) in Abhängigkeit von Vorrat und Zieldurchmesser.

Bei geringem Zieldurchmesser nimmt die ZB-Anzahl mit Zunahme des Bestandesvorrates stärker zu, als bei hohen Zieldurchmessern. Bei hohem Bestandesvorrat nimmt die ZB-Anzahl mit Zunahme des Zieldurchmessers stärker ab als bei niedrigerem Bestandesvorrat.

#### Future crop tree number (N\*ha⁻¹) plotted against stand volume and target diameter.

At low target diameter the future crop tree number increases more with the stand volume as at higher target diameters. At high stand volume the future crop tree number decreases more with the target diameter as at low stand volume.

plenterwaldes auf alle Bäume  $> 50$  cm BHD ausgeweitet, änderte dies nichts an der anfallenden Sortimentsstruktur, aber der Z-Baum Anfall wäre rechnerisch erhöht. Zu einem echten qualitativen Unterschied kommt es hingegen erst dann, wenn die entsprechenden Z-Baumzahlen als geästete Ware anfallen.

#### 3.2 Modellierung des Zusammenhangs zwischen Vorrat, Zieldurchmesser und Z-Baum-Anzahl

Da der empirische Vergleich der beiden Felder 15/2 und 15/3 aufgrund zweier unterschiedlicher Einflussfaktoren, sowohl verschiedene Zieldurchmesser als auch Vorratshaltung, keine allgemeinen Schlüsse über den jeweiligen Vorteil zulässt, wurden acht unterschiedliche Zieldurchmesser- und Vorratsoptionen modelliert. Es zeigt sich, dass bei gegebenem Zieldurchmesser mit Erhöhung des Vorrates eine Zunahme der Z-Baumanzahl, bei gegebener Vorratshaltung mit Erhöhung des Zieldurchmessers hingegen eine Abnahme verbunden ist (Abb. 6).

Demnach ist der jährliche Anfall an Z-Bäumen sowohl nach Anzahl als auch nach Volumen in einem vorratsreichen Plenterwald mit niedrigem Zieldurchmesser am höchsten. Die Bewirtschaftung von Plenterwäldern mit niedrigem Zieldurchmesser und niedrigem Vorrat wird von SCHÜTZ (2001) als so genannte „aktive Plenterung“ beschrieben. Er konstatiert dabei eine geringfügig höhere Produktivität, die aus dem geringeren Zieldurchmesser und dem niedrigeren Vorrat resultiert. Über die Wirkung höherer Vorräte bei gleichem, niedrigem Zieldurchmesser findet sich jedoch keine Aussage. Mit dem Ziel, möglichst viel geästetes Holz zu produzieren, ist von allen Varianten jene mit Zieldurchmesser 50 cm und höherem Vorrat als am günstigsten zu beurteilen. Insgesamt liegt der Vornutzungsanteil bei niedrigen Zieldurchmessern niedriger.

Dem Vorteil eines höheren Anfalls an Z-Bäumen und gleichzeitig geringerem Vornutzungsanteil bei hoher Vorratshaltung stehen aber auch Nachteile entgegen. Die mittleren baumindividuellen

Produktionszeiten, zu denen sich die durchmesserstufenbezogenen Durchlaufzeiten aufsummieren, sind bei gleichem Zieldurchmesserbereich dort knapp 50 Jahre höher (Abb. 7) als in vorratsarmen Plenterwäldern. Da auch in Plenterwäldern Bäume bedingt durch Sturm, Schnee, Insekten, Pilze oder Trockenheit ausfallen (SPIECKER, 1986), vergrößert sich somit das hier nicht näher quantifizierte Ausfall- oder Entwertungsrisko eines Baumes. Zusätzlich ist das flächenbezogene Risiko eines Wertverlustes durch die insgesamt höhere Z-Baum Dichte nochmals erhöht. Dieses Ausfallrisiko sollte bei der Wahl der Vorratshaltung und des Zieldurchmesserbereiches berücksichtigt werden, nicht aber Anlass für eine präventive Mehrauswahl sein. Diese wird für den schlagweisen Hochwald von ABETZ (1989) und KLÄDTKE (1990) abgelehnt, da vorgehaltene Reserve Z-Bäume meist der gleichmäßigen räumlichen Verteilung

