

# Rheinland-Pfalz



## Kiefer im Pfälzerwald

Mitteilungen aus der  
Forschungsanstalt für Waldökologie  
und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Nr. 54/04



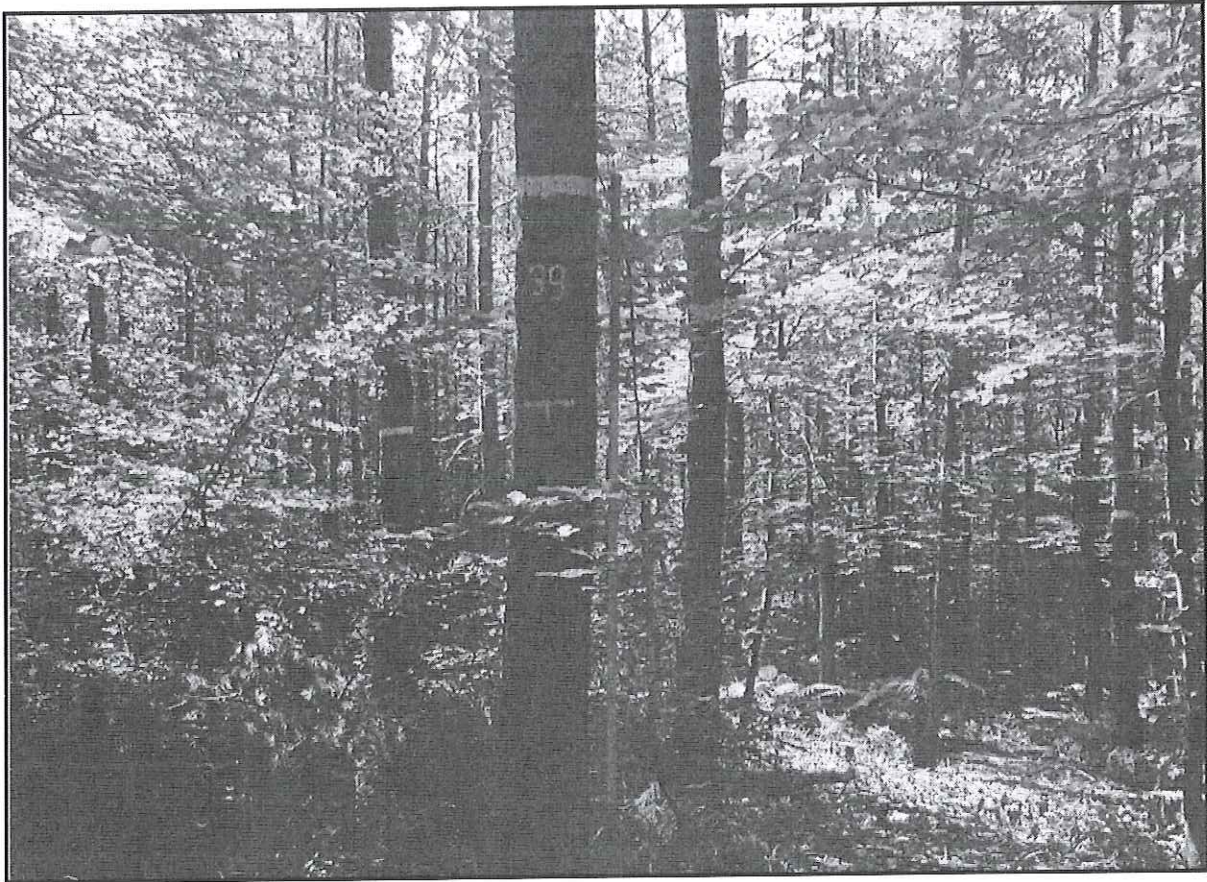
Autorenkollektiv:  
Stefan Densborn, Phan Hoang Dong (Hrsg.), Jürgen Huss,  
Michael Muth, Axel Roeder und Gebhard Schüler

---

Ministerium für Umwelt und Forsten

---





Kiefer mit Buchen-Unterstand im Forstamt Elmstein (heute Johanniskreuz)

# Kiefer im Pfälzerwald

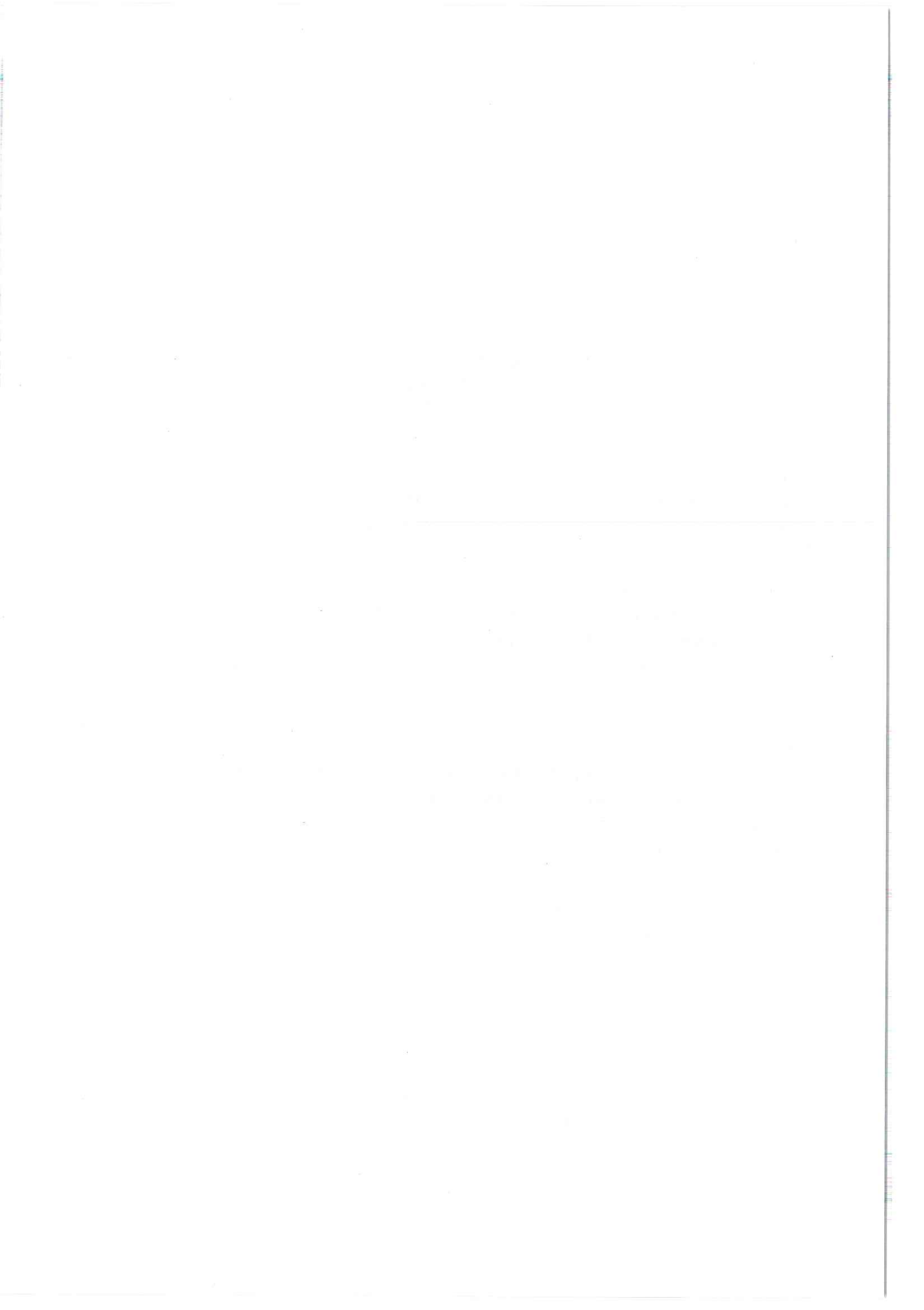
- Ergebnisse langfristiger Waldbauversuche -

**Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd**  
*Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft*  
*Rheinland-Pfalz, Trippstadt 2004*



## Inhaltsverzeichnis / Contents

	Seite Page
EGIDI, H. <b>Vorwort</b> <i>Preface</i>	1
DONG, P. H., ROEDER, A. und MUTH, M. <b>Jungbestandspflege bei Kiefer im Pfälzerwald</b> <i>Tending of young scotch pine stands in the Pfälzerwald</i>	2
HUSS, J. <b>Kiefern-Jungbestandsversuche im Forstamt Hochspeyer</b> <i>Trials in young scotch pine stands in the forest district Hochspeyer</i>	33
SCHÜLER, G. und DONG, P. H. <b>Kleinstandörtliche Differenzierung einer Kiefern-Naturverjüngungsfläche im Pfälzerwald</b> <i>Natural regeneration of scotch pine under different sites conditions in the Pfälzerwald</i>	74
DENSBORN, S. <b>Bewertung unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien für die Kiefern-Betriebsklasse „Pfälzerwald“</b> <i>Valuation of different silvicultural strategies for scotch pine working circle "Pfälzerwald"</i>	93
DONG, P. H. und ROEDER, A. <b>Kiefernjungbestände aus natürlicher, un gelenkter Sukzession - zwei Fallbeispiele -</b> <i>Young stands of scotch pine from natural succession - two case studies -</i>	145
DONG, P. H. <b>Extrapolation der Kiefern-Ertragstafel KERN (1958) für den Altersbereich 120 bis 140 Jahren</b> <i>Extrapolation of scotch pine yield table KERN (1958) for the age span 120 to 140 years</i>	152



Vorwort .....	1
---------------	---

## Jungbestandspflege bei Kiefer im Pfälzerwald

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Wachstum der Kiefer im Pfälzerwald</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Vorüberlegungen zum Versuchskonzept</b>	<b>4</b>
3.1	Zielstärke .....	4
3.2	Wertholzproduktion .....	6
3.3	Kiefern-Jungbestandspflege-Richtlinien anderer Bundesländer .....	6
<b>4</b>	<b>Versuchskonzept und Versuchsflächen</b>	<b>8</b>
4.1	Versuchskonzept .....	8
4.2	Die Versuchsflächen .....	10
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>11</b>
5.1	Ausgangssituation bei Versuchsanlage .....	11
5.2	Verbleibender Bestand .....	12
5.3	Das Z-Baumkollektiv .....	14
5.4	Ausscheidender Bestand .....	21
5.5	Gesamtwuchsleistung, laufender Zuwachs und durchschnittlicher Gesamtzuwachs .....	22
5.6	Wachstumsvergleich mit unbehandelten Vergleichsflächen .....	23
<b>6</b>	<b>Diskussion und vorläufige Schlussfolgerungen</b>	<b>24</b>
6.1	Diskussion .....	24
6.2	Vorläufige Schlussfolgerungen .....	27
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b>	<b>30</b>

## Kiefern-Jungbestandsversuche im Forstamt Hochspeyer

<b>1</b>	<b>Vorbedingungen und Ziele der Versuche</b>	<b>34</b>
1.1	Derzeitige und künftige Bedeutung der Kiefer in der mitteleuropäischen Waldwirtschaft	34
1.2	Zur Wuchsleistung traditionell erzeugter Kiefern .....	36
1.3	Pflanzdichte bei der Begründung von Kiefernbeständen .....	37
1.4	Zum Wachstumsverhalten der Kiefer .....	39
1.5	Zur Durchforstung von Kiefern-Beständen .....	40
1.6	Die Notwendigkeit der frühzeitigen Ästung .....	41
<b>2</b>	<b>Der Pflanzdichten-Frühästungsversuch</b>	<b>43</b>
2.1	Versuchskonzept .....	43
2.2	Versuchsorte und -bestände .....	44
2.3	Versuchsplan und -durchführung .....	44
2.4	Entwicklung der Jungkiefern .....	47
2.5	Entwicklung von Buchen und der übrigen Vegetation .....	53
2.6	Beurteilung und vorläufige Schlussfolgerungen .....	54

<b>3</b>	<b>Der Kiefern-Grünästungsversuch</b>	<b>56</b>
3.1	Problemstellung .....	56
3.2	Versuchsziel und Behandlungsprogramm .....	56
3.3	Erste vorläufige Ergebnisse .....	58
3.4	Schlussfolgerungen .....	60
<b>4</b>	<b>Vergleich mit ähnlichen Versuchen</b>	<b>61</b>
4.1	Pflanzdichtenversuch im niedersächsischen Forstamt Fuhrberg .....	61
4.2	Kiefern-Weitstands-Frühästungsversuch Fuhrberg/Niedersachsen .....	65
4.3	Kiefern-Durchforstungsversuch Fuhrberg/Niedersachsen .....	68
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen für alle Versuche</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>71</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b>	<b>73</b>

### **Kleinstandörtliche Differenzierung einer Kiefern-Naturverjüngungsfläche im Pfälzerwald**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>74</b>
<b>2</b>	<b>Standort, Versuchsanlage und bisherige Maßnahmen</b>	<b>75</b>
2.1	Standort .....	75
2.2	Versuchsanlage .....	75
2.3	Bisherige Maßnahmen und Untersuchungsmethoden .....	76
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>77</b>
3.1	Standortsdifferenzierung .....	77
3.2	Auflagehumus .....	83
3.3	Nährelementhaushalt .....	86
3.4	Anzahl und Alter der ankommenden Kiefern-Naturverjüngung .....	88
3.5	Höhenentwicklung und Wurzelhalsdurchmesser der Kiefern-Naturverjüngung.....	89
<b>4</b>	<b>Zusammenfassende Beurteilung</b>	<b>89</b>
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>92</b>

### **Bewertung unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien für die Kieferntriebsklasse „Pfälzerwald“**

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b>	<b>93</b>
<b>2</b>	<b>Ein instrumenteller Ansatz: Simulationsmodelle zur Unterstützung von Strategieentscheidungen auf Unternehmensebene</b>	<b>94</b>
<b>3</b>	<b>Die Kiefernbetriebsklasse des Pfälzerwaldes - heutiger Zustand</b>	<b>97</b>
3.1	Flächen .....	97
3.2	Stratifizierung der Kiefernbetriebsklasse für die Simulation .....	98
<b>4</b>	<b>Das Simulationsmodell</b>	<b>101</b>
4.1	Zentrales Element: Wachstumssimulator SILVA 2.2.....	101
4.2	Verwendung der Programmroutine von SILVA 2.2 .....	103
4.3	Auswertung der Simulationsergebnisse auf Bestandes- und Betriebsklassenebene.....	105



4.4	Die in die Untersuchung einbezogenen Bewirtschaftungsstrategien: Waldbauliche Modellvorgaben .....	107
4.5	Waldwachstumskundliche Vorgaben für die Simulation .....	114
4.6	Betriebswirtschaftliche Bewertungen .....	115
4.7	Die Festlegung des Prognosezeitraums .....	118
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>118</b>
5.1	Ökonomische Auswirkungen in der Finanzsphäre .....	118
5.2	Auswirkungen auf das Arbeitsvolumen .....	123
5.3	Auswirkungen auf das Holzaufkommen .....	128
5.4	Auswirkungen auf die Vermögenssphäre .....	132
<b>6</b>	<b>Grenzen des Simulationsmodells</b>	<b>133</b>
6.1	Problematik der Erfassung des Ausgangszustandes der Betriebsklasse .....	134
6.2	Problematik statischer ökonomischer Grundlagendaten .....	135
6.3	Problematik der zeitlichen Fixierung und des Flächenbezugs der Prognose.....	135
6.4	Problematik der Referenzfestlegung.....	136
6.5	Kritische Betrachtung des Wachstumsmodells SILVA 2.2.....	137
6.6	Fehlende vermögensrelevante Größen .....	139
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>140</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b>	<b>142</b>

## Kiefernjungbestände aus natürlicher, ungelenkter Sukzession

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>145</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>145</b>
2.1	Untersuchungsbestände .....	145
2.2	Aufnahmemethodik .....	146
<b>3</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>146</b>
3.1	Die Bestandesstruktur .....	146
3.2	Die Z-Baum-Anwärter bzw. Z-Bäume .....	147
3.3	Ergebnisse der wiederholten Aufnahmen der Verjüngungsfläche im FA Otterberg .....	148
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>150</b>
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>151</b>

## Extrapolation der Kiefern-Ertragstafel KERN (1958) für den Altersbereich 120 bis 140 Jahren

<b>1</b>	<b>Auftrag</b>	<b>152</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>152</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>152</b>



## **Vorwort**

Seit jeher und auch heute noch spielt die Baumart Kiefer im Pfälzerwald eine große Rolle, obgleich die klassische Kiefernwirtschaft nicht in allen Belangen befriedigt. Daher sollen gezielte Standortsentscheidungen gepaart mit neuen Produktionslinien die Ertragssituation für Kiefernbestände entscheidend verbessern. Die Grundlage dafür ist ein umfangreiches Kiefernversuchsprogramm – auch unter dem Eindruck der Erfahrungen in benachbarten Bundesländern mit der Kiefer.

Schon bei der Begründung von Kiefernbeständen können mit Naturverjüngungsverfahren, die an diese Lichtbaumart angepasst sind, neue Wege beschritten werden, sofern Kleinstandorte entsprechend ausgenutzt werden und sofern Laubbäume, meist die Buche, am Bestandaufbau beteiligt werden. Neben der Erhaltung des Standortpotenzials mit intakten Nährstoffkreisläufen spielt die Produktion von starkem Kiefernwertholz eine entscheidende Rolle. Wenn festgestellt wird, dass ältere Kiefern kaum noch auf die Intensität von Durchforstungseingriffen reagieren, führt dies oft dazu, Kiefernwirtschaft in Frage zu stellen, weitere Pflanzenabstände oder eine sehr frühzeitige Beseitigung des Dichtstandes in natürlich verjüngten Kiefern oder gar die Neubegründung zu fordern. Von Beginn an weitständig erzogene Kiefern erfüllen wegen ihrer Ästigkeit jedoch nicht die Ansprüche für die Erzeugung von starkem, aber astreinem Holz. Zu späte Eingriffe – auch in erheblicher Stärke – kann die Kiefer als früh in ihrem Wachstum kulminierende Lichtbaumart mit nur begrenztem Kronenexpansionsvermögen nicht in einen entsprechenden Zuwachs umsetzen. Daher müssen bereits sehr früh mit gezielten Eingriffen zugunsten der Zuwachs- und Wertträger und deren Ästung weitere wichtige Weichen gestellt werden, um stabile Kiefern zu möglichst starken und qualitativ hochwertigen Dimensionen zu führen.

Die Autoren dieser Mitteilung stellen mit dieser Publikation die Erfahrungen aus langfristigen Waldbauversuchen mit der Kiefer im Pfälzerwald zur Diskussion. Die Ergebnisse belegen, dass im Rahmen des naturnahen Waldbaus die Kiefer zum Baumartenspektrum des Pfälzerwaldes gehört. Auch wenn viele Versuche abschließende Schlussfolgerungen noch nicht zulassen und der Wuchsdynamik in Kiefern-Buchen Mischwäldern besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, zeigt sich die Notwendigkeit, dass die Wert- und Zuwachsträger in den Kiefernbeständen frühzeitig gefördert werden müssen. Unter Berücksichtigung aller Erkenntnisse hat die Baumart Kiefer durchaus eine Zukunft im Pfälzerwald.

**Dr. H. Egidi**

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz



# Jungbestandspflege bei Kiefer im Pfälzerwald

von P. H. Dong, A. Roeder und M. Muth

Abteilung Waldwachstum

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

## Abstract

### Title of the paper: Tending of Young Scotch Pine Stands in the Pfälzerwald.

By early targeted support of future crop trees (Z-Baum) a distinct increase of diameter growth was measured at all experimental plots on different sites.

To reduce rotation age to 120 – 140 years and to reach high dimensions of timber early opening up of growing space in young pine stand is essential. According to our measurements annual diameter of future crop trees lies between 0.5 and 0.7 cm. After having reached the culmination point annual increment will continuously decrease, but on a higher level than in untreated stands.

Targeted and early support of future crop trees leads to increased stability against snow break because h/d-ratios are significantly below the critical ratio of 80. By continued and targeted increase of growing space h/d-ratios will continue to decrease and crowns will get an even and regular shape.

## 1 Einleitung

Der Pfälzerwald ist mit rd. 177.000 ha Fläche und einem Kiefernanteil von 49% ein großes geschlossenes Kiefernangebiet. Nach den ersten Ergebnissen der Forstlichen Rahmenplanung wird sich der Kiefernflächenanteil zwar merklich verringern, die Kiefer wird aber weiterhin eine wichtige Rolle im waldbaulichen Geschehen spielen (EDER, 1990).

Die klassische Kiefernwirtschaft in diesem Gebiet, charakterisiert durch hohe Ausgangspflanzenzahl, späte Jungbestandspflege- und Durchforstungseingriffe, führt zu instabilen Beständen (Schneebruchgefahr im Jugendstadium) mit End- und Zwischenprodukten bei der Holzerzeugung, die derzeit weder nach Dimension noch nach Wert befriedigen.

Die oben genannten Gründe führen zu der Überlegung, dass einerseits der Kiefernflächenanteil im Pfälzerwald zugunsten der ertragreicheren Baumarten reduziert werden soll, und andererseits neue Produktionslinien bei der Kiefernwirtschaft erarbeitet werden müssen. Mit der künftigen Kiefernwirtschaft im Pfälzerwald soll die Ertragslage der Kiefernbestände verbessert werden. Dafür sollen Kosten bei der Kulturbegründung durch geringere Stammzahlen und bei Pflegemaßnahmen im Jugendstadium durch gezielte Eingriffe eingespart sowie die Gesamtwertleistung durch die Beschränkung auf die Entnahme von Konkurrenten frühzeitig Vorerträge durch Durchforstungen erhöht werden.

Langfristig beobachtete waldwachstumskundliche und waldbauliche Kiefernversuche, an denen die Wirksamkeit dieser Überlegungen überprüft bzw. abgeleitet werden konnte, gab es im Pfälzerwald nicht. Daher wurden 1989 eine Versuchskonzeption für Jungbestandspflege bei Kiefer erarbeitet und waldwachstumskundliche Versuche in Jungbeständen der Kiefer angelegt. Über die seit 15 Jahren gesammelten Ergebnisse und Erfahrungen mit der Kiefern-Jungbestandspflege auf den verschiedenen Standorten des Pfälzerwaldes soll hier berichtet werden.

## **2 Wachstum der Kiefer im Pfälzerwald**

Von Natur aus überwiegend dem artenarmen Eichen-Buchen-Wald angehörend, ist das Buntsandsteingebiet Pfälzerwald zur Hälfte der Kiefer zugefallen. Als Ursachen der starken Verbreitung der Kiefer sieht KERN (1958) einmal in der starken Schwächung der Böden als Folge menschlicher Einwirkung (Streunutzung, Waldweide u. ä.), welche vielfach eine Wiederverjüngung der Standorte auf Laubbäume sehr erschwerte, wenn nicht gar unmöglich machte, zum andern in den Auswirkungen der Bodenreinertragslehre, die sich von einer Umwandlung der Laubbaum- in Nadelbaumbestände eine höhere Bodenrente versprach.

Die Kiefer ist eine ausgesprochene Lichtbaumart und zeichnet sich durch rasches Jugendwachstum aus. Auf guten Standorten erreichen Kiefernbestände mit 15-20 Jahren 10-12 m Oberhöhe. Der Höhenzuwachs der Kiefer kulminiert relativ früh, etwa mit 25 bis 30 Jahre. Der mit der Höhenentwicklung parallel verlaufende natürliche Ausscheidungs- und Umschichtungsprozess schließt daher ebenfalls früh ab. Soweit die Kiefer im Jugendstadium eine vorherrschende Stellung erreicht hat, neigt sie zu breiter Ausladung und Grobastigkeit.

Der Höhenzuwachs der Kiefer sinkt nach der frühen Kulmination rasch ab. Im Gegensatz zum Jugendalter werden das Licht und die Bodenkraft durch die Kiefer im mittleren und höheren Alter nur ungenügend ausgenutzt. Das Dickenwachstum der Kiefer geht im normalen Schluss etwa ab dem Alter von 70. Jahren so zurück, dass auch durch Freistellung kein großer Lichtungszuwachs zu erwarten ist (WIEDEMANN, 1948 und 1950). Der Grund für diese geringe Wirkung liegt vor allem darin, dass die Altkiefer den ihr angebotenen Wurzelraum nur unvollkommen ausnutzt, und dass auch die Ausladefähigkeit der Kronen klein ist.

Die Kiefer bildet in der Regel ein tiefreichendes, aber extensives Wurzelwerk. Sie liebt tiefgründige und lockere, also gut durchlüftete Böden. Mechanisch oder physiologisch bedingte Flachgründigkeit wirkt sich sehr nachteilig aus. Kiefernbestände bester Bonitäten weisen im Gebiet des Pfälzerwaldes die Vegetationseinheiten „waldhainsimsenreicher, mäßig trockener Eichen-Buchen-Wald“ und „frischer Farn-Eichen-Buchen-Wald“ auf. Die

geringsten Bonitäten dagegen lassen sich bei den Degradationsvarianten des „trockenen Heidelbeer-Eichen-Buchen-Waldes“ und des „trockenen Eichen-Birken-Waldes“ feststellen (KERN, 1958).

Die schwer zersetzbare Streu der Kiefer führt zu Rohhumusbildung und verschlechtert damit den Bodenzustand. Der Beimischung von wurzelintensiven Baumarten sowie Baumarten mit guter Streuzersetzung kommt daher besondere Bedeutung zu.

Die Kiefer ist völlig resistent gegen Früh- und Winterfröste und leidet nur selten unter Spätfrost. Gefährdet wird die Kiefer durch Schüttepilz (*Lophodermium seditiosum*), Hallimasch (*Armillaria mellea*) sowie durch Naßschnee im Stangenholzalter.

Im Vergleich mit sonstigen Nadelbaumarten hat die Kiefer eine niedrige Gesamtwuchsleistung: das gilt auch für reichlich mit Feuchtigkeit, Nährstoffen und Wärme versorgte Standorte. Die durchschnittliche Ertragsklasse liegt im Pfälzerwald bei II,4 (KERN, 1958). Die Kiefernbestände im Pfälzerwald liefern während der gesamten Produktionszeit nur relativ wenig Wertholz (Furnierholz, hochwertiges Schneideholz, Ramppfähle). Der weitaus größte Teil des Holzertrages von Kiefernbeständen ist Massenware, wobei der Anteil von geringwertigem Industrieholz meist höher ist als bei den meisten anderen Nadelbaumarten. Unter anderen wegen des bescheidenen Volumenzuwachs und der geringen Wertleistung ist der Anbau der Kiefer deutlich rückläufig. Folgerung daraus: durch ein verändertes Produktionsprogramm wertvolles Stammholz in ausreichenden Dimensionen bei wenig veränderter Gesamtwuchsleistung und Flächenproduktivität in kürzerer Zeit zu erreichen.

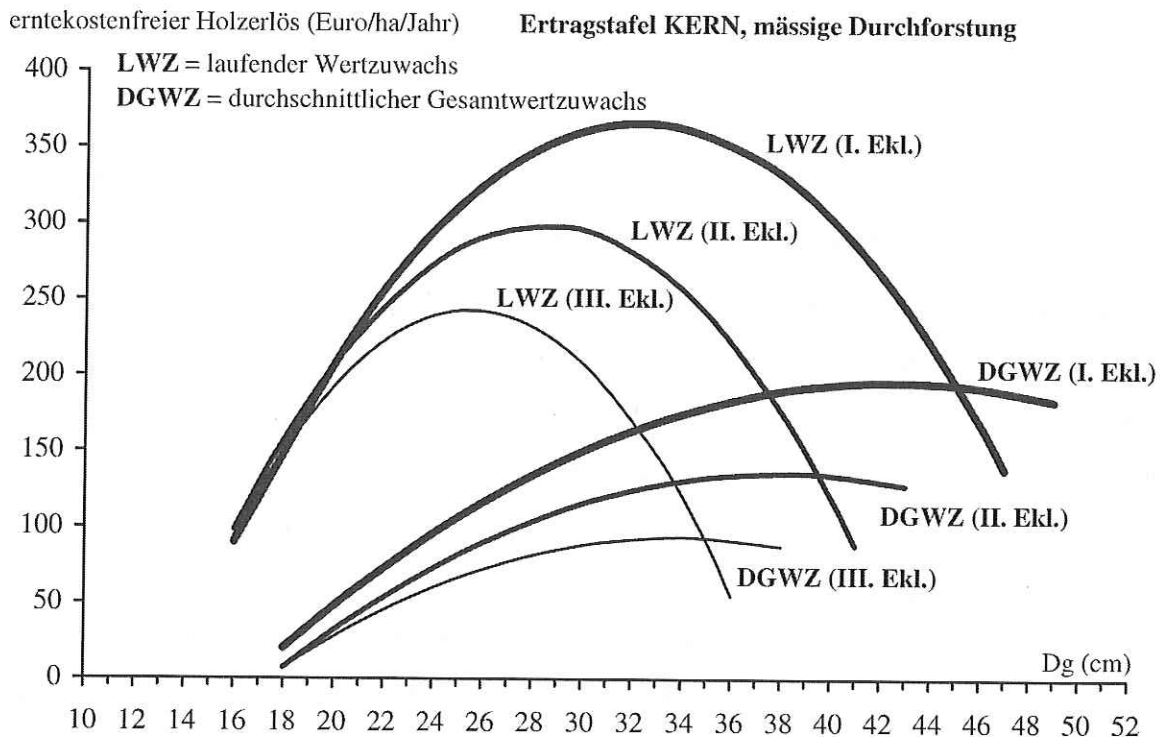
### **3. Vorüberlegungen zum Versuchskonzept**

#### **3.1 Zielstärke**

Um das Produktionsziel der Kiefer, eine möglichst hohe Wertleistung (EDER, 1990) mit einer relativ kurzen Produktionszeit von 120 bis 140 Jahre zu erreichen, soll bereits die Jungbestandspflege die zukünftigen Zuwachs- und Werträger frühzeitig fördern.

Angelehnt an das Wertberechnungsverfahren von BACHMANN (1987) wurde die optimale Zielstärke verschiedener Bonitäten durch laufende Wertzuwächse und durchschnittliche Gesamtwertzuwächse bestimmt. Die optimale Zielstärke wird nach diesen Modellvorstellungen erreicht, wenn die Kurve der durchschnittlichen Gesamtwertzuwächse die Kurve der laufenden Wertzuwächse schneidet. Während der laufende Wertzuwachs viel früher kulminiert, steigt der durchschnittliche Gesamtwertzuwachs bis zum Schnittpunkt der beiden Kurven an und danach sinkt er wieder allmählich ab.

Am Beispiel der Ertragstafel von KERN, mässige Durchforstung (Abb. 1) wurde die theoretische Bestimmung der Zielstärke nach dem Wertberechnungsverfahren von BACHMANN durchgeführt.



**Abb. 1: Theoretische Bestimmung der optimalen Zielstärke**

Der erntekostenfreie Holzerlös wurde mit Hilfe der Bestandessortentafeln 1982/85 von SCHÖPFER und DAUBER (1987) berechnet. Dabei wurde der Holzpreis auf die Basis des Jahres 2001 für Stammholz (B/C) mit 250% MZ und Industrieholz mit 20,45 Euro/fm in die Berechnung bezogen. Die EST-Erntekosten wurden mit Hilfe der Geldtafeln zum EST 2001 (KURATORIUM für WALDARBEIT und FORSTTECHNIK) berechnet. Nach der Abb. 1 wird der höchste durchschnittliche erntekostenfreie Holzerlös bei der I. Ertragsklasse mit Dg von 45 cm, bei der II. Ertragsklasse mit Dg von 40 cm und bei der III. Ertragsklasse mit Dg von 35 cm erreicht. Mit der Annahme, dass  $D_0$  oder  $D_{100}$  im Kiefern-Altbeständen erfahrungsgemäss etwa 20% höher als Dg liegen, und der mittlere Durchmesser des Z-Baumkollektivs ( $D_{ZB}$ ) im Endbestand etwa dem  $D_0$  oder  $D_{100}$  entspricht, lassen sich Zielstärken für die verschiedenen Bonitäten ableiten (Tab. 1).



**Tab. 1: Dg des Z-Baumkollektivs ( $D_{ZB}$ ) nach Erreichen des höchsten durchschnittlichen Wertzuwachs und entsprechend abgeleitete Zielstärken in verschiedenen Bonitäten der Ertragstafel KERN**

Ertragsklasse (Ertragstafel KERN, 1954)	Dg des Z-Baumkollektivs ( $D_{ZB}$ in cm m.R.)	Zielstärkennutzung ab BHD in cm m.R.
I	54	60
II	48	55
III	42	50

Soll also das Kiefern-Z-Baumkollektiv in dem angestrebten Produktionszeitraum von 120 bis 140 Jahren die in Tab. 1 genannten Durchmesser erreichen, so ist in der I. Ertragsklasse ein durchschnittlicher Radialzuwachs von 2,3 mm, in der II. Ertragsklasse von 2,1 mm und in der III. Ertragsklasse von 1,9 mm erforderlich. Diese Zielstärken können aufgrund der zuvor beschriebenen Wuchsdynamik nur erreicht werden, wenn die Zuwachs- und Wertträger frühzeitig gefördert werden, damit sie mit den großen und langen Kronen das Dickenwachstum auf höherem Niveau lange Zeit beibehalten können.

### 3.2 Wertholzproduktion

Eine Ästung der von Bestandesstruktur und Stammform wertholztauglichen Kiefernbestände im Zusammenhang mit der Auslesedurchforstung ist integraler Bestandteil der Produktionsrichtlinien in Rheinland-Pfalz. Soll Kiefern-Wertholz höchstens einen astigen Kern von einem Drittel des Stammdurchmessers enthalten (EDER, 1990), so wird der Ästungszeitpunkt in Abhängigkeit vom gewünschten Zieldurchmesser bestimmt. Sie umfasst i. d. R. den für eine Blocklänge erforderlichen unteren Stammabschnitt von 5-6 Metern.

### 3.3 Kiefern-Jungbestandspflege-Richtlinien anderer Bundesländer

Bereits wenige Jahre nach Anlage der Versuche wurden in anderen Bundesländern Richtlinien zur Jungbestandspflege entwickelt, die ähnliche Zielvorstellungen verfolgen. Diese basieren auf länderspezifischen Erfahrungen und sind geeignet, die Bandbreite veränderter Produktionsprogramme darzustellen.

Die Bestandespflege-Richtlinien für gleichaltrige Kiefernbestände aus Niedersachsen (1991) und der Richtlinien zur Jungbestandspflege aus Baden-Württemberg (1997) sind in der Tab. 2 und 3 enthalten.

**Tab. 2: Bestandespflege in gleichaltrigen Kiefernbeständen (Niedersachsen)**

Oberhöhe (m) (Eingriff)	Maßnahmen
1,5 – 2,0 (Jungwuchspflege)	Entnahme von Protzen und schädigenden Weichhölzern Erhaltung von Mischbaumarten
7 – 10 (Läuterung)	a) Vorwiegend negative Auslese ausschließlich im Herrschenden b) In stammzahlreichen und schneebruchgefährdeten Jungbeständen Kennzeichnung von ca. <b>300 Z-Baumanwärtern</b> und frühzeitige Förderung durch Entnahme von 1 – 2 Bedrängern
10 – 13 (Erschließung)	Erschließung durch ca. 4 m breite Rückegassen. Abstand von <u>25</u> (-30) m
(Ästung in Wertholzbeständen)	Unmittelbar nach Erschließung Auswahl und Kennzeichnung von rd. 300 Z-Bäumen im Abstand von ca. 6 m Ästung der Z-Bäume auf mindestens 6,0 m Höhe in möglichst einem Ästungsgang
12 – 15 (Erste Durchforstung) in Wertholzbeständen	Auslesedurchforstung mit starken Eingriffen im Herrschenden zur Förderungen der gekennzeichneten Z-Bäume durch a) selektives Auszeichnen zur Entnahme der Bedränger b) schematische Entnahme eines oder zweier Bedränger im Kronenbereich des Z-Baumes c) Freistellen der Z-Bäume in einem bestimmten Umkreis. Der Radius sollte je nach Oberhöhe, Kronen- und Bestandesentwicklung 1,8 bis 2,5 m betragen
in Bauholzbeständen	wie vor, jedoch Förderung von nur 200 bis höchstens 300 Z-Bäumen. Keine Ästung!

**Tab. 3: Richtlinien zur Jungbestandspflege (Baden-Württemberg)**

Oberhöhe $h_{100}$	Kiefer	
	erkennbar differenziert	wenig differenziert
ca. 1,5 m	Bei erkennbarer Differenzierung keine Maßnahmen	Nach Pflanzung keine Maßnahmen. In freigestellten, wenig differenzierten Naturverjüngungen in befahrbaren Lagen ggf. schematische Eingriffe zur Reduktion der Pflegefläche
ca. 5 m	Auskesseln von 200 erkennbar vorwüchsigen Kiefern/ha im Radius 2,5 m  Mischwuchsregulierung durch räumliche Trennung der gewünschten Kiefernanteile von vorwüchsigen beigemischten Laub- und Nadelbäumen. Soweit erforderlich Sicherung der Laubbaumbeimischung in den angestrebten Anteilen. Keine Pflege einzeln beigemischter wuchsunterlegener Kiefern.	Schematische Reduktion auf 3000-4000 Kiefern /ha
ca. 8 m	Selektive Begünstigung von 200 vorwüchsigen Kiefern/ha durch Entnahme von 1-4 Bedrängern	Reduktion auf 1000-1500 Kiefern/ha
ca. 11 m	<b>Auswahl der Z-Bäume (max. 200/ha)</b> , Ästung auf 5 m und selektive Begünstigung durch Entnahme von 1-2 Bedrängern	
		Ggf. zusätzliche Reduktion auf insgesamt 700-800 Kiefern/ha
ab 15 m	Beginn der Auslesedurchforstung. Bei fehlendem Laubbaumzwischen- und -unterstand Unterbau mit Buche	

## 4. Versuchskonzept und Versuchsflächen

### 4.1 Versuchskonzept

Das Versuchskonzept dient der Klärung folgender Fragen:

- Wirkung einer frühzeitigen Z-Baumauswahl und -förderung auf die Stabilität, den Gesundheitszustand und die Volumen- und Wertleistung von Einzelbaum und Bestand.
- Einfluss von Standort sowie Entwicklung der Bodenvegetation und der Humusform.
- Wirkung einer frühzeitigen und unterschiedlich geführten Ästung auf die Volumen- und Wertleistung von Einzelbaum und Bestand.

Dabei wird nach folgenden Grundsätzen vorgegangen:

- Unabhängig von Bonität und Alter werden Eingriffe spitzenhöhenbezogen geführt.
- Der Unterschied zwischen der Referenzfläche und dem Standraumerweiterungsversuch besteht einerseits in dem selektiven Vorgehen (Referenz) bzw. der schematischen Freistellung (Standraumerweiterung) in der frühen Phase der Bestandesentwicklung (bis  $h_{100} = 12,5$  m) und andererseits in der Anzahl der ausgewählten Z-Bäume.

Die Z-Bäume werden nach folgenden Kriterien in nachstehender Rangfolge ausgewählt:

- Vitalität (vorherrschende und herrschende soziale Stellung)
- Qualität (keine Schaftkrümmungen, gleichmäßige Kronenausbildung, Fehlen von ausgeprägten Steilästen, keine Stamm- und Wurzelschäden)
- Räumliche Verteilung

Zur Überprüfung des Standorteinflusses wurden die Versuche gezielt auf die gesamte Standortsbreite verteilt (nähere Angaben vergl. Tab. 7). Entsprechend der Zielsetzung wurde das Eingriffsalter so gewählt, dass bereits eine Differenzierung des Bestandes eingetreten war und eine Auswahl von Z-Bäumen möglich erschien.