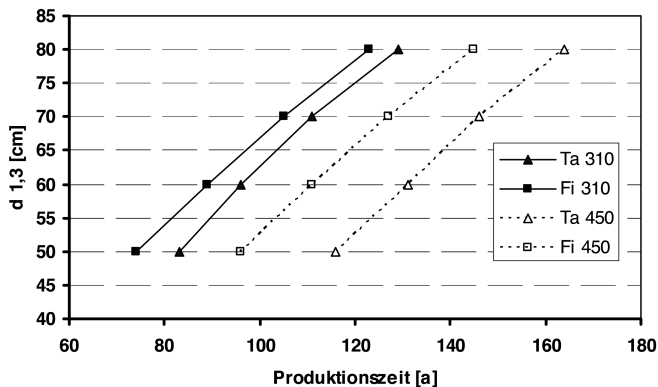


Abb. 7

**Mittlere Produktionszeiten der ZB zum Erreichen des jeweiligen Zieldurchmessers bei unterschiedlicher Vorratshaltung.**

Getrennt nach Baumart und Bestandesvorrat.  
Die Produktionszeit beginnt ab 6 cm BHD. Ta 310 = Tanne, Bestandesvorrat 310  $V_{fm_{D,m.R.}} \cdot ha^{-1}$ , usw.

**Mean production time of the future crop trees for reaching the target diameter at different growing stock level.**

Separated for species and stand volume.  
The production time starts at 6 cm BHD.  
Ta 310 = Silver fir, Stand volume 310  $m^3 \cdot ha^{-1}$ ,  
Fi 310 = Norway spruce, Stand volume 310  $m^3 \cdot ha^{-1}$  etc.

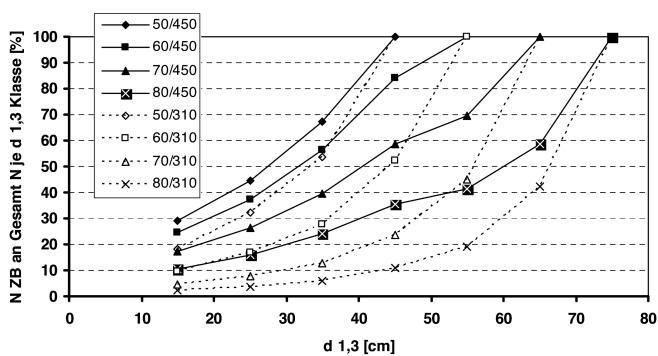


Abb. 8

**Prozentualer Anteil der ZB an der jeweiligen Gesamtbaumzahl je Durchmesserstufe bei unterschiedlicher Vorratshaltung.**

Aufgetragen über den Stufenmitten und getrennt für die unterschiedlichen modellierten Optionen.  
50/450 = Ziel BHD 50 cm, Vorrat 450  $V_{fm_{D,m.R.}} \cdot ha^{-1}$  usw.

**Percentual share of future crop trees on overall tree number per diameter class at different growing stock level.**

Plotted over the mid-point of the classes and separated for the different modelled options.  
50/450 = target diameter BHD 50 cm, stand volume 450  $m^3 \cdot ha^{-1}$  etc.

zuwider laufen. Diese Aussage wird für den schlagweisen Hochwald getroffen, obwohl dort nach Ausfall eines Z-Baumes bei fehlendem Ersatz eine Lücke, zumindest in qualitativer Hinsicht, für den Rest der Umtriebszeit bestehen bleibt. In einem Plenterwald sind jedoch die einzelnen Entwicklungsstadien räumlich durchmischelt. Fällt nun ein Z-Baum aus, so wird die freigewordene Z-Baumstelle vermutlich schnell von einem, den Auswahlkriterien entsprechenden jüngeren Baum übernommen werden können. Dabei scheint die Ersatzauswahl und Ästung eines Ersatzbaumes hinsichtlich seines Durchmessers umso länger möglich und sinnvoll, je höher der Zieldurchmesser angesetzt ist. Eine „präventive“ Ästung von Bäumen und damit Auswahl von Reserve Z-Bäumen, scheint daher im Plenterwald noch weniger sinnvoll als in einschichtigen und gleichaltrigen Beständen und stellt somit einen unnötigen ökonomischen Aufwand dar. Vielmehr sollte ein Baum erst dann als Ersatz eines Z-Baumes neu ausgewählt werden, wenn tatsächlich ein Z-Baum ausgefallen ist. Mit einer notwendig gewordenen Neuauswahl von Ersatz-Z-Bäumen ist dann allerdings die insgesamt zu ästende Anzahl von Z-Bäumen entsprechend zu erhöhen.