Die Anzahl der Z-Bäume/ha wurde bei der Versuchsanlage mit 200 für die Referenzflächen (Waldbaurichtlinien, keine gezielte Förderung einzelner Bäume bis Oberhöhe von 12,5 m) und 100 für die Variante I und II (Auswahl und Freistellung der Z-Bäume bei Oberhöhe von 8 bzw. 10 m) festgelegt. Bei der auf den Standorten im Pfälzerwald nach Ertragstafel KERN erreichbaren Grundfläche von 36 m<sup>2</sup>/ha im Alter 120 (II,4 Ekl.) bedeutet dies bei konsequenter Förderung, dass 100 Bäume bei Ausschöpfung der gesamten Grundflächenleistung einen BHD von 68 cm erreichen können. Damit ist die Behandlungsvariante mit der niedrigsten Zahl an Z-Bäume in einem mittleren Abstand von 11 m definiert. Die Obergrenze mit 48 cm BHD und mittlerem Abstand von 8 m ist auf einer Behandlungsvariante von 200 Bäumen definiert.

Bei den Standraumerweiterungsvarianten (Tab. 4) wurde neben der Variante I (Freistellung bei Oberhöhe 10 m und Ästung auf 5 m) zusätzlich die Variante II (Freistellung bei Oberhöhe 8 m und Ästung auf 3 m) eingebaut. Mit der Variante II soll geprüft werden, ob eine relativ frühe Freistellung in Verbindung mit einer Trockenästung auf 3 m eine kostengünstigere Maßnahme darstellt. Außerdem diente die Variante II zur Absicherung einer ungestörten Entwicklung für den Fall, dass die in Variante I erforderliche Grünästung in den unteren Kronenbereichen die Zuwachsleistung erkennbar beeinträchtigt. Diese Frage wurde in einem Parallelversuch nachgegangen (HUSS, 2004).

Das Versuchskonzept für die waldbaulichen Behandlungen in Kiefernjungbeständen mit kontinuierlicher Standraumerweiterung und Ästung von Z-Bäumen ist der Tab. 4 zu entnehmen.

**Tab. 4: Behandlungsrichtlinien für Versuche in Kiefernjungbeständen**

Oberhöhe h <sub>100</sub> (m)	Referenzfläche (Waldbaurichtlinien)	Variante I und II (Standraumerweiterung u. Ästung)
8	Entnahme von Schlechtformigen, Hängern, Peitschern (keine gezielte Förderung einzelner Bäume)	<b>Auswahl und Markierung von 100 Z-Bäume / ha</b> Freistellung der Z-Baum-Kronen durch Entnahme von Bedrängern; Erhaltung des indifferenten Unter- und Zwischenstandes; Entnahme von Schlechtformigen, Kranken, Hängern an den Zwischenflächen <b>Variante II (Ästung auf 3 m)</b>
10	-	<b>Variante I</b> <b>(wie vor jedoch Ästung auf 5 m)</b>
12,5	<b>Auswahl und Markierung von 200 Z-Bäume / ha</b> Entnahme von Bedrängern, Kranken, Peitschern, Hängern <b>(Ästung auf 5 m)</b>	Freistellung der Z-Baum-Kronen durch Entnahme von Bedrängern; Erhaltung des indifferenten Unter- und Zwischenstandes; Entnahme von Kranken, Hängern in den Zwischenflächen
15	Weitere selektive Entnahme von Bedrängern der Z-Bäume	Behandlung wie vor <b>(Ästung auf 8 m)</b>
17,5	Behandlung wie vor <b>(Ästung auf 8 m)</b>	Behandlung wie vor
20	Behandlung wie vor	Behandlung wie vor

Bei dem Grundsatz „Unabhängig von Bonität und Alter werden Eingriffe oberhöhen- bzw. spitzenhöhenbezogen geführt“ unterscheiden sich die Behandlungsrichtlinien für Versuche in Kiefernjungbeständen in Rheinland-Pfalz nicht von den beiden Behandlungsrichtlinien aus

Niedersachsen und Baden-Württemberg. In der Behandlung dagegen sind große Unterschiede in der Phase bis Oberhöhe von 8 m, in der Stammzahlreduktion und in der Anzahl von Z-Bäumen/ha festzustellen. Diese Unterschiede sind in der Tab. 5 ersichtlich.

**Tab. 5: Vergleich der verschiedenen Richtlinien zur Kiefern-Jungbestandspflege**

Behandlungsrichtlinien	bis Oberhöhe 8 m		ab Oberhöhe 8 m	
<b>Rheinland-Pfalz</b> (für Versuche in Kiefernjungbeständen)	keine Maßnahmen		Selektive Begünstigung von 100 Z-Bäumen/ha, keine Stammzahlreduktion	
<b>Niedersachsen</b> (Bestandespflege in gleichaltrigen Beständen)	Entnahme schädigender Weichhölzer, ggf. Protzenentnahme		Selektive Begünstigung von 250-300 Z-Bäumen/ha	
<b>Baden-Württemberg</b> (Richtlinien zur Jungbestandspflege)	<b>erkennbar differenziert</b>	<b>wenig differenziert</b>	<b>erkennbar differenziert</b>	<b>wenig differenziert</b>
	Auskesseln von 200 Kiefern/ha im Radius 2,5 m	Schematische Reduktion auf 3000-4000 Kiefern/ha	Selektive Begünstigung von max. 200 Z-Bäumen/ha	Reduktion auf 1000-1500 Kiefern/ha bzw. 700-800 Kiefern/ha

#### 4.2 Die Versuchsflächen

Die Versuchsflächen wurden im Frühjahr 1989 in den Forstämtern Bad Dürkheim (früher Hardenburg), Dahn, Elmstein (früher Elmstein-Nord) und Schönau angelegt \*). Die Tabelle 6 enthält Angaben über Lage, Klima, Boden und Alter der Versuchspartellen bei der Anlage.

\*) *Nach der Organisationsänderungen zum 01. Januar 2004 liegen die Versuchsflächen in den Forstämtern Bad Dürkheim, Wasgau, Johanniskreuz und Wasgau.*

**Tab. 6: Standort der Kiefernversuchsflächen**

Forstamt Alter *)	Abt.	Höhe ü. NN (m)	Klimawerte		Böden
Bad Dürkheim (28-38)	VIII 31	250	a) 7,9° c) 661 mm	b) 14,1° d) 328 mm	anlehmiger Sand
Dahn (17-22)	VII 17a	370	a) 8,1° c) 856 mm	b) 13,5° d) 397 mm	anlehmiger Sand
Elmstein (16-24)	XIV 12b	435	a) 8,6° c) 820 mm	b) 15,8° d) 360 mm	frische Sande der Trifels- und Rehbergschichten
Schönau (15-17)	VI 2b	250	a) 8,7° c) 857 mm	b) 15,2° d) 372 mm	mäßig frische Sande der Trifels-schichten

\*) Alter der Versuchspartellen bei der Anlage

a) Temperaturmittel im Jahr  
c) Niederschläge im Jahr

b) Temperaturmittel Mai-September  
c) Niederschläge Mai-September

Im Frühjahr 1989 wurden nach der Versuchsanlage alle Versuchspartellen waldwachstumskundlich aufgenommen, Z-Bäume ausgewählt und in den Behandlungsvarianten 1-3 Bedränger pro Z-Baum entnommen. Darüber hinaus wurden die Stammfußkoordinaten der Z-Bäume eingemessen und die Kronen abgelotet. Bei den Z-Bäumen wurden Durchmesser und Höhe ermittelt und die Stammform angesprochen. Entsprechend dem Versuchskonzept wurden die Z-Bäume geastet.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Ausgangssituation bei Versuchsanlage

Die waldwachstumskundlichen Daten der Kiefern auf den Versuchspartellen in den Forstämtern Bad Dürkheim, Dahn, Elmstein und Schönau bei Versuchsanlage im Frühjahr 1989 sind aus der Tabelle 7 ersichtlich.

**Tab. 7: Waldwachstumskundliche Daten der Kiefern-Versuchspartellen bei Versuchsanlage**

Forstamt	Parz-Nr.	Variante	Alter (J.)	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	H <sub>100</sub> (m)	D <sub>100</sub> (cm)	G/ha (m <sup>2</sup> )	V/ha (m <sup>3</sup> )	dGz (m <sup>3</sup> /ha/Jahr)
<b>Bad Dürkheim</b>	01	Referenz	30	II,0	3472	9,9	9,3	11,5	16,0	23,6	98	3,3
	02	Variante I	28	I,8	4224	9,8	8,6	11,0	14,7	24,6	99	3,5
	03	Referenz	38	II,1	2652	12,4	12,5	13,6	20,5	33,4	175	4,6
	07	Variante II	23	I,3	3704	8,8	8,4	9,7	14,6	20,7	77	3,3
<b>Dahn</b>	01	Variante II	17	0,1	7236	7,5	6,4	9,9	12,9	23,5	77	4,5
	02	Referenz	17	0,4	7164	7,2	6,1	9,5	12,7	21,0	71	4,2
	03	Variante I	20	-0,4	6088	10,0	7,5	11,6	14,9	26,8	106	5,3
	04	Referenz	22	0,6	6992	9,1	7,6	12,1	15,5	31,7	113	5,1
<b>Elmstein</b>	11	Referenz	24	0,7	2740	10,3	11,3	12,4	18,3	27,5	125	5,2
	12	Variante I	20	0,5	4896	8,7	8,8	11,1	15,4	29,5	109	5,5
	13	Variante II	16	0,1	4928	7,3	7,8	8,4	12,6	23,7	73	4,6
<b>Schönau</b>	01	Referenz	15	-0,4	4860	7,2	7,8	8,7	12,9	23,3	64	4,3
	02	Variante I	17	-0,6	4864	8,6	8,1	10,2	13,3	25,2	91	5,4
	03	Variante II	15	-0,5	6113	7,3	6,5	8,3	11,5	20,2	65	4,3

Die Versuchspartellen befanden sich bei Versuchsanlage im Bereich der 0. und II. Ertragsklasse (ET WIEDEMANN, mäßige Durchforstung). Die Kiefern (Ausgangsstammzahl etwa 15.000 Pflanzen/ha und Pflanzverband 1 x 0,6 m) standen bei Versuchsanlage mit einer Stammzahl von etwa 2600 bis 7200 Stück/ha je nach Alter und Bonität gedrängt und das Ausscheiden der unterständigen Kiefern war noch voll im Gang.

Als Beispiel wird die Verteilung der Durchmesserstufen von der Parzelle 12 (Forstamt Elmstein) in der Abb. 2 graphisch dargestellt. Danach zeigte der Kiefern-Jungbestand in dieser Parzelle eine relativ große Heterogenität mit einem Variationskoeffizient für den Brusthöhendurchmesser (V%) von 29%. Der mittlere h/d Wert der 100 stärksten Kiefern von 72 und eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 3 und 20 cm zeigten, dass die Kiefern sich trotz hoher Stammzahl/ha deutlich differenziert haben.

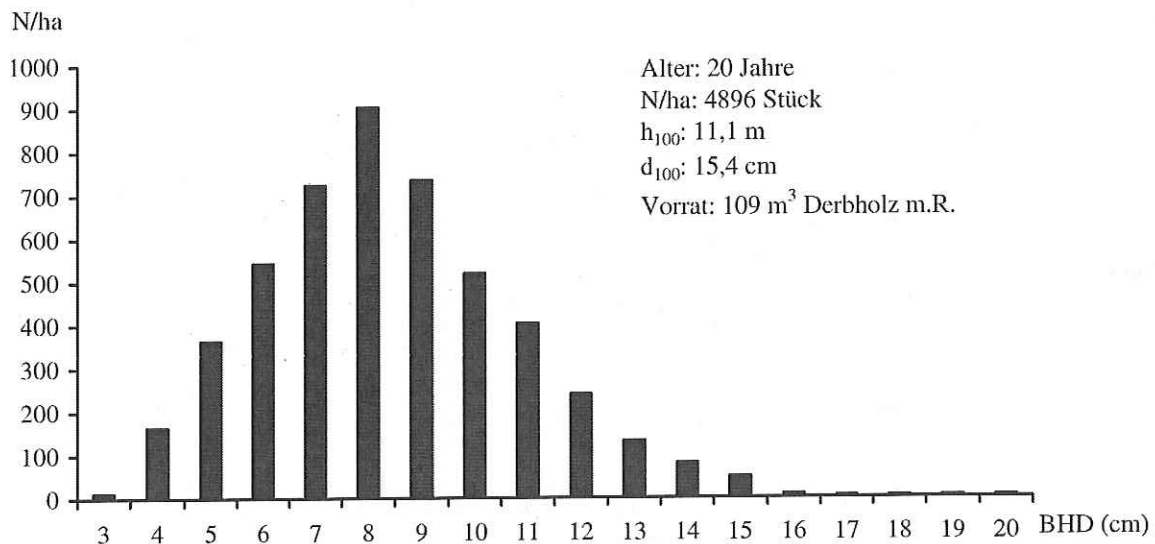


Abb. 2: Durchmesserverteilung in der Versuchsparzelle 12 (Forstamt Elmstein)

## 5.2 Verbleibender Bestand

Die Stammzahl/ha sinkt 15 Jahre nach der Versuchsanlage durch natürliche Mortalität und Pflegeeingriffe auf 21-63% der Ausgangsstammzahl/ha bei Versuchsanlage, wobei in jüngeren Kiefernbeständen das Ausscheiden der Bäume mehr durch natürliche Mortalität als durch Pflegeeingriffe verursacht wird. Mit Zunahme des Alters verschlechtern sich in diesem Zeitraum alle Versuchspartellen im Durchschnitt um etwa 0,5 Bonitätsstufe (Abb. 3).

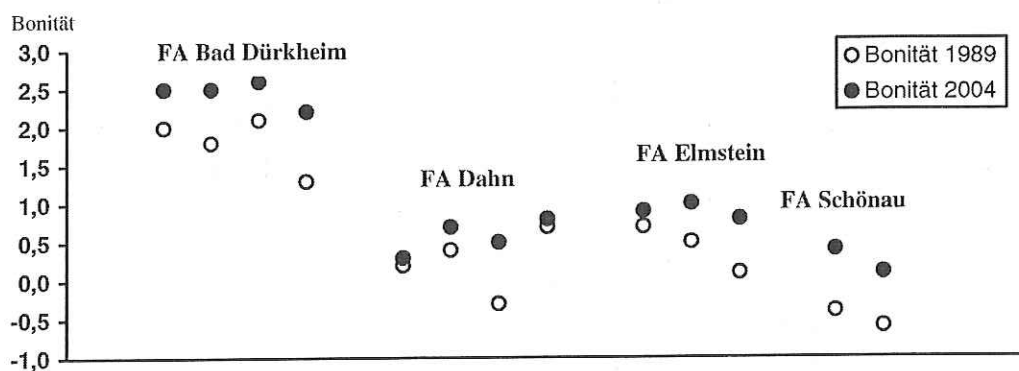


Abb. 3: Veränderung der Bonitäten der Versuchspartellen zwischen 1989 und 2004

Weitere wichtige Kenndaten der verbleibenden Bestände sind in der Tabelle 8 enthalten.

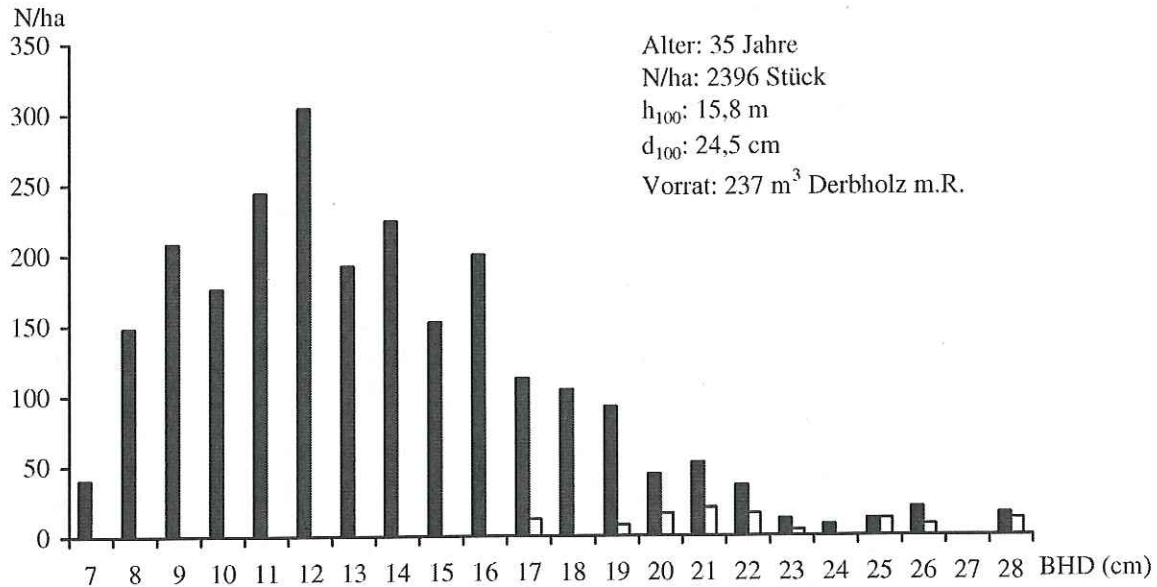
Als Beispiel wird wiederum die Verteilung der Durchmesserstufen von der Parzelle 12 (Forstamt Elmstein) 15 Jahre nach Versuchsanlage in der Abb. 4 graphisch dargestellt. Eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 7 und 28 cm mit einem Variationskoeffizient der Brusthöhendurchmesser (V%) von 34% zeigt, dass eine größere horizontale Differenzierung seit Versuchsanlage festzustellen ist.

**Tab. 8: Waldwachstumskundliche Daten des verbleibenden Bestandes der Kiefern-Versuchspartellen von 1989 bis 2004**

Forstamt	Parz-Nr.	Variante	Alter (J.)	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	H <sub>100</sub> (m)	D <sub>100</sub> (cm)	G/ha (m <sup>2</sup> )	V/ha (m <sup>3</sup> )
Bad Dürkheim	01	Referenz	30	II,0	3284	9,9	9,3	11,5	15,9	22,2	92
			45	II,5	1312	13,2	13,9	14,2	22,2	20,0	118
	02	Variante I	28	I,8	3884	9,8	8,5	11,0	14,7	22,1	89
			43	II,5	1988	12,5	13,1	13,7	22,3	27,0	150
03	Referenz	38	II,1	2440	12,4	12,3	13,6	20,1	29,2	157	
		53	II,6	1008	14,6	16,8	15,8	25,2	22,5	151	
07	Variante II	23	I,3	3452	8,8	8,4	9,6	14,4	18,9	71	
		38	II,2	1728	12,1	13,2	13,1	20,9	23,5	126	
Dahn	01	Variante II	17	0,2	7044	7,2	6,3	10,3	12,7	22,1	77
			32	0,3	1788	14,5	13,2	16,0	23,2	24,4	155
	02	Referenz	17	0,4	7120	7,2	6,1	9,5	12,7	20,9	71
			32	0,7	1524	13,3	13,1	15,9	21,9	20,4	123
03	Variante I	20	-0,3	5952	9,9	7,4	11,6	14,9	25,5	106	
		35	0,5	1580	15,1	13,7	17,5	23,6	23,1	156	
04	Referenz	22	0,7	6612	9,0	7,4	11,9	14,6	28,1	113	
		37	0,8	1376	14,9	13,5	17,9	24,0	19,7	135	
Elmstein	11	Referenz	24	0,7	2304	10,1	11,3	12,4	18,2	23,1	105
			39	0,9	1452	15,5	17,0	17,7	26,6	33,0	239
	12	Variante I	20	0,5	4632	8,6	8,7	11,1	15,4	27,6	102
35			I,0	2396	14,0	14,2	15,8	24,5	38,0	237	
13	Variante II	16	0,1	4680	7,3	7,8	8,4	12,6	22,3	69	
		31	0,8	2620	13,1	12,6	14,2	21,1	32,8	185	
Schönau	01	Referenz	15	-0,4	4452	7,1	7,7	8,6	12,5	20,5	64
			30	0,4	1320	13,6	14,1	14,6	20,3	20,6	124
	02	Variante I	17	-0,6	4280	8,6	8,1	10,2	13,3	25,2	79
32			0,1	1484	14,9	14,2	16,6	21,1	23,7	156	
03*)	Variante II	15	-0,5	5475	7,3	6,5	8,3	11,5	20,2	56	
			25	-0,1	3450	12,2	10,7	13,3	18,5	30,8	158

\*) Die Versuchspartelle 03 im Forstamt Schönau wurde vom Sturm im Winter 1999/2000 stark geschädigt, so dass sie ab 2000 als Solitärfläche weiter beobachtet wird.