Ein weiterer Vorteil niedriger Vorratshaltung dürfte in der größeren Auswahlmöglichkeit bei der Festlegung der Z-Bäume bestehen.

Tab. 1

**Anzahl der bei zehnjähriger Eingriffswiederkehr zu ästenden Bäume je ha. Getrennt nach Baumart für zwei Vorrats- und vier Zieldurchmesseroptionen.**

**Number of trees to prune per hectare in a 10-year cycle. For each species separately, two volume and four target diameter options.**

Vorrat [ $V_{fm_{D,m.R.}} \cdot ha^{-1}$ ]	310				450			
Ziel-BHD [cm]	50	60	70	80	50	60	70	80
Fichte/Spruce [N]	6-8	2-4	1-2	1-2	6-8	4	2	1-2
Tanne/Fir [N]	14-16	6-8	2-4	1-2	20-24	12-14	6-8	4

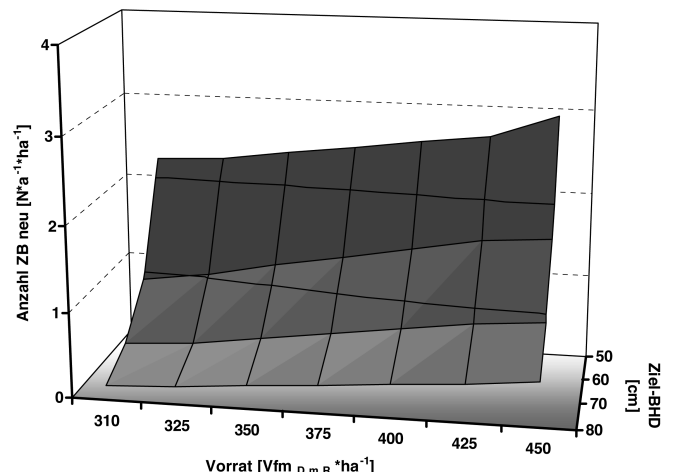


Abb. 9

**Anzahl der jährlich neu auszuwählenden, nutzbaren Z-Bäume/ha in Abhängigkeit des Zieldurchmessers und des Bestandesvorrates.**

Mit Zunahme des Zieldurchmessers nimmt die Anzahl je a/ha nutzbarer ZB stark ab. Mit Zunahme des Bestandesvolumens nimmt die nutzbare Anzahl leicht zu.

**Annual harvestable trees/trees to select in dependence of target diameter and stand volume.**

With increasing target diameter, the number of harvestable future crop trees decreases. With increasing stand volume the number of harvestable future crop trees increases slightly.

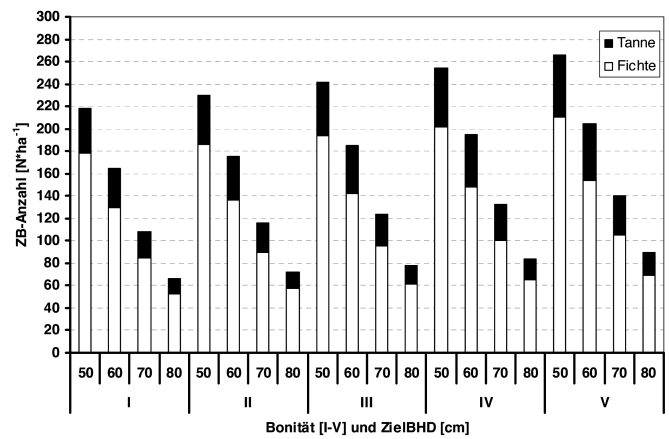
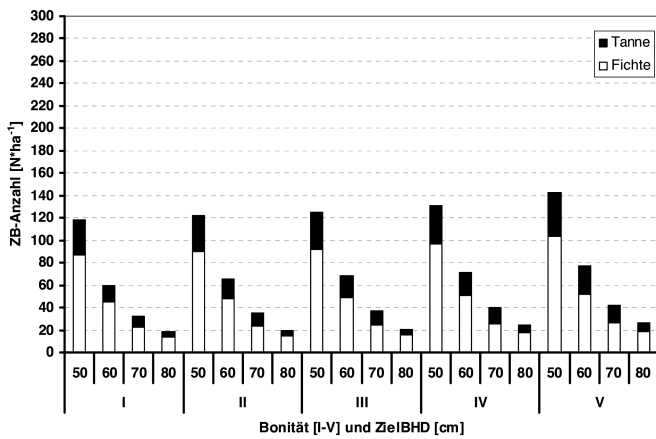


Abb. 10

**Z-Baum-Anzahl je Hektar getrennt nach Zieldurchmesseroption und gestaffelt nach Bonität für Bestandesvorrat 310 (links) bzw. 450 Vfm<sub>D,m,R</sub>\*ha<sup>-1</sup> (rechts).**

Mit schlechter werdendem Standort nimmt die ZB-Anzahl/ha für alle vier Zieldurchmesseroptionen zu. Die Z-Baumanzahl ist bei 450 Vfm wesentlich höher als bei der 310 Vfm Optionen.

**Future crop tree number per hectare separated by target diameter and site quality index for a stand volume of 310 (at left) and 450 m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup> (at right).**

With decreasing site quality the future crop tree number/ha increases for all target diameter options. At 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> the number of future crop trees is considerably higher as compared to 310 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> options.

Dies erscheint zunächst überraschend, da doch bei höherem Vorrat und gleichem Zieldurchmesser mehr Bäume in einer Durchmesserstufe vorhanden sind. Jedoch verringert sich der Z-Baumanteil in einer Durchmesserstufe bei gleichem Zieldurchmesser überproportional mit sinkender Vorratshaltung (siehe Abb. 8). Unter konstanter Vorratshaltung erhöht sich die Auswahlmöglichkeit mit steigendem Zieldurchmesser.

Die Anzahl der Bäume, die bei zehnjähriger Eingriffswiederkehr je Hektar als Z-Bäume auszuwählen und zu ästen sind, ist erstaunlich gering (Tab. 1). Die in der Übersicht zusammengestellten Zahlen können als grober Anhalt für die praktische Behandlung dienen. Zu beachten sind jedoch die hier von den Versuchsfeldern 15/2 bzw. 15/3 übernommenen Baumartenmischungsanteile.

Bei hohen Zieldurchmessern können je Jahr und Hektar nur wenige Z-Bäume geerntet werden, deshalb müssen auch nur wenige ausgewählt werden. Dasselbe gilt abgeschwächt für niedrigere Vorräte (Abb. 9).

**3.3 Auswirkungen der Bonität auf die Z-Baum-Anzahl**

Die Z-Baum-Anzahl je Hektar (Abb. 10) ist unter sonst gleicher Vorratshaltung und Zieldurchmesserwahl bei höheren Bonitäten geringer. Dies resultiert aus den kürzeren Durchlaufzeiten. Die Durchlaufzeiten sind sogar so kurz, dass sie die aufgrund höherer Einzelbaumvolumina geringere Anzahl an Bäumen in der Stufe des jeweiligen Zieldurchmessers nicht nur „ausgleichen“, bei gleich bleibendem Durchmesserzuwachs wäre der Anfall je Jahr und Hektar