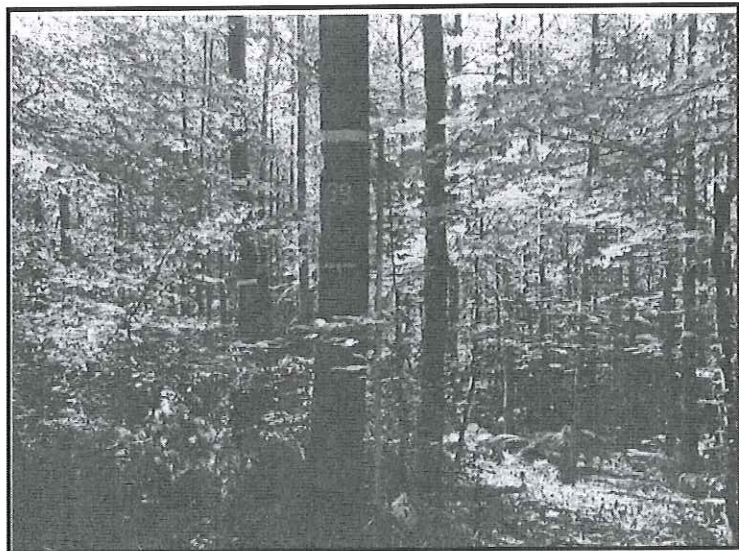




**Abb. 4: Durchmesserverteilung des verbleibenden Bestandes der Parzelle 12 (Forstamt Elmstein) im Alter 35 (schwarz: Gesamtbestand; weiß: Z-Baumkollektiv)**



*Kiefern-Z-Baum, freigestellt und auf 8 m geästet*



*Kiefern mit Buchen-Unterstand im Forstamt Elmstein*

**Abb. 5a und 5b: Blick in die Versuchspartellen im Jahr 2000**

### 5.3 Das Z-Baumkollektiv

Bei der Z-baumorientierten Jungbestandspflege können nach 15jähriger Beobachtungszeit Auskünfte über die ausgewählten Z-Bäume hinsichtlich ihrer Ausfallsquote, der Entwicklung der Durchmesser- und Höhenzuwächse, der  $h/d$  -Verhältnisse und der Kronenerweiterung in den verschiedenen Behandlungsvarianten zwischen den beiden Aufnahmen 1989 und 2004 gegeben werden (Tab. 9).

**Tab. 9: Waldwachstumskundliche Daten der Z-Bäume in dem Beobachtungszeitraum zwischen 1989 und 2004**

Forstamt	Parz.-Nr.	Variante	Alter	N <sub>ZB</sub> /ha	Ausfall (%)	H <sub>ZB</sub>	D <sub>ZB</sub>	h/d	Jährlicher Zuwachs	
			(J.)			(m)			ih (cm)	id (mm)
Bad Dürkheim	01	Referenz (Aufn. 89) (Aufn. 04)	30	172	0	11,4	13,7	83	17	4,3
			45	172		14,0	20,2	69		
	02	Variante I (Aufn. 89) (Aufn. 04)	28	104	4	10,8	13,7	79	19	5,0
			43	100		13,6	21,2	64		
03	Referenz (Aufn. 89) (Aufn. 04)	38	196	0	12,5	16,4	76	19	3,6	
		53	196		15,4	21,8	71			
07	Variante II (Aufn. 89) (Aufn. 04)	23	92	4	9,5	12,7	75	23	5,0	
		38	88		13,0	20,2	64			
Dahn	01	Variante II (Aufn. 89) (Aufn. 99)	17	100	4	10,2	11,5	89	38	7,3
			32	96		15,9	22,4	71		
	02	Referenz (Aufn. 99) (Aufn. 04)	27	200	2	13,7	16,7	82	32	5,0
			32	196		15,3	19,2	80		
03	Variante I (Aufn. 89) (Aufn. 04)	20	92	4	11,2	12,6	89	40	6,3	
		35	88		17,2	22,1	78			
04	Referenz (Aufn. 92) (Aufn. 04)	25	216	0	12,7	14,4	88	38	5,6	
		37	216		17,3	21,2	82			
Elmstein	11	Referenz (Aufn. 89) (Aufn. 04)	24	188	6	11,7	15,7	75	37	5,3
			39	176		17,2	23,7	73		
	12	Variante I (Aufn. 89) (Aufn. 04)	20	108	0	10,3	12,6	82	35	6,5
35			108	15,6		22,4	70			
13	Variante II (Aufn. 89) (Aufn. 04)	16	104	0	8,2	10,8	76	40	6,4	
31	104	14,2	20,4		70					
Schönau	01	Referenz (Aufn. 99) (Aufn. 04)	25	200	10	12,9	15,0	86	24	4,2
			30	180		14,1	17,1	82		
	02	Variante I (Aufn. 89) (Aufn. 04)	17	116	7	9,9	11,8	84	43	5,5
32			108	16,4		20,0	82			
03	Variante II (Aufn. 89) (Aufn. 99)	15	106	17	8,1	10,1	80	51	7,2	
25	88	13,2	17,3		76					

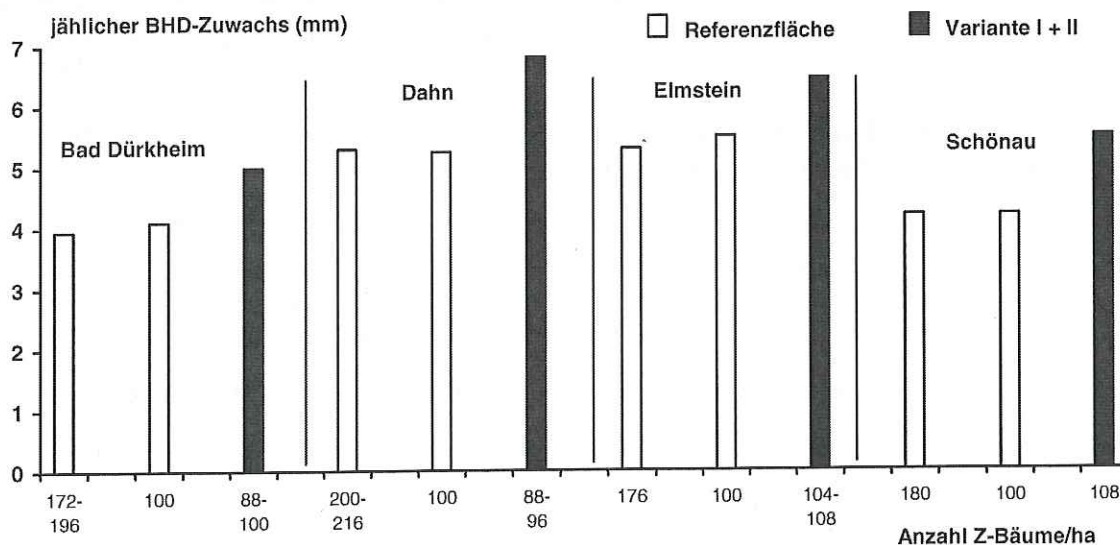
Bei den Referenzflächen haben die Z-Bäume in einigen Versuchspartellen kürzere Beobachtungszeit als 15 Jahre (Fettschrift in der Tab. 9), weil sie bei Versuchsanlage eine Oberhöhe von 12,5 m noch nicht erreicht hatten. Die Versuchspartelle 03 im Forstamt

Schönau wurde vom Sturm im Winter 1999/2000 stark geschädigt, so dass sie ab 2000 als Solitärfläche weiter beobachtet wird (Tab. 8).

**Die Ausfälle** der Z-Bäume in den Versuchspartellen waren auf die starken Stürme im Winter 1990 und 1999 zurückzuführen. Während der Ausfall von Z-Bäumen durch den Sturm im Winter 1990 nur etwa 3% betrug, verursachte der Sturm im Winter 1999 einen starken Schaden in der Parzelle 03 des Forstamts Schönau. Diese Parzelle wird ab dem Jahr 2000 als Solitärfläche weiter beobachtet.

Der jährliche **Durchmesserzuwachs** der Z-Bäume beträgt in den 15jährigen Beobachtungszeitraum bei den Behandlungsvarianten I und II mit 100 Z-Bäumen im Mittel 0,6 cm (0,50-0,73 cm) und bei den Referenzflächen mit 200 Z-Bäumen im Mittel 0,45 cm (0,36-5,4cm).

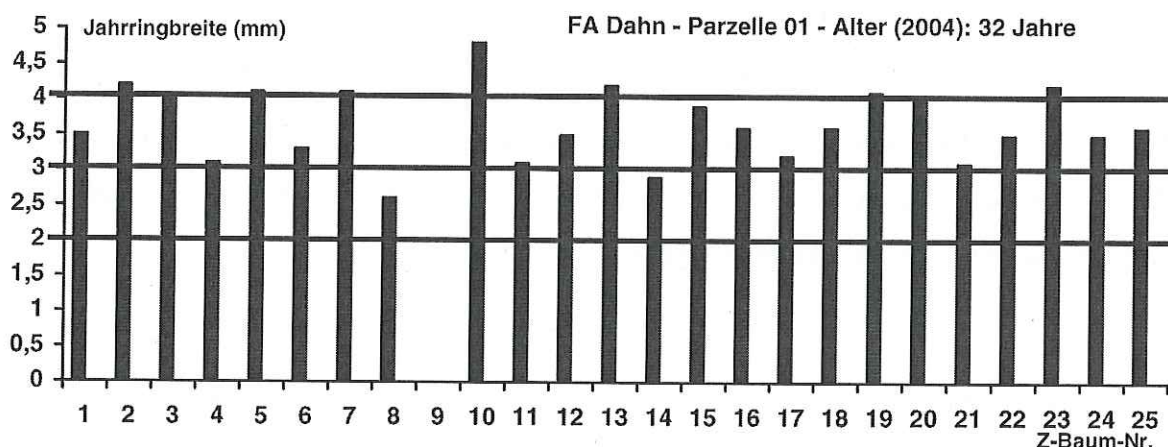
Da die Anzahl der Z-Bäume in den verschiedenen Varianten unterschiedlich sind, wird in der Abb. 6 der Durchmesserzuwachs der 100 stärksten Z-Bäume in den Referenzflächen dem der Z-Bäume in den Varianten I und II gegenübergestellt.



**Abb. 6: Vergleich des Durchmesserzuwachses der Z-Bäume und der 100 stärksten Z-Bäume der Referenzflächen mit dem der Z-Bäume der Variante I und II**

Aus der Abb. 6 ist deutlich zu ersehen, dass die 100 stärksten Z-Bäume im Kollektiv der Z-Bäume in den Referenzflächen in den letzten 15 Jahren keinen höheren Durchmesserzuwachs als das gesamte Z-Baumkollektiv aufweisen. Damit ist der höhere BHD-Zuwachs der Z-Bäume in den Varianten I und II nicht auf eine unterschiedliche Anzahl der Z-Bäume/ha, sondern auf die frühere Freistellung zurückzuführen.

Bei einer mittleren Jahrringbreite von 3 bis 4 mm im Alter der Versuchspartellen um 25-30 Jahre ist nach THREN (1987) eine Beeinträchtigung der Qualität nicht zu befürchten, da, abgesehen von der Jugendphase, die Jahrringbreite stets unterhalb 3 mm bleiben wird. Auch in stark gelichteten Versuchsflächen (ABETZ, 1987) lag der periodische Durchmesserzuwachs bei 0,6 cm / Jahr. Als Beispiel wird in der Abb. 7 die mittleren Jahrringbreiten der Z-Bäume in der Versuchspartelle 01 des FA Dahn dargestellt. Das Z-Baumkollektiv hat in der 15jährigen Beobachtungsperiode eine mittlere Durchmesserzunahme von 10,9 cm (entspricht einem jährlichen BHD-Zuwachs von 0,73cm oder einer mittlere Jahrringbreite von 3,65mm).



**Abb.7: Mittlerer jährlicher Radialzuwachs in der Periode zwischen 1989 und 2004 der Versuchspartelle 01 im Forstamt Dahn**

Mittlere Jahrringbreite aller Z-Bäume: **3,65 mm** [BHD (89): 11,5 cm; BHD (04): 22,4 cm]

38% der Z-Bäume hatten Jahrringbreiten  $\geq 4,0$  mm

54% der Z-Bäume hatten Jahrringbreiten zwischen 3,0 und 3,9 mm

8% der Z-Bäume hatten Jahrringbreiten zwischen 2,0 und 2,9 mm

Der jährliche **Höhenzuwachs** der Z-Bäume beträgt in dem Beobachtungszeitraum unabhängig von den Behandlungsvarianten auf allen Versuchspartellen je nach Standort etwa zwischen 20-40 cm. Diese Werte liegen im Rahmen der Höhenzuwächse der Ertragstafeln (KERN 1958, WIEDEMANN 1943) vergleichbarer Bonitäten. Nach den Untersuchungen von THREN (1987) an vorherrschenden Kiefern wird damit gerechnet, dass der Höhenwuchs auch bei weitständig erzogenen Bäumen dem Ertragstafelverlauf folgt. Auch PARVIAINEN (1978) hat festgestellt, dass der Höhenzuwachs an den herrschenden Bäumen unabhängig von der Stärke der Durchforstung ist.

Ein wichtiger Maßstab für die Stabilität ist der **Schlankheitsgrad** (h/d-Verhältnis) (KRAMER, 1988). Aus der Tabelle 9 kann die Entwicklung der h/d-Werte der Z-Bäume bei den verschiedenen Behandlungsvarianten entnommen werden. Demnach entwickeln sich die h/d-Werte der Referenzflächen mit 200 Z-Bäumen im Durchschnitt von 80 auf 74, während

sich die h/d-Werte der Behandlungsvarianten I und II mit 100 Z-Bäumen von 82 auf 71 verbessern. Auch hier werden die h/d-Werte der 100 stärksten Z-Bäume in den Referenzflächen mit denen der 100 Z-Bäume in den Varianten I und II verglichen. Demnach entwickeln sich die h/d-Werte der 100 stärksten Z-Bäume der Referenzflächen von 76 auf 71. Nach ABETZ und PRANGE (1976) sowie THOMASIU (1980) und SPELLMANN, CASPARI u. MICHALEWSKI (1984) gilt der h/d-Wert von 80 als Grenzwert für die Bestandessicherheit gegenüber Schneebelastungen. Somit erfüllen alle Varianten diese Voraussetzung; der Unterschied liegt in der schnelleren Absenkung der h/d-Werte der Z-Bäume in den Varianten I und II als die h/d-Werte der Z-Bäume in den Referenzflächen.

Durch die Standraumerweiterung infolge der Entnahme von unmittelbaren Bedrängern haben die Z-Bäume innerhalb von 14 Jahren die Fläche ihrer Kronen mehr als verdoppelt. Trotzdem beträgt die absolute mittlere Kronenschirmfläche der Z-Bäume in den Referenzflächen im Alter zwischen 30 und 53 Jahren (Aufnahme 2004) nur 13,8 m<sup>2</sup> (entspricht einem Kronendurchmesser von 4,2 m) und bei der Variante I und II im Alter zwischen 31 und 43 Jahren nur 17,4 m<sup>2</sup> (entspricht einem Kronendurchmesser von 4,7 m). Dieser Wert zeigt deutlich, dass die Fähigkeit der Baumart Kiefer zur **Kronenerweiterung** relativ schwach ist. Auch hier werden die mittleren Kronenschirmflächen der 100 stärksten Z-Bäume in den Referenzflächen mit denen der 100 Z-Bäume in den Varianten I und II verglichen (Tab. 10).

**Tab. 10: Mittlere Kronenschirmflächen des gesamten Z-Baumkollektivs und der stärksten 100 Z-Bäume in den Referenzflächen (Aufnahme 2004)**

Forstamt	Parz.-Nr.	Variante	Alter (Jahr)	N <sub>ZB</sub> /ha (Stück)	mittlere KSF* (Referenz) (m <sup>2</sup> )		mittlere KSF* (Variante I und II) (m <sup>2</sup> )
					Gesamt- kollektiv	100 stärkste ZB/ha	
<b>Bad Dürkheim</b>	01	Referenz	45	172	15,8	17,1	
	02	Variante I	43	100			18,2
	03	Referenz	53	196	13,9	15,7	
	07	Variante II	38	88			19,3
<b>Dahn</b>	01	Variante II	32	96			17,9
	02	Referenz	32	196	10,3	11,4	
	03	Variante I	35	88			20,2
	04	Referenz	37	216	14,1	17,2	
<b>Elmstein</b>	11	Referenz	39	176	16,8	18,4	
	12	Variante I	35	108			16,2
	13	Variante II	31	104			14,1
<b>Schönau</b>	01	Referenz	30	180	11,9	13,6	
	02	Variante I	32	108			15,7
<b>im Mittel</b>					13,8	15,6	17,4

\*) KSF = Kronenschirmfläche

Aus der Tab. 10 ist deutlich zu ersehen, dass die Z-Bäume in den Varianten I und II trotz des jüngeren Alters (im Mittel 35 Jahre) eine größere mittlere Kronschirmfläche ( $17,4 \text{ m}^2$ ) als die der 100 stärksten Z-Bäume ( $15,6 \text{ m}^2$ ) in den Referenzflächen (im Mittel 39 Jahre alt) aufweisen. Dies bedeutet, dass eine frühzeitige Freistellung der Z-Bäume positive Auswirkungen auf ihre Kronenerweiterung hat.

Als Beispiel zeigen Abb. 8 und 9 die Kronenkarten der Z-Bäume der vier Versuchsparzelle im Forstamt DAHN für die Aufnahmen 2004.

Aus der Abbildung 8 und 9 ist deutlich festzustellen, dass die Z-Bäume in den Referenzflächen (auch die stärksten 100 Z-Bäume/ha) kleinere Kronen als die Z-Bäume in den Varianten I und II aufweisen.