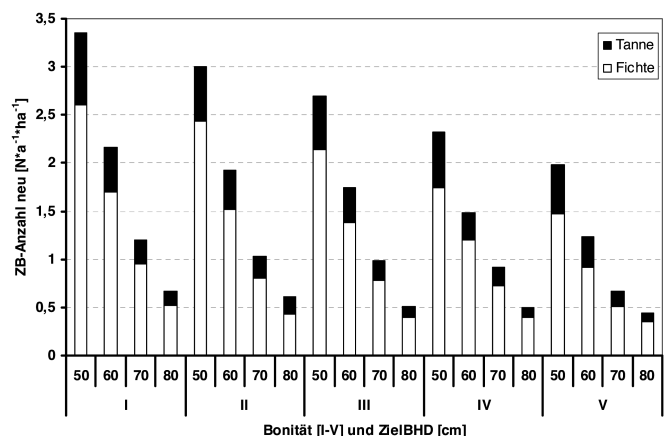
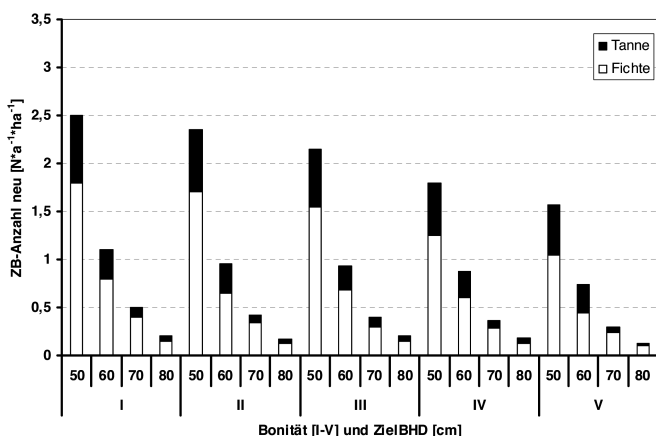


Abb. 11

**Anzahl der jährlich nutzbaren und neu auszuwählenden Z-Bäume je Hektar getrennt nach Zieldurchmesseroption und gestaffelt nach Bonität für Bestandesvorrat 310 Vfm (links) bzw. 450 Vfm<sub>D,m,R</sub>\*ha<sup>-1</sup> (rechts).**

Mit schlechter werdendem Standort nimmt die jährlich nutzbare ZB-Anzahl/ha ab.

**Annual harvestable trees/trees to select (at right) separated by target diameter and site quality index for a stand volume of 310 (at left) and 450 m<sup>3</sup>\*ha<sup>-1</sup> (at right).**

With decreasing site quality the number of annually harvestable future crop tree per hectare decreases.

tar bei weniger Bäumen geringer, sondern überkompensieren. Dies führt letztendlich zu einem höheren jährlichen Anfall an Z-Bäumen je Hektar bei höheren Bonitäten.

Wenn die Bäume im Plenterwald bei höherer Bonität einen höheren Durchmesserzuwachs aufweisen, kann auf höheren Bonitäten ein höherer Vorrat zugelassen werden, ohne dabei eine Verminderung des Durchmesserzuwachses (bezogen auf Bonität III) in Kauf nehmen zu müssen. Es konnte jedoch nicht quantifiziert werden, um wie viel höher, bzw. niedriger der Vorrat mit Zu-/Abnahme der Bonität sein darf, um das mittlere Dickenwachstum konstant zu halten. Das Problem ist die unterschiedliche Beeinflussung des Durchmesserzuwachses der Bäume in den einzelnen Durchmesserstufen durch eine Veränderung der Vorratshöhe. Während Bäume ab der Durchmesserstufe 55 nur wenig beeinflusst werden, ist in den dazwischen liegenden Durchmesserstufen eine mehr oder weniger starke, zusätzlich baumartenspezifische Beeinflussung vorhanden. Es ist deshalb unmöglich, beispielsweise ausgehend von Bonität III den Vorrat so zu erhöhen oder abzusenken, dass die Bäume aller weiteren Bonitäten denselben Durchmesserzuwachs in den einzelnen Durchmesserstufen aufweisen wie bei Bonität III. Dass jedoch eine Veränderung der Vorratshöhe bei höheren Bonitäten angebracht scheint, zeigten die im Anhalt an PRODAN (1949a) hergeleiteten Durchmesserzuwachsverläufe. Sowohl bei Tanne als auch Fichte, sowie bei niederem und hohem Vorrat, wird zumindest bei der höchsten Bonität (I), teilweise auch bei Bonität II und III, die „kritische“ Jahrringbreite von 4 mm überschritten. Diese unerwünschten Jahrringbreiten könnten durch eine Erhöhung des Vorrates vermieden oder zumindest vermindert werden.

#### 4. ZUSAMMENFASSUNG

Auch in Plenterwäldern sollte sich die Pflege auf eine begrenzte Zahl von Bäumen konzentrieren. Deshalb befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Bestimmung der Z-Baum-Anzahl im Plenterwald. Ausgehend von den Beobachtungen zweier Plenterwaldversuchsfelder im Schwarzwald, wurde zunächst die Z-Baum-Anzahl für diese beiden Versuchsfelder, einen so genannten Bauholzplenterwald (Feld 15/2) beziehungsweise Starkholzplenterwald (Feld 15/3) hergeleitet. Dies erfolgte getrennt für die beiden Baumarten Tanne und Fichte. Da angenommen wird, dass die Z-Bäume auswahl- und behandlungsbedingt die Durchmesserstufen schneller durchlaufen als das Gesamtkollektiv, wurde der Durchmesserzuwachs jener Bäume retrospektiv über die Durchmesserstufen verfolgt, die im Zieldurchmesserbereich noch vorhanden waren. Aufgrund des Durchmesserzuwachses dieser Bäume und den daraus resultierenden Durchlaufzeiten durch die Durchmesserstufen ließ sich der jährliche Anfall an Bäumen im Zieldurchmesserbereich und somit der Anfall an hiebsreifen Z-Bäumen berechnen. Mit diesem jährlichen Anfall steht die Größe des „Flusses“ fest, der sich durch die Durchmesserstufen bewegen muss, damit nachhaltig eine konstante Anzahl an Z-Bäumen je Zeiteinheit anfällt. Die Geschwindigkeit dieses „Flusses“ ergibt sich aus den entsprechenden Durchlaufzeiten durch die einzelnen Durchmesserstufen. Für den Bauholzplenterwald ergaben die Berechnungen rund 160 und für den Starkholzplenterwald rund 75 Z-Bäume je Hektar.

Da sich die beiden Felder des Bauholz- und Starkholzplenterwaldes sowohl hinsichtlich der Vorratshaltung als auch der angestrebten Zieldurchmesser unterschieden, konnten keine unmittelbaren Schlüsse über den Einfluss dieser Merkmale auf die Z-Baum-Anzahl gezogen werden. Daher wurden auf Grundlage des Datenmaterials der beiden Felder acht unterschiedliche Zieldurchmesser- und Vorratsvarianten (Vorrat 310  $V_{fm_{D,m.R.}}$  je Hektar und Ziel-BHD 50, 60, 70, 80 cm, sowie Vorrat 450  $V_{fm_{D,m.R.}}$  je Hektar und Ziel-BHD 50, 60, 70, 80 cm) modelliert. Ausgehend von der jeweiligen Baumzahl im Zieldurchmesserbereich wurde für jede Variante die Z-Baum-Anzahl hergeleitet.

Bei gleichem Zieldurchmesser steigt die Z-Baum-Anzahl je Hektar mit der Vorratshaltung. Mit Zunahme des Zieldurchmessers sinkt die Anzahl je Hektar in beiden Vorratshaltungen. Entsprechend verhält es sich mit dem jährlichen Anfall an Z-Bäumen, bzw. mit der Anzahl jährlich neu auszuwählender Z-Bäume je Hektar.

Auf Grundlage bonitätsabhängiger Durchmesserzuwachskurven (PRODAN, 1949a) wurde die Z-Baum-Anzahl für fünf Bonitätsstufen bei zwei unterschiedlichen Vorratshaltungen und jeweils vier unterschiedlichen Zieldurchmessern modelliert. Der jeweilige Vorrat soll dabei über die Bonitäten gleich bleiben. Da im Plenterwald zumindest die stärkeren Bäume bei höheren Bonität höher, bei geringerer Bonität niedriger sind, muss die Baumzahl mit besserer Bonität absinken und bei geringeren Bonitäten zunehmen, damit der Vorrat konstant bleibt. Der Volumenzuwachs der Versuchsfläche (der beiden Felder 15/2 und 15/3) entsprach im Mittel der letzten 56 Jahre mit rund 12  $V_{fm_{D,m.R.}}$  je Jahr und Hektar der Bonität III nach PRODAN (1949a). Deshalb wurden die id-Werte der Versuchsfläche als Bonität III festgelegt und von diesen ausgehend für die übrigen Bonitäten dieselben prozentualen Zu-/Abnahmen unterstellt wie bei PRODAN. Für bessere Bonitäten ergaben sich, bezogen auf Bonität III, niedrigere, für geringere Bonitäten höhere Z-Baum-Zahlen je Hektar. Der jährliche Ausstoß an Z-Bäumen nimmt mit höherer Bonität zu, die Produktionszeit ab, dasselbe gilt invers für geringere Bonitäten.