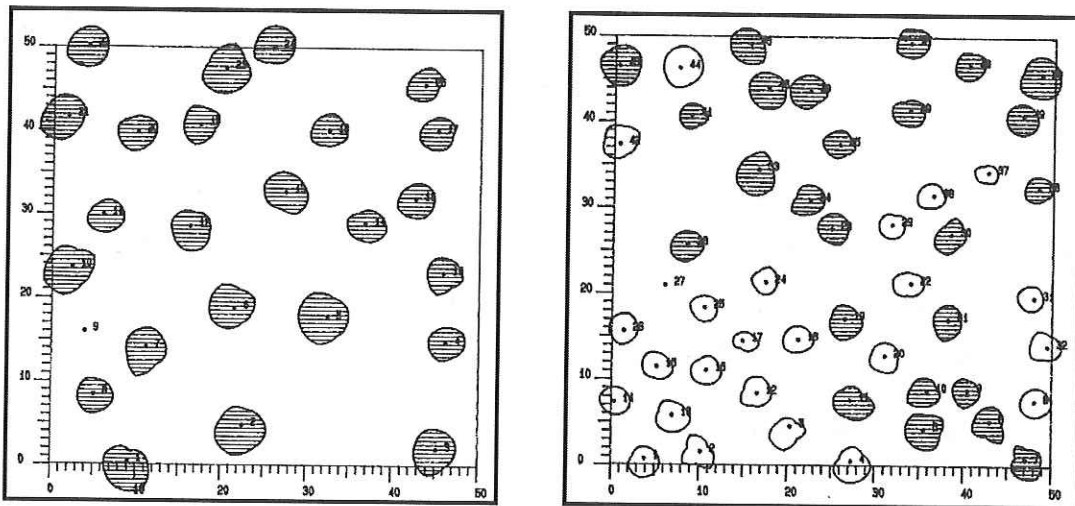


Abb. 8: Darstellung der Z-Baumkronen der Parz. 01 (Variante I, Alter 32, links) und der Parz. 02 (Referenzfläche, Alter 32, rechts, 100 stärkste ZB/ha (schraffiert))

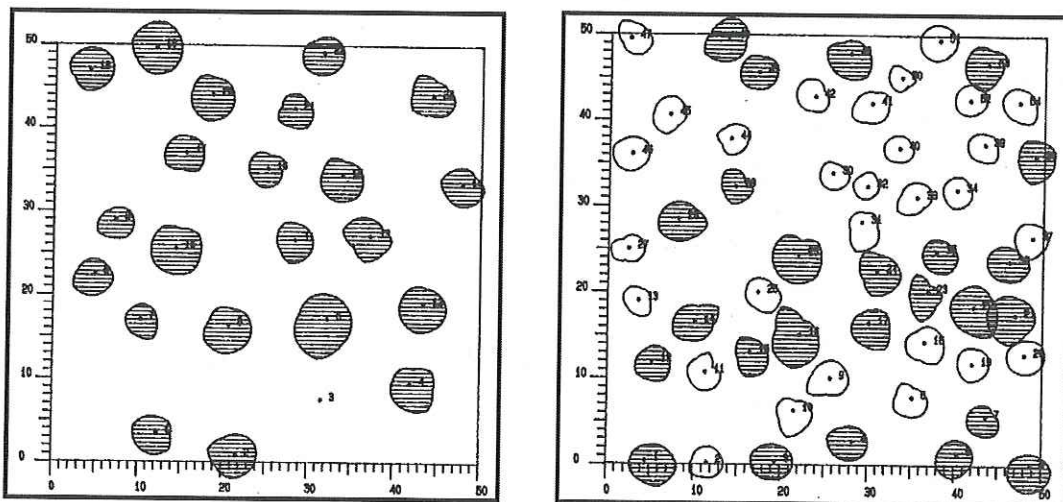
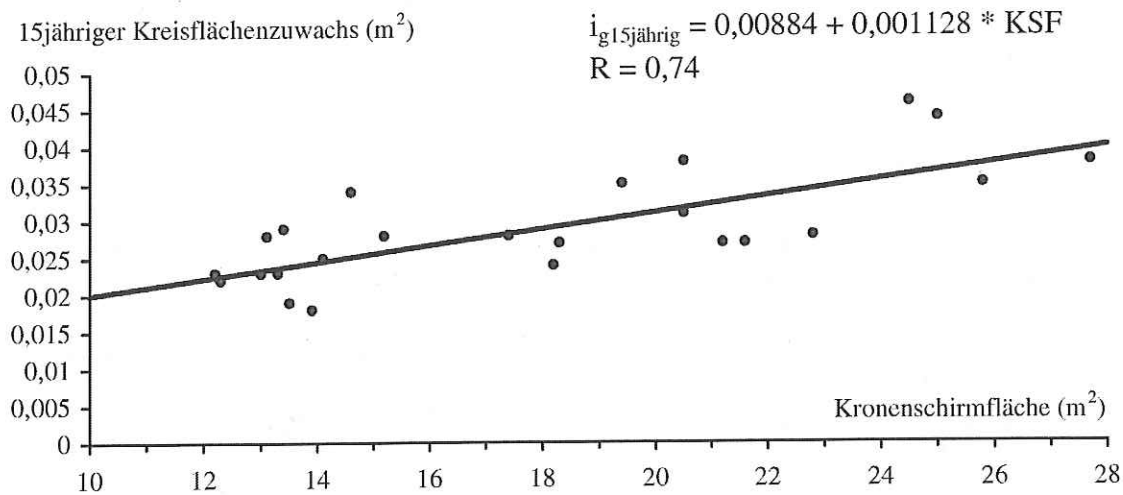


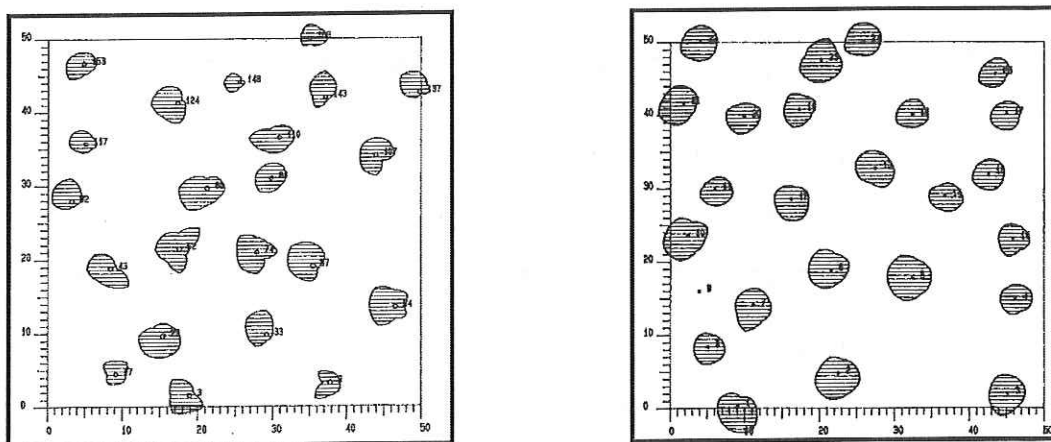
Abb. 9: Darstellung der Z-Baumkronen der Parz. 03 (Variante II, Alter 35, links) und der Parz. 04 (Referenzfläche, Alter 37, rechts, 100 stärkste ZB/ha (schraffiert))

Abb. 10 zeigt den Einfluss der Kronenschirmfläche auf den Kreisflächenzuwachs. Hieraus geht hervor, dass Bäume mit größeren Kronen mehr Zuwachs als Bäume mit kleineren Kronen leisten. Da die Ausladefähigkeit der Kiefern-Kronen mit Zunahme des Alters immer kleiner wird, ist es besonders wichtig, die Kiefern sehr frühzeitig zu fördern. Bei später Freistellung ist nicht zu erwarten, dass ihre Kronen noch entscheidend auf den freien Raum reagieren (DONG und ROEDER, 2000)



**Abb. 10: Beziehung zwischen Kreisflächenzuwachs und Kronenschirmfläche des Z-Baumkollektivs der Versuchsparzelle 01 im Forstamt Dahn**

Abb. 11 zeigt die Kronenkarten der Z-Bäume von 2 Parzellen (eine Parzelle im Alter 82 nach konventioneller und eine Parzelle im Alter 32 nach Z-baumorientierter Behandlung) im Forstamt Hochspeyer und Dahn. Hier wird deutlich, wie wichtig eine frühzeitige Freistellung für die Zuwachs- und Wertträger ist. Die mittlere Kronenschirmfläche des 82jährigen Bestandes (14,3 m<sup>2</sup>) liegt noch unter dem Wert des 32jährigen Bestandes (17,9 m<sup>2</sup>).



**Abb. 11: Darstellung der Z-Baumkronen eines 82jährigen Bestandes (konventionelle Behandlung, Parzelle 06, FA Hochspeyer, links) und eines 32jährigen Bestandes (Z-Baumorientierte Behandlung, Parzelle 01, FA Dahn, rechts)**

## 5.4 Ausscheidender Bestand

Die Eingriffe in der Zeit zwischen 1989 und 2004 wurden hauptsächlich auf die Förderung der Z-Bäume orientiert. Bedränger ist derjenige Baum, der in das obere Drittel der grünen Krone des Z-Baumes hineinragt oder unmittelbar hineinzuwachsen droht. Die Entnahme der Bedränger wird so durchgeführt, dass die Z-Bäume bis zum nächsten Eingriff in dem oberen Drittel der Krone Freiheit haben. Dies bedeutet möglichst keine dauerhafte Unterbrechung des Kronenschlusses. Abgesehen von dem ersten Eingriff, bei dem die Schlechtformigen, Kranken und Hänger entnommen wurden, bleibt das Zwischenfeld unberührt. Tabelle 11 zeigt die wichtigsten Kenndaten der ausscheidenden Bestände zwischen den Aufnahmen 1989 und 2004 in den Kiefern-Versuchspartellen.

**Tab.11: Waldwachstumskundliche Daten des ausscheidenden Bestandes in den Kiefern-Versuchspartellen zwischen den Aufnahmen 1989 und 2004**

Forstamt	Parz-Nr.	Variante	Alter (Jahre)	V/ha (m <sup>3</sup> m. R.) BHD < 17 cm	V/ha (m <sup>3</sup> m. R.) BHD ≥ 17 cm	ΣV/ha (m <sup>3</sup> m. R.)
Bad Dürkheim	01	Referenz	30-40	50 (86%)	8 (14%)	58
			40-45	23 (51%)	22 (49%)	45
	02	Variante I	28-38	29 (94%)	2 (06%)	31
			38-43	21 (54%)	18 (46%)	39
03	Referenz	38-48	59 (61%)	38 (39%)	97	
		48-53	16 (36%)	29 (64%)	45	
07	Variante II	23-33	21 (94%)	1 (06%)	22	
		33-38	22 (63%)	13 (37%)	35	
Dahn	01	Variante II	17-27	32 (90%)	4 (10%)	36
			27-32	32 (64%)	18 (36%)	50
	02	Referenz	17-27	51 (96%)	2 (04%)	53
			27-32	36 (71%)	15 (29%)	51
03	Variante I	20-30	37 (92%)	3 (08%)	40	
		30-35	37 (66%)	19 (34%)	56	
04	Referenz	22-32	41 (86%)	7 (14%)	48	
		32-37	46 (59%)	32 (41%)	78	
Elmstein	11	Referenz	24-34	46 (57%)	35 (43%)	81
			34-39	10 (28%)	26 (72%)	36
	12	Variante I	20-30	35 (70%)	15 (30%)	50
30-35			15 (47%)	17 (53%)	32	
13	Variante II	16-26	23 (78%)	6 (22%)	29	
		26-31	19 (61%)	12 (39%)	31	
Schönau	01	Referenz	15-25	44 (94%)	3 (06%)	47
			25-30	83 (83%)	17 (17%)	100
02	Variante I	17-27	45 (95%)	2 (05%)	47	
		27-32	55 (63%)	33 (37%)	88	

Der Anteil der Stämme mit Durchmesser ≥ 17 cm der bei der Jungbestandspflege bis 1999 entnommenen Kiefern zwischen Alter 25 und 48 betrug für alle Varianten im Mittel nur etwa



15%. Dieses entnommene Material war unverwertbar. Als verwertbar gilt Material im allgemeinen bei Nadelbaumarten ab einem BHD von 17 cm. Von 1999 bis 2004 zwischen dem Alter 30 und 53 betrug der Anteil der Stämme mit Durchmesser  $\geq 17$  cm für alle Varianten im Mittel etwa 43% (Tab. 11). Auch mit diesem Anteil ist ein Deckungsbeitrag noch nicht erreicht (Tab. 12).

**Tab. 12: Bruttoerlös, Erntekosten und Reinerlös der Durchforstungsmasse (Aufnahme 2004)**

Forstamt	Parz. Nr.	Variante	Alter (Jahre)	Ekl.	Bruttoerlös /ha	Erntekosten /ha	Reinerlös /ha
Bad Dürkheim	01	Referenz	45	II,5	588	888	-300
	02	Variante I	43	II,5	544	760	-216
	03	Referenz	53	II,6	664	1124	-460
	07	Variante II	38	II,2	492	748	-256
Dahn	01	Variante II	32	0,3	512	812	-300
	02	Referenz	32	0,7	492	888	-396
	03	Variante I	35	0,5	392	508	-116
	04	Referenz	37	0,8	708	1100	-392
Elmstein	11	Referenz	39	0,9	508	520	-12
	12	Variante I	35	I,0	404	552	-148
	13	Variante II	31	0,8	392	672	-280
Schönau	01	Referenz	30	0,4	864	1296	-432
	02	Variante I	32	0,1	672	960	-288

### 5.5 Gesamtwuchsleistung, laufender Zuwachs und durchschnittlicher Gesamtzuwachs

Nach der Untersuchung von KERN über den Wachstumsgang der Kiefer im Buntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes ist die Gesamtwuchsleistung der Pfälzer-Kiefer den Tafelwerten von WIEDEMANN deutlich überlegen. Diese Überlegenheit ist nach KERN in der Jugend gering, im Baum- und Altholz dagegen stärker ausgeprägt.

Die Gesamtwuchsleistung (GWL) der Versuche liegt höher als die Werte der Kiefern-Ertragstafel von WIEDEMANN (1943) und entsprechen in etwa den Ertragstafel-Werten von KERN (1954). Dies deutet - wie schon von KERN festgestellt wurde - auf ein höheres Ertragsniveau der Pfälzerwald-Standorte gegenüber den nordwestdeutschen Kiefern-Standorten von WIEDEMANN hin (Tab. 13).

**Tab.13: Gesamtwuchsleistung und Zuwachs der Kiefern-Versuchspartellen zwischen den Aufnahmen zwischen 1989 und 2004**

Forstamt	Parz-Nr.	Variante	Alter (Jahre)	Ekl.	GWL (m <sup>3</sup> m.R.)	GWL KERN	GWL WIEDE- MANN	LZ (m <sup>3</sup> m.R.)	dGz (m <sup>3</sup> m.R./ ha/Jahr)
Bad Dürkheim	01	Referenz	30	II,0	98			-	3,3
			45	II,5	221	222	207	8,2	4,9
	02	Variante I	28	I,8	99			-	3,5
			43	II,5	220	206	192	8,1	5,1
	03	Referenz	38	II,1	175			-	4,6
			53	II,6	293	275	257	7,9	5,5
	07	Variante II	23	I,3	77			-	3,3
			38	II,2	183	185	171	7,1	4,8
Dahn	01	Variante II	17	0,2	77			-	4,5
			32	0,3	241	250	221*	10,9	7,5
	02	Referenz	17	0,4	71			-	4,2
			32	0,7	227	221	199*	10,4	7,1
	03	Variante I	20	-0,3	106			-	5,3
			35	0,5	252	277	250*	9,7	7,2
	04	Referenz	22	0,7	113			-	5,1
			37	0,8	261	280	256*	9,9	7,1
Elmstein	11	Referenz	24	0,7	125			-	5,2
			39	0,9	356	297	272*	15,4	9,1
	12	Variante I	20	0,5	109			-	5,5
			35	1,0	319	238	219	14,1	9,1
	13	Variante II	16	0,1	73			-	4,6
			31	0,8	245	201	182*	11,5	7,9
Schönau	01	Referenz	15	-0,4	64			-	4,3
			30	0,4	271	214	189*	13,8	9,0
	02	Variante I	17	-0,6	91			-	5,4
			32	0,1	291	263	233*	13,3	9,1
	03	Variante II	15	-0,5	65			-	4,3
			25	-0,1	188		136*	12,3	7,5

\*) extrapolierte Werte

Auch der laufende jährliche Zuwachs (LZ) und der durchschnittliche Gesamtwuchs (dGz) der Kiefern-Versuchspartellen übersteigen ebenfalls die entsprechenden Ertragstafelwerte von WIEDEMANN, mäßige Durchforstung und sind auf ähnlichem Niveau wie die KERN'schen Tafelwerte.

### 5.6 Wachstumsvergleich mit unbehandelten Vergleichsflächen

Da in der Versuchskonzeption im Jahr 1989 keine Nullfläche vorgesehen war, erscheint es interessant, zusätzliche Informationen über das Wachstum der Kiefer in unbehandelten Flächen auf zwei jüngeren Weiserflächen in den Forstämtern Otterberg und Schönau zum Vergleich heranzuziehen.

Es handelt sich in jedem Forstamt bei der Anlage im Winter 1998/99 um zwei Weiserflächen (Freistellungsvariante und unbehandelte Vergleichsfläche) beim Alter von 20 bzw. 21 Jahren

mit einer Höhe des Z-Baumkollektivs von etwa 10 m. Alle Weiserflächen stocken auf den armen Sanden des mittleren Buntsandsteins. Der durchschnittliche Jahresniederschlag in Otterberg (Wuchsbezirk Nördlicher Pfälzerwald) liegt mit 710 mm deutlich unter dem Jahresniederschlag in Schönau (südlicher Pfälzerwald) mit 875 mm. Der Bestand in Otterberg ist aus Naturverjüngung und der Bestand in Schönau ist aus Pflanzung entstanden. Auf jeder Weiserfläche wurden zwischen 148 und 153 Z-Bäume/ha ausgewählt und bei der Freistellungsvariante wurden die Z-Bäume freigestellt und auf 6 m geästet. Ergebnisse der waldwachstumskundlichen Aufnahme im Winter 98/99 und 03/04 sind in der Tab. 14 ersichtlich.

**Tab. 14: Waldwachstumskundliche Daten der Versuchspartzen**

Forstamt	Parz.-Nr.	Variante	Alter	Hg	Dg	G/ha	V/ha	GWL	N <sub>ZB</sub> /ha	H <sub>ZB</sub>	D <sub>ZB</sub>	h/d	BHD-Zuwachs (ZB)
			(J.)	(m)	(cm)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(St.)	(m)	(cm)	(ZB)	(mm)
Otterberg (Naturverjüngung)	01	Freistellung	20	8,6	8,3	20,8	78	106	153	10,1	14,0	72	5,4
			25	10,4	10,7	17,0	77	135	153	11,4	16,7	68	
	02	Nullfläche	20	9,1	9,6	27,4	109	109	153	10,0	13,4	75	3,8
			25	11,1	11,7	30,1	145	145	153	11,6	15,3	76	
Schönau (Pflanzbestand)	13	Freistellung	20	9,8	10,2	17,1	73	110	148	10,6	13,8	77	5,8
			25	12,1	12,9	16,2	87	167	140	12,4	16,7	74	
	14	Nullfläche	21	10,2	10,8	33,0	147	147	148	10,8	13,7	79	2,8
			25	12,2	12,1	36,5	195	195	144	12,9	14,8	87	

Der jährliche Durchmesserzuwachs der Z-Bäume in der Freistellungsvariante ist dem in der unbehandelten Vergleichsfläche weit überlegen. Während die Freistellungsvariante einen durchschnittlichen Durchmesserzuwachs in den letzten 5 Jahren zwischen 5,4 und 5,8 mm (im Mittel 5,6 mm) aufweist, erreicht die Nullfläche nur Werte zwischen 2,8 und 3,8 mm (im Mittel 3,3 mm). Während die h/d-Werte der Z-Bäume in den Freistellungsvarianten im Mittel von 75 auf 71 absinkt, nehmen die h/d-Werte des Z-Baum-Vergleichskollektivs in den Nullflächen im Mittel von 77 auf 81 zu (Tab. 14).

## 6 Diskussion und vorläufige Schlussfolgerungen

### 6.1 Diskussion

Aufgrund der Ergebnisse der 15jährigen Versuche zur Kiefern-Jungbestandspflege auf den verschiedenen Standorten des Pfälzerwaldes konnten einige Erkenntnisse über Standortseinfluss, Auswahl und Anzahl der Z-Bäume, Zeitpunkt, Art und Stärke der Z-Baum-

Freistellung und Ästung gewonnen werden, die der forstlichen Praxis brauchbare Hinweise für die Bewirtschaftung von Kiefern-Beständen geben können.

#### • Standortseinfluss

Als Folge der frühzeitig gezielten Förderung der zukünftigen Zuwachs- und Wertträger (Z-Bäume) bei den Varianten I und II hat auf allen Versuchsstandorten das Durchmesserwachstum deutlich zugenommen. Obwohl der Versuchsstandort im Forstamt Bad Dürkheim mehr als 2 Ertragsklassen unter den übrigen Standorten liegt, erreichten die Varianten I und II in dem 15jährigen Beobachtungszeitraum einen durchschnittlichen jährlichen Durchmesserzuwachs von 0,5 cm (Tab. 9). Dies liegt zwar unter den Zuwachswerten in den anderen Versuchsbeständen in den Forstämtern Dahn, Elmstein und Schönau; der Unterschied zu den besseren Bonitäten wird jedoch geringer.

#### • Auswahl und Anzahl der Z-Bäume/ha

Die Auswahl von Z-Bäumen ist ein wichtiger Arbeitsschritt bei der Jungbestandspflege. Die Kriterien Vitalität, Qualität und Verteilung müssen in dieser Reihenfolge eingehalten werden. Die Z-Bäume sollen möglichst aus der Kraft'schen Baumklasse 1 und nur mit einem kleinen Anteil aus der Baumklasse 2 ausgewählt werden. Es ist durchaus verständlich, dass man bei der Auswahl der Zuwachs- und Wertträger Bäume mit sehr guter Qualität trotz geringer Stärke (z. B. Untergrenze der Baumklasse 2) bevorzugt. Nach den Untersuchungsergebnissen kann eindeutig festgestellt werden, dass feinastige Bäume mit geringer Durchmesser und guter Stammform meist einen geringeren Stärkenzuwachs als die vitaleren Bäume mit stärkerem Anfangsdurchmesser aufweisen. Sie sind weniger stabil und brauchen wesentlich längere Zeit, um die Zielstärke zu erreichen. Ein Kompromiss zugunsten der Vitalität und Stabilität muss bei der Auswahl der Z-Bäume in manchen Fällen geschlossen werden.

Die Auswahl von Z-Bäumen nach a- und b-Typen (LOCKOW, 1991 u.1992)\*) wurde bei den Kiefern-Versuchen im Pfälzerwald nicht untersucht, weil die Kiefern des a-Typs im Pfälzerwald im Gegensatz zu ostdeutschen Kiefern nur selten vorkommen.

---

\*) Herrn Prof. Dr. LOCKOW danken wir für den Hinweis auf die Entwicklungsgruppen a und b sowie die Übergangsformen zwischen den beiden Entwicklungsgruppen anlässlich seines Besuches in unseren Kiefern-Versuchsflächen in Hochspeyer und Elmstein.

Die Anzahl der Z-Bäume richtet sich einerseits nach der Kronendimension (Kronenschirmfläche), die die Kiefer im Endbestand erreichen können, und andererseits nach dem Zieldurchmesser und der Grundfläche/ha des Endbestandes. Nach Wachstumsuntersuchungen von THREN (1986) an Kiefern-„Solitären“ und herrschenden Bestandeskiefern aus dem Pfälzer Wald ergäbe sich für einen angestrebten Mitteldurchmesser des Z-Baumkollektivs von 60 cm eine mittlere Kronenschirmfläche von 63 m<sup>2</sup>, entsprechend 145 Z-Bäumen bei einem Überschirmungsgrad von 0,9.

Bei der Ermittlung der Z-Baumzahl nach Zieldurchmesser und Grundfläche/ha des Endbestandes wird wie folgt vorgegangen:

Durchschnittliche Bonität von Kiefernbeständen in Pfälzerwald: II,4

Grundfläche/ha im Alter 120 bei II,4 Bonität: 36,0 m<sup>2</sup> (Ertragstafel KERN, 1954)

Zielstärke: 55,0 cm m.R. (Tab. 1)

Daraus ergibt sich eine Anzahl der Z-Bäume von etwa 150 Bäumen/ha.

#### • Zeitpunkt, Art und Stärke der Z-Baum-Freistellung

Der Zeitpunkt der Freistellung von Z-Bäumen sollte unmittelbar nach der Auswahl der Z-Bäume erfolgen. Aus den Untersuchungsergebnissen sollte dieser Zeitpunkt bei Oberhöhe zwischen 8 und 10 m gewählt werden. Als Erfahrungswerte kann in der Tabelle 15 das Alter der Kiefernbestände im Pfälzerwald, die eine Oberhöhe von 10 m erreichen, angegeben werden. Da die Fähigkeit der Kronenerweiterung bei der Baumart Kiefer relativ schwach ist, sollte die Freistellung sukzessiv durchgeführt werden, damit keine Verluste an Gesamtwuchsleistung hingenommen werden müssen. Dies bedeutet, dass die Kronenfreiheit der Z-Bäume nur bis zum nächsten Eingriff gewährleistet wird.

**Tab. 15: Alter der Kiefernbestände bei einer Oberhöhe von 10 m**

Bonität	Alter (Jahre)
besser als I, 5	16 – 20
I,5 – II,5	20 – 24
schlechter als II,5	24 – 28

#### • Ästung

Im folgenden soll die Investition für die Ästung auf 6 m und Hochästung auf 8 m gegenüber gestellt (Tab. 16) und in der Tab. 17 der Mehrerlös durch die Wertästung bei verschiedenem Zinsfuß nach der Methode der kritischen Werte berechnet werden (ROEDER, 1989).

**Tab. 16: Gegenüberstellung der Kosten für die Ästung auf 6 m und Hochästung auf 8 m**

Baumart: Kiefer

150 geästete Stämme (BHD = 55 cm m.R.)

Ästungshöhe: 6 m	Ästungshöhe: 8m
Mittendurchmesser des geästeten Stammstückes: 50 cm o. R.	Mittendurchmesser des geästeten Stammstückes: 49 cm o. R.
Volumen des geästeten Stammstückes: 1,178 m <sup>3</sup> o. R.	Volumen des geästeten Stammstückes: 1,509 m <sup>3</sup> o. R.
Ästungskosten pro Stamm: 6,-DM (inkl. LNK) = 3,06 Euro	Ästungskosten pro Stamm: 12,-DM (inkl. LNK) = 6,13 Euro
<b>Ästungskosten pro m<sup>3</sup>:</b>	<b>Ästungskosten pro m<sup>3</sup>:</b>
<b>6,-DM : 1,178 = 5,09 DM = 2,60 Euro</b>	<b>12,-DM : 1,509 = 7,95 DM = 4,06 Euro</b>

**Tab. 17: Erforderlicher Mehrerlös, um die prolongierten Kosten zu decken**

(Methode der kritischen Werte (ROEDER, 1989))

Ästung	Zinsfuß (p)	1%	2%	3%	4%	5%
auf 6 m	Mehrerlös (Euro/m <sup>3</sup> )	7	19	50	131	342
auf 8 m	Mehrerlös (Euro/m <sup>3</sup> )	11	30	78	205	534

### Mehrerlös im Alter $u = 1,0p^{100} * \text{Ästungskosten}$

Umtriebszeit: 120 Jahre;

Zeitpunkt der Ästung: 20 Jahre;

Verzinsungszeit: 100 Jahre

Die Ergebnisse aus der Tab. 16 und 17 zeigen, dass bei einem Zinsfuß von 3% der Mehrerlös durch die Ästung auf 6 m 50 Euro/m<sup>3</sup> und durch die Ästung auf 8 m 78 Euro/m<sup>3</sup> betragen muss. Nach den Rentabilitätsberechnungen von BURSCHEL et al. (1994) am Beispiel eines Bestandes in der bayerischen Oberpfalz ergibt sich ein Wertunterschied zwischen geästetem und ungeästetem Holz von 81 bis 102 Euro/m<sup>3</sup> (interne Verzinsung 3-4%). Voraussetzung dafür ist, dass das geästete Holz A-Qualität erreichen muss und der Preisunterschied zwischen der Güteklasse A und B etwa 300 Messzahlprozent beträgt.

## 6.2 Vorläufige Schlussfolgerungen

Die Kiefernbetriebsklassen aller Bonitäten werfen bei der derzeitigen Ertrags-/Aufwands-situation keine positiven Reinerträge ab. Dieses unbefriedigende Ergebnis ist neben den hohen Kosten der Kulturbegründung, der geringen oder negativen Reinerlöse der Durchforstungen, der vergleichsweise geringen Gesamtwuchsleistung der Kiefer auf den auch bei hohen Umtriebszeiten geringen Anteil von starkem Holz hoher Güteklassen

zurückzuführen. Darüber hinaus hat die traditionelle Kiefernbewirtschaftung, charakterisiert durch hohe Ausgangspflanzenzahl und hohe Baumzahlen bis zum Ende meist langer Umtriebzeiten, zu instabilen Beständen geführt.

Aufgrund der ersten Ergebnisse der Z-baumorientierten Jungbestandspflege in Kiefernjungbeständen aus dem Pfälzerwald können folgende vorläufige Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Um in Umtriebzeiten von 120 bis 140 Jahren möglichst starke Dimensionen zu erreichen, bedarf die Kiefer im Jugendstadium gezielter Eingriffe, damit sie auf die Wachsförderung mit schnellem Stärkezuwachs reagiert. Gleichzeitig wird die Kiefer durch diese Art der Behandlung schneller die Dimensionen erreichen, die in Verbindung mit Ästung wertholztauglich sind. Nach den hier vorgestellten Ergebnissen betragen die jährlichen Durchmesserzuwächse der Z-Bäume erwartungsgemäß Werte von 0,5 bis 0,73 cm. Nach Erreichen des Kulminationszeitpunktes sollen die Jahrringbreiten stetig und ohne Sprünge absinken. Dies kann vor allem über gezielte fortgesetzte Standraumerweiterung erreicht werden.
- Die gezielten frühzeitigen Eingriffe in Kiefernjungbestände führen schnell zur Absenkung der h/d-Werte der Zuwachs- und Wertträger und diese liegen deutlich unter dem Grenzwert für die Bestandessicherheit gegenüber Schneebelastungen von 80. Durch die kontinuierliche Standraumerweiterung ist zu erwarten, dass die h/d-Werte noch weiter absinken werden. Gleichzeitig mit der Verbesserung der Stabilität durch frühzeitige Standraumerweiterung bilden die Z-Bäume gleichmäßige Kronen.
- Durch den unterschiedlichen Beginn der Eingriffe und die unterschiedliche Anzahl der Z-Bäume (Variante I und II bei Oberhöhe von 8 bzw. 10 m mit 100 Z-Bäumen/ha und Referenzfläche erst bei Oberhöhe von 12,5 m mit 200 Z-Bäumen/ha) ergeben sich folgende Ergebnisse:
  - Der Durchmesserzuwachs der Z-Bäume in den Varianten I und II liegt höher als der vom gesamten Z-Baumkollektiv und auch der von den stärksten 100 Z-Bäumen/ha in den Referenzflächen (vergl. Abb. 5).
  - Die h/d-Werte der Z-Bäume in den Varianten I und II werden schneller abgesenkt als die h/d-Werte der Z-Bäume in den Referenzflächen.
  - Bei der Kronenerweiterung sind Z-Bäume in den Varianten I und II gegenüber denen (auch den 100 stärksten Z-Bäumen) in den Referenzflächen deutlich überlegen (vergl. Tab. 9).

- Schon im Alter zwischen 30 und 40 Jahren sind bei der Referenzfläche mit 200 Z-Bäume/ha gewisse Engpässe (Z-Bäume werden Bedränger von anderen Z-Bäumen) festzustellen, die in naher Zukunft keine weitere Begünstigung der einzelnen Z-Bäume zulässt (vergl. Abb. 8 und 9).
- Nach wie vor ist kein positiver Deckungsbeitrag aus den ersten 15 Jahren zu ziehen, obwohl lediglich Bedränger, d. h. nur relativ stärkere Bäume entnommen werden.
- In den unbehandelten Zwischenfeldern, in denen die h/d-Werte unverändert hoch sind, ist eine Gefährdung durch Schneebruch nicht auszuschließen. Da in den letzten 10 Jahren keine ausgesprochenen Naßschneesituationen auf den Versuchsstandorten aufgetreten sind, waren auch keine Schneebruchschäden auf den unbehandelten Zwischenfeldern festzustellen. Daher kann diese Frage hinsichtlich des Schneebruchrisikos auf den unbehandelten Zwischenfeldern und deren evt. negativen Wirkungen auf die Zuwachs- und Wertträger noch nicht abschließend beantwortet werden. Insofern kann auch zu den möglichen Stabilisierungseffekten durch flächige Stammzahlreduzierung keine Aussage getroffen werden.

Aufgrund der Erfahrungen mit der Jungbestandspflege bei Kiefer erscheint es gegenwärtig vertretbar, die folgenden **Empfehlungen für die praktische Kiefernwirtschaft** abzuleiten:

- Aus arbeitstechnischen und ökonomischen Gründen sollen die Auswahl und Freistellung sowie die Ästung der Z-Bäume in einem Arbeitsgang durchgeführt werden.
- Bei Oberhöhe von etwa 10 m sollen etwa 150 Z-Bäume/ha ausgewählt, freigestellt und auf 6 m geästet werden. Die Kosten für Z-Baum-Auswahl, Freistellung und Ästung betragen derzeit etwa 1000 Euro/ha ((550 Euro für Z-Baumauswahl (durch Revierbeamter oder Forstwirtschaftsmeister) und Freistellung sowie 450 Euro für Ästung)).
- Bei Kiefernbeständen hoher Bonitäten, die sich durch besondere Qualität auszeichnen, sollte eine Ästung auf 8 –10 m in Erwägung gezogen werden.
- In der Phase bis 10 m Oberhöhe sollte keine flächige Stammzahlreduktion erfolgen. Abgesehen von der Entnahme der grobwüchsigen, kranken und schlechtförmigen Bäume im Zwischenfeld bei dem ersten Eingriff, werden die Eingriffe hauptsächlich auf die Förderung der Z-Bäume orientiert.
- Da die Kiefer den überwiegenden Teil ihrer Nettoassimilationsleistung in der Lichtkrone erzeugt, ihr Kronenexpansionsvermögen gleichzeitig aber relativ gering ist, werden sehr starke Freistellungseingriffe mit dem Absenken der flächenbezogenen Leistung erkauft, ohne das Durchmesserwachstum des Einzelbaumes wesentlich zu ändern.



- Da die Kiefer als Lichtbaumart mit dem Wachstum sehr früh kulminiert, gleichen spät freigestellte Bäume die anfängliche Wuchsverzögerung nicht mehr aus. Sie brauchen damit wesentlich mehr Zeit, um die gewünschte Zielstärke zu erreichen.

## 7. Zusammenfassung

In den verschiedenen Standorten des Pfälzerwaldes wurden im Jahr 1989 Versuche zur Jungbestandspflege bei der Baumart Kiefer angelegt. Nach 15jähriger Beobachtungszeit wurden Erkenntnisse gewonnen, die der forstlichen Praxis bei der Kiefern-Bewirtschaftung von Bedeutung sind.

Die frühzeitigen Eingriffe führen ersichtlich zur Bildung von großen Kronen und zu höherem Durchmesserzuwachs in den Versuchspartellen verschiedener Bonitäten.

Nach den Untersuchungsergebnissen liegt der durchschnittliche Durchmesserzuwachs in den letzten 15 Jahren je nach Bonität zwischen 0,5 und 0,73 cm. Der Durchmesserzuwachs wird mit Zunahme des Alters kontinuierlich abnehmen, bleibt aber durch Bildung von großen Kronen auf dem hohen Niveau. Damit erscheint es realistisch, die Zielstärke der Z-Bäume in 120-140 Jahren zu erreichen.

Frühzeitige Förderungen führen zur höheren Stabilität der Zuwachs- und Wertträger. Ihre h/d-Werte liegen deutlich unter den Grenzwerten für die Bestandessicherheiten gegen Schneebelastungen von 80. Bei weiterer kontinuierlicher Förderungen werden die h/d-Werte noch weiter absinken.

Aufgrund der Versuchsergebnisse wurden Empfehlungen für die praktische Kiefernwirtschaft im Pfälzerwald abgeleitet.

## 8 Literatur

ABETZ, P., 1987: Krone und Zuwachs in einem Durchforstungsversuch zur Kiefer (*Pinus silvestris* L.).

AFJZ, Heft 2/3, S. 21-26

ABETZ, P. und PRANGE, H., 1976: Schneebruchschäden vom März 1975 in einer Kiefernversuchsfläche mit geometrischen und selektiven Eingriffen in der nordbadischen Rheinebene.

AFZ, Heft 28, S. 583-586

BACHMANN, P., 1987: Wertzuwachsuntersuchungen: bessere Planung und Kontrolle im Forstbetrieb.

Österreichische Forstzeitung, Heft 9, S. 50-52

BURSCHEL, P., BOEDICKER, C. und AMMER, C., 1994: Kiefernbeirtschaftung.

Teil II: Betriebswirtschaftliche Betrachtungen und Diskussion

Der Wald 44, S. 116-119

- DONG, P. H. und ROEDER, A., 1995: Z-baumorientierte Jungbestandspflege bei Kiefer. AFZ, Heft 2, S. 64-66
- DONG, P. H. und ROEDER, A., 2000: Reaktionsvermögen von älteren Kiefern auf Freistellung - Ergebnisse einer 10-jährigen Untersuchung im Pfälzerwald - Poster, Forstwissenschaftliche Tagung Freiburg im Breisgau.
- EDER, W., 1990: Neue Produktionsrichtlinien für die Kiefer in Rheinland-Pfalz. Forst und Holz, Heft 8, S. 205-208
- ERDMANN, A., 1994: Kiefern-Jungbestandspflege. Der Wald Berlin, S. 190-191
- HAUSKELLER, H. M., HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. und v. LÜPKE, B., 1996: Das Medinger Verfahren und die Wuchsreaktion von Kiefern-Z-Bäumen. AFZ/DerWald 10, S. 554-557
- HUSS, J., 1972: Steht die Kiefernwirtschaft im norddeutschen Raum vor einem Umbruch? Forstarchiv, Heft 4/5, S. 65-70
- HUSS, J., 1993: Waldbau vor neuen Herausforderungen bei Waldverjüngung und Jungbestandspflege. Forstwissenschaftliches Centralblatt, S. 278-286
- HUSS, J., 1999: Auswirkungen unterschiedlicher Ausgangspflanzendichte und frühzeitiger Pflegeeingriffe bei jungen Kiefern. Forst und Holz, 54, S. 335-341 und 364-368
- HUSS, J., 2004: Kiefern-Jungbestandsversuche im Forstamt Hochspeyer. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, im gleichen Heft
- KERN, K. G., 1958: Untersuchungen über den Wachstumsgang der Kiefer im Buntsandsteingebiet des Pfälzer Waldes. AFJZ, Heft 4/5, S. 70-89
- KRAMER, H., 1988: Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1988
- KROTH, W., 1983: Ökonomische Aspekte der Kiefernwirtschaft. Forstwissenschaftliches Centralblatt, S. 36-50
- LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1994: Z-Baum-orientierte Pflegeeingriffe in Durchforstungsbeständen. Aktuelle waldbauliche Richtlinien und Hinweise, Nr. 4/94, S. 2
- LOCKOW, K.-W., 1992: Die relative Baumklasseneinteilung für Kiefer nach ERTELD/KRÄUTER: neue Erkenntnisse und Schlussfolgerungen für die Bestandesbehandlung. Schriftenreihe der Landesanstalt für Forstwirtschaft Nordrhein-Westfalen, S. 13-28
- LOCKOW, K.-W., 1992: Kiefern Typen und Bestandesbehandlung: zum Wachstumsablauf und zur Wuchsdynamik der Kiefer mit einigen Schlussfolgerungen für die Bestandesbehandlung. Der Wald, H. 5, S. 170-173
- MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 1997: Richtlinien zur Jungbestandspflege. Selbstverlag, Stuttgart