#### 5. Summary

Title of the paper: *Future crop tree numbers in single tree selection forests.*

In even-aged as well as in single tree selection forests silvicultural measures such as tending and especially pruning should be concentrated on a limited number of future crop trees. This gives reason to the present study aiming to determine the number of future crop trees in single tree selection forests.

Based on a dataset from two mixed Spruce-Fir(-Beech) single tree selection forest research plots in the Black Forest the appropriate numbers of future crop trees were calculated for the two experimental treatments, a so called construction-wood selection forest (research-plot 15/2, medium sized timber, target diameter  $\approx$  40–50 cm BHD, lower level of growing stock) and a so called large sized timber selection forest (research-plot 15/3, target diameter  $\approx$  70–80 cm BHD, higher level of standing volume), separately by the two major species Silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst) (fig. 1 and 2). Assuming that all trees in the diameter class of the target diameter are future crop trees, the future crop tree number was calculated using the time the trees required to transit the diameter classes based on plot data collected during the years 1950–2006 (fig. 3 and 4). By the number of trees in each diameter class the required “flow” through the diameter classes is described, which permits sustainable harvest. The speed of this “flow” is determined by the corresponding time span the trees need to grow through the diameter classes. Due to the assumption that the diameter growth of the future crop trees is above the average of the corresponding diameter class because of vitality, selection- and tending measures, the annual diameter increment of the trees, present in the diameter class of the target diameter, were traced back through the diameter classes starting from the trees which have reached the target diameter.

The calculations resulted in a number of future crop trees of the research plots of about 160 future crop trees per ha for the construction-wood selection forest and about 75 future crop trees per ha for the large sized timber selection forest (fig. 5).

Since the results for the research plots – due to two different treatments (stand volume, target diameter) – did not allow general



conclusions about different stand volumes and/or different target diameters, two different stand volumes (310, 450 m<sup>3</sup>/ha) and four different target diameters (50,60,70 and 80 cm BHD) were modelled and so eight different stand situations presented (fig. 6 and 7).

At a given target diameter the future crop tree number per hectare increases with increasing stand volume (fig. 8). With increasing target diameter the future crop tree number per hectare decreases at all stand volumes. Accordingly it comports with the number of the annual harvestable trees/new trees per hectare to select.

Based on site index dependent diameter increment curves by PRODAN (1949a), the change of future crop tree numbers was modelled for five site indices with tow different stand volumes and four different target diameters, while the standing volume was held constant over all sites (fig. 9). Also in selection forests at least for trees of a larger diameter a positive influence of site index has to be stated, which results in a decreasing number of trees per ha when standing volume is held constant. The medium annual volume increment of the research plot with 12 m<sup>3</sup> per hectare corresponds roughly to PRODAN's site index class III, i.e. the medium of his 5 site classes. Thus the diameter increment of the research plot was used as starting point to calculate the diameter increment for the remaining site index classes over the same percental in-/decreasing like PRODAN did for his curves.

For better site indices, related to site index class III, the number of future crop trees per hectare is reduced for poorer sites it is increased (fig. 10). The annual possible future crop tree harvest rises with better site index; the same applies inverse for poorer sites (fig. 11).

## 6. Danksagung

Die der Untersuchung zugrunde liegenden Daten von Plenterwaldversuchsflächen wurden freundlicherweise von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Abteilung Waldwachstum, zur Verfügung gestellt. Dafür sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