- MIXDORF, U., 1997: Reinertragskalkulation als Maßstab der ökonomischen Leistungsfähigkeit von Bestandeszieltypen.  
Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, Selbstverlag
- NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN, 1991: Bestandespflege in gleichaltrigen Kiefernbeständen.  
Niedersächsische Landesforstverwaltung, Merkblatt Nr. 6, 2. Auflage
- PARVIAINEN, J., 1978: Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase. Folia Forestalia, Helsinki.
- RIEBELING, R., 1993: Kiefern-Wirtschaft in Hessen im zeitlichen Wandel.  
Jahresbericht der Hessischen Forstvereins 1992, S. 36-50
- ROEDER, A.: Waldbaulich-ertragskundliche Versuche in Kiefernbeständen des Pfälzerwaldes. Projektbericht, FVA Rheinland-Pfalz (unveröffentlicht).
- ROEDER, A., 1989: Wirtschaftlichkeit der Wertästung.  
AFZ 44, S.1188-1194
- SCHÖPFER, W. und DAUBER, E., 1989: Bestandessortentafeln 1982/85  
Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, H. 147, Freiburg, Selbstverlag.
- SCHRÖTTER, H., KÖHLER, D. und KRÜGER, J., 1993: Richtlinie für die Kiefern-Jungbestandspflege in Mecklenburg-Vorpommern.  
Forst und Holz, Nr. 13, S. 355-357
- SPELLMANN, H., CASPARI, C. O. u. MICHALEWSKI, R., 1984: Analyse von Schneeschäden in Kiefernbeständen unter besonderer Berücksichtigung der Bestandesstruktur.  
AFJZ, Heft 6, S. 146-164.
- THOMASIUS, H., 1980: Wissenschaftliche Grundlagen der Rahmenrichtlinie zur Behandlungbruchgeschädigter Fichten- und Kiefernbestände.  
Sozialistische Forstwirtschaft, S. 364-373
- THREN, M., 1985: Erste Ergebnisse eines Kiefernverbandsversuchs im Fbz. Karlsruhe-Hardt.  
AFJZ, Heft 1/2, S. 24-37
- THREN, M., 1986: Vergleichende Untersuchungen an Kiefern-, „Solitären“ und herrschenden Bestandeskiefern aus dem Pfälzer Wald.  
Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde, Bericht der Jahrestagung in Schwangau.
- THREN, M., 1987: Kiefernproduktionsprogramme.  
Dissertation d. Forstw. Fakultät der Uni. Freiburg.
- WALDHERR, M., 1996: Die Pflege der Kiefernbestände in der Oberpfalz.  
Forst und Holz, Nr. 14, S. 462-466
- WIEDEMANN, E., 1943: Ertragstabellen für Kiefer 1943 (in Ertragstabellen wichtiger Baumarten, bearbeitet von R. SCHÖBER).
- ZIMMERMANN, R., 1993: Kiefern-Jungwuchs-/Jungbestandspflege.  
Der Wald Berlin, S. 79-83



# Kiefern-Jungbestandsversuche im Forstamt Hochspeyer

von Jürgen Huss

Waldbau-Institut der Universität Freiburg

## Abstract

### Title of the paper: Trials in young scotch pine stands in the forest district Hochspeyer

The management of Scots pine (*Pinus sylvestris*) is hindered by low production rates and high establishment costs. Its profitability must be improved through the utilisation of lower densities when planting, or by respacing naturally regenerated young growth and by very early favouring of potential crop trees (pct). Pruning will then be essential, however. The results from two experiments currently being carried out in the Hochspeyer/Rhineland-Palatinate forest district should go some way towards supporting these hypotheses.

In an experiment established in 1987, with planting densities of 10 000, 4 000 and 1 000 plants/ha, the heights of the pct's differed only slightly at the age of 15 yrs. The widely spaced pines achieved diameters (dbh) >2 cm greater than the closely spaced – the equivalent of >50 % of the individual basal area. The branches, however, were 7 mm thicker. In the densely spaced plots many branches also exceeded 2 cm, the traditional limit for pruning. In the widely spaced stands significantly lower numbers of competitors had to be removed, all of them much bigger and, therefore, more economic to harvest. Beech seedlings were planted with the pines simultaneously, and have already started to compete with them, arguing against this common means of establishing mixed stands.

At the same time another experiment with different green branch pruning variations was established. Height growth was hardly affected by shortening the crown length, and diameter growth was not affected as long as 4-5 whorls remained.

For comparison reasons the results of three more or less similar experiments established some 400 km to the north east in the Fuhrberg/Lower Saxony forest district were also mentioned.

Densities of 20 000, 10 000, and 5 000 plants/ha have resulted in no visible differences 26 years after planting, presumably because all pct's were released from competition very early on. This procedure obviously had the same effect as early respacing. Consequently, 5 000 ind./ha were enough to establish a satisfactory stand with much lower costs.

A further experiment with initial planting densities of 16 000, 4 000, and 1 000 plants/ha revealed a drastic natural decrease in the densely planted plots in the first 22 years. The diameter of the widely spaced pct's was ~3.5 cm greater than that of the closely spaced trees – equivalent to >60 % of the individual basal area. Thinnings have not produced significant differences thus far.

Very intensive thinning at age 23 years in the third experiment resulted in a 6 cm diameter increase compared with moderate interference at age 48 years. The total volume production did not decline. Increment data collected over recent years suggests that the diameter differences will widen further.

The results of these experiments do not contradict the hypotheses mentioned at the beginning, namely that pines need sufficient growing space very early through low plant densities and/or intervention, and that they have to be pruned – if the management goal is the production of high quality timber. Doubts exist, however, as to whether these demands can be met in time by many forest enterprises because of the shortages of labour and money.

## 1 Vorbedingungen und Ziele der Versuche

### 1.1 Derzeitige und künftige Bedeutung der Kiefer in der mitteleuropäischen Waldwirtschaft

Nach der Degradation der meisten Wälder und damit verbunden zugleich vieler Böden in Mitteleuropa seit dem Mittelalter spielte die anspruchslose und freiflächen-stresstolerante Kiefer eine entscheidende Rolle für die Wiederaufforstung besonders der trockneren und nährstoffarmen Standorte. Das war schwerpunktmäßig zwischen Mitte des 19. und des 20. Jahrhunderts der Fall.

Noch nach dem 2. Weltkrieg wurden großflächig Kiefernbestände vor allem in den traditionellen Kieferngebieten Bayerns, Brandenburgs, Niedersachsens und der Rhein-Main-Ebene sowie der Pfalz auf den angesprochenen Standorten begründet.

In den letzten beiden Jahrzehnten ist jedoch ein wesentlicher Wandel hinsichtlich der Wertschätzung dieser Baumart, die in Deutschland immerhin über 30 % der Waldfläche einnimmt, eingetreten. Wo immer möglich, versucht man, sie durch andere Baumarten zu ersetzen. Das hat mehrere Gründe:

- Ihre **Volumenleistung** je Flächeneinheit ist gering: Auch bei der I. Ertragsklasse liegt ihr Durchschnittszuwachs nur bei 7 m<sup>3</sup>/ha/Jahr. Wegen der generellen Ungunst der meisten Kiefernstandorte muss man sogar insgesamt niedrigere Produktionswerte zugrunde legen.
- Ihre **Wertleistung** lässt gleichfalls zu wünschen übrig: In den meisten Betrieben wird rund drei Viertel des erzeugten Stammholzes mit der Güteklasse C bewertet. Deshalb kann man mit Kiefernholz nur geringe Durchschnittspreise erzielen.
- Die **Begründung von Kiefernbeständen** ist aufwändig – jedenfalls, wenn man traditionell vorgeht –, weil vergleichsweise intensive Bodenbearbeitungen und hohe Pflanzanzahlen erforderlich sind. Auch müssen die Kiefernjungwüchse in den ersten Jahren oft von verdämmender Bodenvegetation befreit werden. Das ist zusätzlich sehr teuer.

Die Kiefernwirtschaft ist also in beiderlei Hinsicht ungünstig: Sie bringt wenig und kostet viel. Reinerträge sind mit ihr kaum zu erwirtschaften. Bereits 1963 veranstaltete der Nordwest-deutsche Forstverein eine Tagung mit Exkursion zum Thema: „Kiefernwirtschaft als Problem“. In der Folge häuften sich die bedenklichen Äußerungen über das damals schon von HILF (1963) so charakterisierte „große Existenzproblem der heutigen Kiefernwirtschaft“. Und HUSS fragte 1972, ob die Kiefernwirtschaft wohl vor einem Umbruch stehe. Deshalb ging man noch kürzlich davon aus, dass die Kiefernwirtschaft in Deutschland auf lange Sicht ein „Auslaufmodell“ und kaum intensiverer wissenschaftlicher und praktischer Erwägungen wert sei.

Einige Gesichtspunkte jedoch lassen die Kiefer nicht als eine vollends verlorene Baumart erscheinen und könnten ihr auch zukünftig noch einen gewissen Platz in den mitteleuropäischen Wäldern erhalten:

- Die Kiefernwälder haben, bzw. hatten einige sehr vorteilhafte Wirkungen: Sie trugen zur **Regeneration der Standorte** bei. Unter ihnen hat sich aus Nadelstreu Humus neugebildet. Zugleich durchwurzeln die Kiefern die Böden tiefgründig und erschließen sie dadurch wieder. Die Stickstoffeinträge der letzten Jahrzehnte mögen ein Übriges dazu getan haben, um die Standorte zu verbessern und sie für anspruchsvollere Baumarten geeignet zu machen. Jedenfalls bleibt die Kiefer weiterhin zur Erstbestockung von degradierten und von Rohböden geeignet.
- Zudem bietet der **lichte Schirm von Kiefernaltbeständen** günstige Möglichkeiten zur natürlichen Wiedereinwanderung oder künstlichen Wiedereinbringung von vielen gegenüber Freiflächenstress empfindlichen Baumarten. Das gilt besonders für die Buche. Deshalb eignen sich Kiefernwälder vor allem gut zur Erstbestockung von gegenüber Spätfrost oder Trockenheit exponierten Kahlflecken und damit dann als eine Art Vorwald für die Anreicherung mit Mischbaumarten oder zur Umwandlung mit anspruchsvolleren spätsukzessionalen Baumarten.
- Das häufigere **Auftreten klimatischer Extremsituationen** und hier vor allem länger anhaltender Trockenperioden, die möglicherweise im Zusammenhang mit globalen Klimaänderungen stehen, lässt es geraten erscheinen, trockenstresstolerante Baumarten wie Eichen, Douglasien und eben auch die Kiefern in unseren Wäldern mindestens als Mischbaumarten in ausreichendem Umfang zu berücksichtigen.
- Schwerpunktmäßig auf trockenen und armen Böden **verjüngt sich die Kiefer problemlos natürlich**. Dies ist eine willkommene Möglichkeit der billigen Wiederbegründung.
- Gegenüber der Fichte hat sich die Kiefer bei den letzten schweren Sturmkatastrophen als **stabiler** erwiesen, so dass es angeraten erscheint, sie künftig als Mischbaumart auf Standorten mit hohem Gefährdungspotenzial zu beteiligen.
- Gegendweise haben sich die lokalen **Holzmärkte und Verarbeitungsbetriebe auf die Verarbeitung des Kiefernholzes spezialisiert**. Deshalb dürften keine generellen Schwierigkeiten bestehen, das Holz auch künftig zu vermarkten.

Angesichts dieser Vorgaben und Entwicklungstendenzen sollte der Kiefernanzucht also nicht ganz vernachlässigt werden. Allerdings erscheint er in Mitteleuropa heute nur noch vertretbar, bzw. realistisch, wenn es gelingt, die Kosten für die Begründung und Jugendpflege drastisch zu senken und über die Erzeugung von Wertholz die Ertragslage zu verbessern. Wertholz aber

muss stark sowie ast- und fehlerfrei sein, und das kann man nur durch die frühzeitige Begünstigung und die Ästung der besten Bäume erreichen.

Der Autor hat seit 1970 mehrere Versuche zu diesen Aufgabenstellungen angelegt. Hierzu gehören auch zwei im Forstamt Hochspeyer/Pfalz gelegene Versuche<sup>1)</sup>. In ihnen wird einerseits die weitständige Begründung von Kiefernkulturen und die frühzeitige Wertästung erprobt, um damit einen Beitrag zur Minderung der Verjüngungs- und Pflegekosten bei gleichzeitiger Steigerung der Wertholzproduktion zu leisten. Hierüber soll im Folgenden berichtet werden.

Bevor die Versuchsvorhaben selbst vorgestellt werden, sollen die wichtigsten Grundlagen der Begründung und Jungbestandspflege als Grundlage für das eigene Vorgehen erörtert werden.

## 1.2 Zur Wuchsleistung traditionell erzogener Kiefern

Nach den Verlautbarungen mehrerer Landesforstverwaltungen sind Stammdurchmesser als Zielstärken von mindestens 50, besser noch von 60 cm anzustreben. Diese aber sind mit dem traditionellen Vorgehen bei der Bewirtschaftung der Kiefer nicht realisierbar. Nach den Ertragstafeln von WIEDEMANN (1943) erreichen Kiefern der I. Ertragsklasse bei mäßiger Durchforstung im Alter 140 Jahre nämlich nur einen mittleren Durchmesser von 43,0 cm, bei starker Durchforstung von 46,3 cm, also gerade 3,3 cm mehr (Abb. 1).

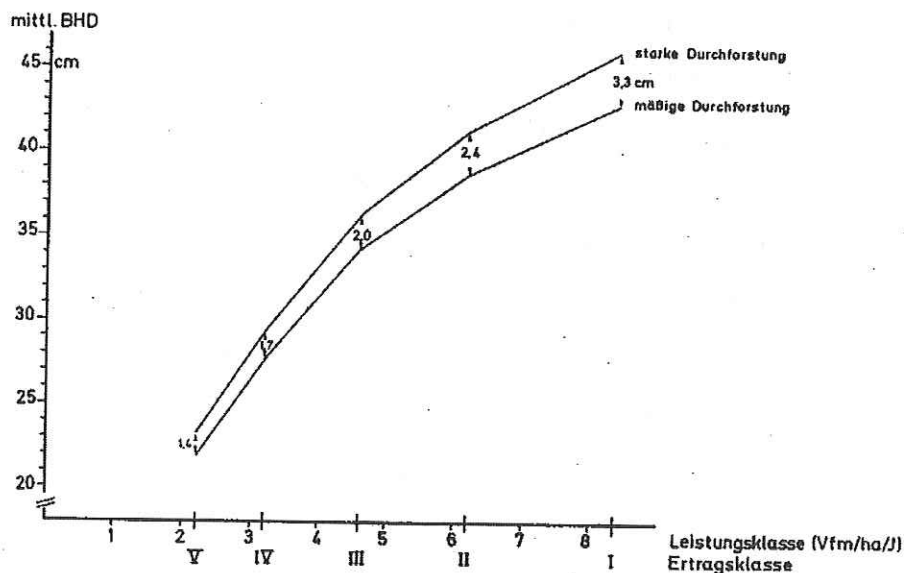


Abb. 1: Entwicklung der mittleren Durchmesser (BHD) in Abhängigkeit von der Durchforstungsstärke bei Kiefern der Ertragsklasse I (n. WIEDEMANN, 1943).

<sup>1)</sup> Für die vielfältigen Hilfestellungen seitens des Forstamtes Hochspeyer und für finanzielle Unterstützungen für die Geländearbeiten und Auswertungen seitens der rheinland-pfälzischen Forstverwaltung danke ich herzlich.



Diese Angaben legen folgende Schlüsse nahe:

- In für die Praxis noch halbwegs akzeptablen Produktionszeiten sind die Zielvorgaben kaum zu erfüllen.

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um die Grundflächenmittelstämme von 223, bzw. von 153 Bäumen/ha. Zwar sind die Brusthöhenmesser der Oberhöhenbäume etwas höher. Das ändert aber nichts an der Tatsache, dass das Gros der Bäume in den Beständen relativ schwach bleibt.

- Die Durchforstungsstärke hat angesichts der nur geringen Differenz zwischen den Durchmesserwerten der mäßig und der stark durchforsteten Kiefern offenbar nur einen geringen Einfluss auf die Kronen- und damit dann die Durchmesserentwicklung.

Zieht man wiederum die Brusthöhendurchmesser der Oberhöhenbäume heran, so dürfte der Unterschied sogar noch geringer sein.

Nur auf sehr guten Standorten kann man also hoffen, in diskutablen Produktionszeiträumen Zielstärken von knapp 50 cm zu erreichen. Der Durchschnitt der Kiefernstandorte ist aber weniger begünstigt. Bei der II. Ertragsklasse fallen die Brusthöhendurchmesser bereits auf 38,9 cm für mäßige und von 41,3 cm für starke Durchforstung ab, ganz abgesehen davon, dass dort der Durchforstungseffekt noch geringer ist. Die Ertragstafeln weisen für die Kiefer erst ab dem Alter 25 Jahre Angaben für die leistungsstärkeren Bonitäten aus. Vor diesem Alter waren bisher keine substanziellen Eingriffe vorgesehen.

Mit dem traditionellen Vorgehen lassen sich die genannten hehren Ziele also unmöglich erreichen. Vielmehr brauchen Kiefern, wenn sie ein entsprechendes Einzelbaumwachstum zeigen sollen, frühzeitig ausreichenden Wuchsraum, um ihre Kronen ausbauen zu können. Dieser kann jedoch nur durch weitere Pflanzenabstände bei der Begründung der Jungbestände und/oder durch sehr zeitige Beseitigungen des Dichtstandes geschaffen werden.

### **1.3 Pflanzdichten bei der Begründung von Kiefernbeständen**

Über die zweckmäßigen Pflanzdichten ist bei keiner Baumart soviel gestritten und geschrieben worden wie bei der Kiefer. Als Totasterhalter reinigt sich die Kiefer nicht gut. Starke Äste bleiben oft bis zum Ende der Umtriebszeit erhalten und führen – auch, wenn sie schließlich überwallt wurden – zu ausgeprägten Beulen. Bei der Kiefer bestimmt die Ästigkeit in besonderem Maße den Holzwert. Deshalb wurde generell versucht, durch großen Dichtstand in der Jungwuchs- und Dickungsphase dafür zu sorgen, dass sich im Erdstammabschnitt nur dünne Äste bilden und dass diese dann verhältnismäßig frühzeitig absterben und abfallen.

## **Übliche Pflanzendichten bei Kieferjungbeständen**

Ende des 19. Jahrhunderts hielt SCHWAPPACH 10.000 Jungkiefern/ha für ausreichend, um dieses Ziel zu sichern. Diese Dichten wurden allerdings im Laufe der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts auf >20.000 Stück/ha erhöht. Noch nach dem 2. Weltkrieg waren in Niedersachsen Pflanzenzahlen von ~25.000, in Bayern sogar von ~33.000 Stück/ha üblich.

Während beispielsweise in Holland schon in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts Pflanzenzahlen von 3.000-5.000 Stück/ha üblich wurden, hat man in Westdeutschland erst in den 70er Jahren begonnen, die Pflanzenmengen schrittweise herabzusetzen. Nach OTTO (1985) lag bei Kiefernneubegründungen in Niedersachsen in der Zeit der Sturmflächenaufforstungen von 1974-1980 die Pflanzenzahl schwergewichtig zwischen 11.000-14.000 Stück/ha und hatte als Obergrenze dichte Jungbestände aus Naturverjüngung sowie 7.000 Pflanzen/ha als Untergrenze. Auf der Grundlage umfassender Kalkulationen kamen BRABÄNDER und KEUFFEL noch 1977 zu dem Schluss, dass Dichten von 10.000-20.000 Pflanzen/ha am wirtschaftlichsten und Engverbände risikoärmer seien.

Heute werden 8.000-10.000 Stück/ha von den westdeutschen Landesforstverwaltungen empfohlen. Im Gebiet der ehemaligen DDR hält man teilweise weiterhin an hohen Pflanzenzahlen aus den genannten Gründen fest.

Wieweit letztlich mit den Pflanzendichten heruntergegangen werden kann, ist noch nicht geklärt.