## 7. Literaturverzeichnis

- ABETZ, P. (1980): Zum Konzept einer Z-Baum orientierten Kontrollmethode. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **151**: 65–88.
- ABETZ, P. (1989): Zu den Ursachen des „Umsetzens“ von (Z-) Bäumen. Allgemeine Forstzeitschrift (**50**): 1334–1337.
- ABETZ, P. (1995): Ist eine Z-Baum-Kontrollmethode im Plenterwald möglich? In: Bericht Jahrestagung 1995 Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Joachimstahl. S. 1–13.
- BMVEL [HRSG.] (2006): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI<sup>2</sup> – Der Inventurbericht.
- BURSCHEL, P. und J. HUSS (2003): Grundriss des Waldbaus. 3. Auflage. Ulmer. Stuttgart 487 S.
- DUC, PH. (2000): Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val-de-Travers (Neuenburger Jura). Dissertation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. 338 S.
- V. GADOW, K. (2003): Waldstruktur und Waldwachstum. Erschienen in der Reihe der Universitätsdrucke des Universitätsverlages Göttingen. 241 S. Materialien. Parey. Berlin. 90 S.
- HAUSSER, K. (1956): Tannenertragstafeln. In: Landesforstverwaltung Baden-Württemberg [Hrsg.] (1993): Hilfstabellen für die Forsteinrichtung I. Stuttgart. 163 S.
- KERN, K. G. (1966): Wachstum und Umweltfaktoren in Schlag- und Plenterwäldern. Schriftenreihe der Forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Band 5. 232 S.
- KLÄDTKE, J. (1990): Umsetzungsprozesse unter Berücksichtigung Z-Baum bezogener Auslesedurchforstung. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **161**(2): 29–36.
- KLÄDTKE, J. (1992): Konstruktion einer Z-Baum Ertragstafel am Beispiel der Fichte. Dissertation an der Universität Freiburg. 111 S.
- KLÄDTKE, J. und CH. YUE (2003): Produktionszielorientierte Entscheidungshilfe für die Bewirtschaftung ungleichaltriger Fichten-Tannen-Wälder und Plenterwälder. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **174**(10/11): 196–206.
- LENK, E. und G. KENK (2007): Langfristiges Wachstum Schwarzwälder Plenterwälder. AFZ-Der Wald **3/2007**: 132–135.
- MITSCHERLICH, G. (1952): Der Tannen-Fichten-(Buchen-)Plenterwald. Eine ertragskundliche Studie. Schriftenreihe badische Forstliche Versuchs-Anstalt. Band 8. 42 S.
- MLR [Hrsg.] (1993): Hilfstabellen für die Forsteinrichtung. Zusammengestellt für den Gebrauch in der Landesforstverwaltung. Stuttgart. 179 S.
- MLR [Hrsg.] (1999): Richtlinien landesweiter Waldentwicklungstypen. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 54 S.
- PRODAN, M. (1944): „Zuwachs- und Ertragsuntersuchungen im Plenterwald“ Ein Beitrag zur Methodik der Ertragsuntersuchungen im Plenterwald, dargestellt anhand der Ergebnisse der badischen Plenterwaldversuchsflächen. Diss. Freiburg, 135 S.
- PRODAN, M. (1949a): Normalisierung des Plenterwaldes? Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt. Heft 7. 21 S.
- PRODAN, M. (1949b): Die theoretische Bestimmung des Gleichgewichtszustandes im Plenterwalde. Schweizerische Zeitung für Forstwesen **100**: 81–99.
- RÖHRIG, E., N. BARTSCH und B. V. LÜBKE (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. 7. Auflage. Ulmer. Stuttgart. 479 S.
- SPIECKER, H. (1986): Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald-Versuchsflächen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung **157**: 152–164.
- SCHÜTZ, J. P. und P. BARNOLA (1996): Importance de la qualité et de sa détermination précoce dans un concept d'éducation du hêtre. Revue Forestière Française 48. Jahrgang. S. 417–430.
- SCHÜTZ, J. P. (2001): Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey. Berlin. 207 S.
- V. TEUFFEL, K., M. Baumgarten, M. HANEWINKEL, W. KONOLD, U. SAUTER, H. SPIECKER und K. V. WILPERT (2005): Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft. Ergebnisse aus dem Südschwarzwald. Springer. Berlin, Heidelberg, (u.a.). 422 S.
- YUE, CH., J. KLÄDTKE und E. LENK (1997): Ein Verfahren zur Bestimmung zielorientierter Gleichgewichtskurven im Plenterwald. In: Bericht Jahrestagung 1997 Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Forstliche Biometrie und Informatik. Freiburg. S. 145–154.
- ZIMMERLE, H. (1949): Beiträge zur Biologie der Fichte in Württemberg. Ulmer. Stuttgart. 143 S.