### **„Homogenisierung“ von Kieferndickungen**

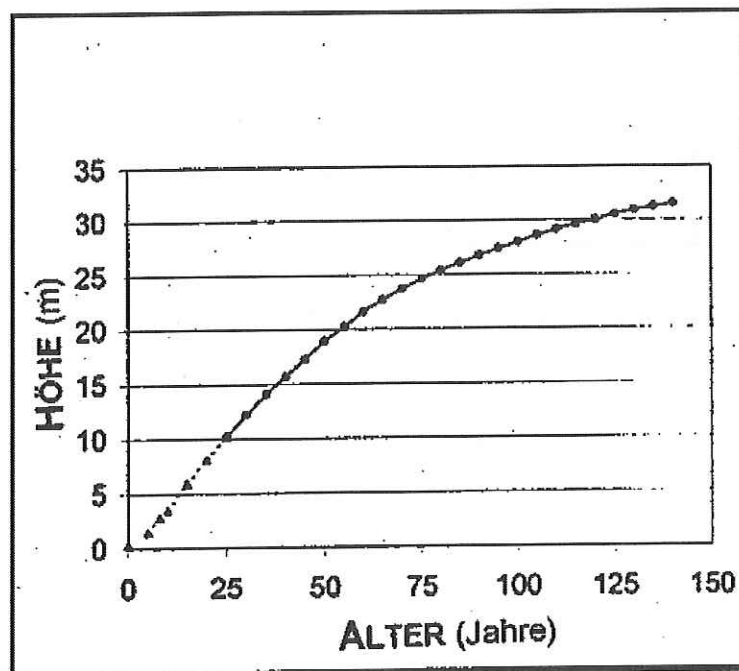
Abgesehen von den bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts üblichen hohen Dichten wurde auch darauf geachtet, dass die Bestände möglichst gleichmäßig aufwachsen. Man hat deshalb in Jungbeständen von ~2 m Höhe vorauswachsende Individuen eliminiert, um zu verhindern, dass sich diese auf Kosten ihrer Nachbarn durchsetzen und zu grobstigen „Protzen“ entwickeln könnten. Anschließend wurden die Jungbestände für längere Zeit weiterhin dicht gehalten, um den Astreinigungsprozess forciert ablaufen zu lassen. Dabei wartete man im Regelfall, bis die Bäume auf ~10 m totastig waren. Dann hatten sie bei guter Wachstumsleistung ~15 m Höhe erreicht und waren 25-30 Jahre alt. Bestände geringerer Bonität hatten entsprechend höhere Alter.

Als Folge des großen Dichtstandes „reinigen“ sich die Jungbäume zwar im Allgemeinen passabel, können aber ihre Kronen nicht ausbauen und somit nur geringen Durchmesserzuwachs leisten, der aber – wie gesagt – neben geringer Ästigkeit die Voraussetzung für die Wertholzproduktion ist.

Trotz dieser Bemühungen, die Ästigkeit gering zu halten, zeigte sich in der Praxis immer wieder, dass dennoch späterhin einzelne Individuen vorwüchsig wurden und relativ starke Äste ausprägten, so dass auf Ästungen nicht verzichtet werden konnte, wenn man denn eine frühzeitige Astfreiheit sicherstellen wollte.

#### 1.4 Zum Wachstumsverhalten der Kiefer

Die Fixierung der Kiefernwirtschaftler auf die Bildung feiner Äste und deren rasches Absterben hat dazu geführt, dass das generelle Wuchsverhalten der Kiefer nicht genügend berücksichtigt wurde. Das sei im Folgenden näher ausgeführt (siehe Abb. 2 und 3 sowie den erklärenden Text).

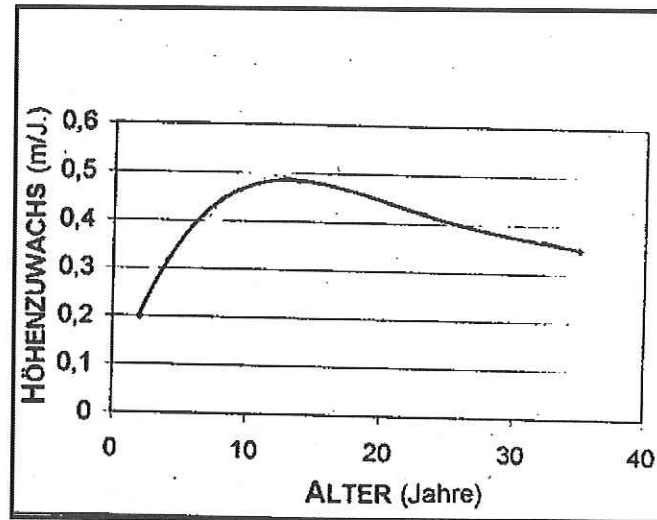


**Abb. 2: Höhenentwicklung von Kiefern der I. Ertragsklasse (nach WIEDEMANN, 1943)**

Die Ertragstafel beginnt bei den Ertragsklassen I-III mit dem Alter 25, bei den Ertragskl. IV-VI mit dem Alter 30 Jahre. Bei später erschienenen Ertragstafelwerken wie der DDR-Kiefern-ertragstafel 1975 (LEMBCKE, KNAPP, DITTMAR, o.J.) sowie der Kiefern-ertragstafel von MARSCHALL (1975) beginnen die Werte für die besten Bonitäten etwas früher, nämlich mit dem Alter 20 Jahre, für weniger leistungsfähige Kiefern gleichfalls später, im Extremfall erst mit 50 Jahren (Ertragskl. V). Allerdings enthalten die DDR-Tafeln zwecks Bonitierung von Jungbeständen Angaben über die Mittelhöhen ab dem Alter 5 Jahre.

Dennoch wird – wie bereits angesprochen – aus diesen genannten und vielen daraus abgeleiteten Tafelwerken deutlich, dass Pflegemaßnahmen und damit Herabsetzungen der Pflanzendichten nicht vor den angegebenen Altern der Jungbestände beabsichtigt waren.

Die Kiefer hat als lichtbedürftige Pionierbaumart ein rasches Jugend- und ein dann stark nachlassendes Alterswachstum. Die ersten 20-25 Jahre prägen mithin ihr weiteres Wachstum entscheidend. Dieser Zeitraum wurde m.E. bisher unzureichend beachtet. Das soll anhand der Abb. 2 und der entsprechenden Erläuterungen belegt werden.



**Abb. 3: Höhenzuwachs von Kiefern der I. Ertragsklasse**

Der Verlauf der in Abb. 3 skizzierten Höhenentwicklung für den Zeitraum bis 25 Jahre wurde anhand von Daten eigener Versuchsbestände dem Verlauf der WIEDEMANNschen Tafelwerte für die Ertragsklasse I angepasst. Hiernach haben die Kiefern im Alter 7-24 Jahre einen jährlichen Höhenzuwachs von mehr als 40 cm. Dieser kulminiert sogar bereits im Alter 12 Jahre. Dies ist mithin der Zeitraum, in dem sich die Kronen kräftig entwickeln.

Im Alter 50-60 J. sinkt der Wert bereits auf weniger als 25 cm und im Alter 100-110 J. auf knapp 10 cm Jahreszuwachs. Im mittleren Alter der Kiefern nimmt das Wachstum und damit die Reaktionsfähigkeit auf gestaltende waldbauliche Maßnahmen also drastisch ab.

Die entsprechenden Werte für Kiefern geringerer Wachstumsleistungen liegen entsprechend niedriger und das Wachstum läuft zeitlich verzögert ab. Außerdem unterscheiden sich die Höhen- und Tieflagenkiefern. So haben die Hochlagenkiefern ein etwas weniger ausgeprägtes Jugendwachstum. Dafür hält dieses länger an. Der Höhenzuwachs kulminiert bei ihnen nicht so stark. Dagegen sind bei den Tieflagenkiefern diese Erscheinungen deutlich markanter.

Will man also das Wachstum der Kiefer – und hier geht es im Wesentlichen um die Förderung des Durchmesserwachstums – stärker anregen, so muss man es durch frühzeitige Wuchsraumgestaltung tun. Der erste und wichtigste Ansatz hierzu ist die Wahl der geeigneten Pflanzendichte, der zweite die frühzeitige Durchforstung.

## 1.5 Zur Durchforstung von Kiefernbeständen

Durchforstungen in Kiefernbeständen müssen also frühzeitig und stark vorgenommen werden, jedenfalls wenn das Ziel Wertholzerzeugung ist. Das Vorgehen in der Praxis war – und ist es vielfach nach wie vor – dagegen genau anders herum: Schwache, nur leicht korrigierende Eingriffe in der Jugend und stärkere in der Baumholzphase.

Dafür gibt es mehrere Gründe:

- Die Absicht, durch langes Dichthalten die Astreinigung zu sichern.  
Dies Argument war bereits erwähnt worden
- Abwarten, bis die Differenzierung der Individuen in den Beständen weit vorangeschritten ist. Kommt man sehr früh, so gibt es oft Schwierigkeiten, eindeutig zu erkennen, welche Individuen als Zukunftsbäume anzusehen sind und sich endgültig durchsetzen werden.
- Verbesserung der Orientierungs- und Arbeitsmöglichkeiten.  
In dichten Jungbeständen mit noch wenig fortgeschrittener Astreinigung ist das Arbeiten mühsam, die Auswahl der Zukunftsbaum-Anwärter unsicher.
- Das Bemühen, Kosten zu sparen.  
Pfleßmaßnahmen in Jungbeständen sind teuer, weil man viele Bäumchen entnehmen muss, deren schwaches Holz nicht oder nur schwer zu verwerten ist.

So kommt es, dass vor allem aus kurzfristig ausgerichteten wirtschaftlichen Gesichtspunkten überwiegend in älteren Beständen stärker eingegriffen wird. Das wurde bereits in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts auf der Grundlage der niedersächsischen Forsteinrichtungsergebnisse bemängelt: Jungbestände waren generell zu schwach durchforstet und mithin überbestockt, Altbestände dagegen zu stark durchforstet und wiesen daher Bestockungsmängel auf.

Hartnäckig scheint sich zudem das immer wieder zu lesende Gerücht zu halten, dass „Kiefernbestände sich mit zunehmendem Alter licht stellen“ (HEUER, 2004). Ihm dürfte die Tatsache zugrundeliegen, dass bei später Durchforstung Bäume mit großen Kronen entnommen werden und die dadurch entstehende Lücken im Kronendach durch die dann nicht mehr sehr wuchskräftigen Nachbarn nicht mehr geschlossen werden können.

Gegen frühe starke Eingriffe wird von Praktikern oft argumentiert, dass dann nicht genügend Reservebäume vorgehalten würden, diese aber dringend erforderlich seien. Man müsse nämlich in Kiefernbeständen generell mit laufenden Abgängen rechnen. Selbst vitale Bäume stürben aus oft nicht erkennbaren Ursachen ab. Vor allem in Ostdeutschland führe Kienzopf zu schwer einschätzbaren Verlusten. In den eigenen – allerdings in Westdeutschland liegen-

den – Kiefernversuchen gab es tatsächlich einige Verluste mit unerklärlichen Ursachen. Sie waren aber insgesamt gesehen so geringfügig, dass sie keine Änderung der bisherigen Argumentationskette und damit Vorgehensweisen nahelegten.

### **1.6 Die Notwendigkeit der frühzeitigen Ästung**

Auch bei dichtem Aufwuchs zeigte sich in der Praxis immer wieder, dass sich einzelne Exemplare grobastig, zugleich aber wuchskräftig entwickelten. Deshalb wurden regional und zeitlich in unterschiedlichem Ausmaß Ästungen durchgeführt. Dabei konnte jedoch vielfach festgestellt werden, dass die meisten Praktiker dazu neigten, mit 400-600 Stück/ha eine relativ große Zahl von besonders gut geformten und feinästigen Ästungsbäumen auszuwählen. Das aber waren im Regelfall die mitherrschende Exemplare, die keine Chance hatten, sich gegenüber wuchskräftigeren Bestandesgliedern zu behaupten. Aus Angst vor zu raschen und die weitere Ästigkeit fördernden Kronenöffnungen wurden sie nämlich durchweg nicht genügend drastisch freigestellt.

Offen ist derzeit noch, ob geästete Bäume in jedem Fall akzeptable Qualität liefern. Lockow (2000 a) konstatierte nämlich: *„Auf langfristigen Versuchsflächen erwies es sich als ungünstig, vitale und zuwachsstarke, aber starkastige Stämme mit im allgemeinen aufgetriebenen Astquirldurchmessern als Z-Baum-Anwärter auszuwählen. ... Im Kiefern-Durchforstungsversuch ... in der Lehroberförsterei Finowtal wiesen 2/3 aller noch im Alter von 142 Jahren vorhandenen Ästungsstämme sichtbare Beulen auf“*.

Aus welchen Gründen auch immer: Die Geschichte der Kiefernästung hat sich in Deutschland – anders als in mehreren subtropischen Ländern - nicht zu einer Erfolgsgeschichte entwickeln können. Die heute auf den Markt kommenden Mengen an geästetem Kiefernholz sind marginal, zumal der Ästungsnachweis meist nur schwer zu erbringen ist.

Bei ersten Überlegungen zur Überprüfung und Abwandlung der traditionellen Kiefernwirtschaft hat der Autor aus den erörterten Befunden dennoch den Schluss gezogen, dass sich Kiefernwertholz nur durch Ästung sicher erzeugen lässt. Wenn aber ohnehin geästet werden muss, so müsste man die Pflanzdichten drastisch senken können, ohne dass dadurch Nachteile eintreten.

### **1.7 Versuchshypothesen und -ziele**

Als Hypothesen ergeben sich aus den bisherigen Überlegungen, dass die Pflanzdichten im Zuge der künstlichen oder natürlichen Verjüngung von Kiefernbeständen erheblich verringert oder aber im Dickungs-/angehenden Stangenholzstadium baldmöglichst drastisch abgesenkt werden müssen, um den jungen Kiefern frühzeitig genügend Wuchsraum zu bieten, damit

sich die Kronen der vitalen Zukunftsbäume in der Zeit des höchsten Expansionsvermögens kräftig entwickeln und damit überdurchschnittlich in der Dicke zuwachsen können. Die dadurch zwangsläufig stärkeren Äste müssen frühzeitig künstlich abgesägt werden. Es wird davon ausgegangen, dass das auch bei deutlich >2 cm dicken Ästen problemlos im Wege der Grünästung möglich ist, ohne dass dadurch schlecht überwallende Wunden, langfristige Verwerfungen im Jahrringaufbau oder gar starke Beulen entstehen.

Versuchsziele sind also die Überprüfung dieser Hypothesen. Dies wird allerdings erst nach Jahrzehnten der Beobachtung möglich sein. Derzeit können deshalb nur erste Ergebnisse mitgeteilt werden.

Im Folgenden werden die beiden hier vorzustellenden Versuche – und zwar ein Pflanzdichten-Frühästungs- und ein Grünästungsversuch – getrennt nacheinander beschrieben.

## **2 Der Pflanzdichten-Frühästungsversuch**

### **2.1 Versuchskonzept**

Pflanzdichten- bzw. Verbandsversuche gibt es zwar viele. Durchweg enthalten sie aber keine Extreme, deren Ergebnisse die Grenzen der Übertragbarkeit in die waldbauliche Praxis erkennen lassen. Außerdem werden sie oft nicht mit Variationen der nachfolgenden Pflege kombiniert. Nach Erreichen des Dickungsschlusses gibt es aber unterschiedliche Auffassungen hinsichtlich des Zeitpunkts der Auswahl von Z-Bäumen und ihrer Freistellung. Deshalb wurde eine Kombination aus diesen beiden Ansätzen folgendermaßen vorgesehen:

- Hauptvarianten: **3 Pflanzdichten**

10.000 Pfl./ha (Verband: 2,5 x 0,4 m = 1,0 m<sup>2</sup>/Pfl.),

4.000 “ ( “ : 2,5 x 1,0 m = 2,5 “ ),

1.000 “ ( “ : 4,0 x 2,5 m = 10,0 “ ).

Zum Zeitpunkt der Versuchsanlage 1987 waren 10.000 Pfl./ha der untere Grenzwert der praxisüblichen Pflanzdichten, 4.000 Stück noch keineswegs akzeptiert und erprobt. 1.000 Stück/ha waren ausschließlich als Extrem gedacht, um die maximale Wuchspotenz der Kiefern-Jungbäume kennen zu lernen, bzw. die waldbauliche „Grenzüberschreitung“ abschätzen zu können.

- Untervarianten: **2 Behandlungszeitpunkte**

Bei allen Dichtevarianten wurde je eine Parzelle mit frühzeitiger und je eine mit deutlich späterer Auswahl von Z-Baum-Anwärtern, deren Ästung und Freistellung vorgesehen.

Dabei soll die „frühzeitige Z-Baum-Auswahl und Behandlung“ eher als in der Praxis bisher üblich vorgenommen werden, um dem vehementen Wachstumsverhalten junger Kiefern Rechnung zu tragen. Sie sollen dann 10-15 Jahre alt, bzw. 5-8 m hoch sein.

Die Untervariante „späte Auswahl“ soll dagegen am Vorgehen in der Praxis orientiert werden. Dort werden die Z-Bäume meist bei einer Höhe von 12-15 m ausgewählt. Das entspricht einem Alter von 20-30 Jahren.

## **2.2 Versuchsorte und -bestände**

Das Forstamt Hochspeyer wurde seitens der rheinland-pfälzischen Forstverwaltung als für die Verhältnisse in der Pfalz repräsentativ ausgewählt. Es liegt am Nordrand des Pfälzer Waldes, rund 15 km östlich von Kaiserslautern.

Wie in der Pfalz üblich überwiegen aus mittlerem Buntsandstein hervorgegangene podsolige Braunerden, deren Nährstoff- und Wasserversorgung angesichts der durchweg stark bewegten Orographie erheblich variiert.

Weil sich für den Gesamtversuch keine genügend große Fläche fand, musste er auf zwei Flächen folgendermaßen aufgeteilt werden:

Teilfläche 1: Abt. V 3 a Hoher Fels (Block I und II),

Teilfläche 2: Abt. II 5 b<sup>3</sup> Müllers Tisch (Block III).

Diese entsprachen sich aber hinsichtlich Boden (Teilfl. 1 + 2: Starke Blocküberlagerung und Flachgründigkeit an den Oberhängen), Höhenlage (Teilfl. 1 + 2: 300-400 mNN) und Hangneigung sowie -richtung (Teilfl. 1: stark geneigt, SW; Teilfl. 2: stark geneigt, W) weitgehend.

Auf Teilfläche 1 wurden im Spätwinter 1988/89, d.h. kurz vor Versuchsanlage knapp 140jährige Kiefern mit etwa gleichalten Buchen (vielfach aus Stockausschlag) sowie einige Lärchen, Hainbuchen, Tannen am Unterhang eingeschlagen.

Auf Teilfläche 2 befand sich eine misslungene Kiefernkultur, die ersetzt werden musste. Der Vorbestand ließ sich nicht mehr eindeutig rekonstruieren, dürfte aber ähnlich zusammengesetzt gewesen sein.



### 2.3 Versuchsplan und -durchführung

Wie bereits angesprochen waren 6 Versuchvarianten geplant. Diese sollten in Parzellen von ausreichender Größe realisiert werden, um eine langfristige Beobachtung des Versuchs zu gewährleisten. Drei Wiederholungen in Blockanordnung erschienen notwendig und angemessen.

Die Parzellen wurden im Okt./Nov. 1987 eingemessen. Dabei zeigte sich, dass auf Teilfläche 1 im Block I 6 rd. 0,2 ha große Parzellen, im Block II dagegen nur 3 Parzellen untergebracht werden konnten und deshalb die Variante „spätere Z-Baum-Auswahl und Behandlung“ nicht berücksichtigt werden konnte. Auf Teilfläche 2 im Block III konnten 6 Parzellen von nur rd. 0,13 ha Größe ausgelegt werden. Generell dürfte dadurch der Versuchsablauf aber nicht ernsthaft beeinträchtigt sein.

Das Anlageschema und die durch das Gelände bedingten unterschiedlichen Größen der Parzellen gehen aus Abb. 4 hervor.

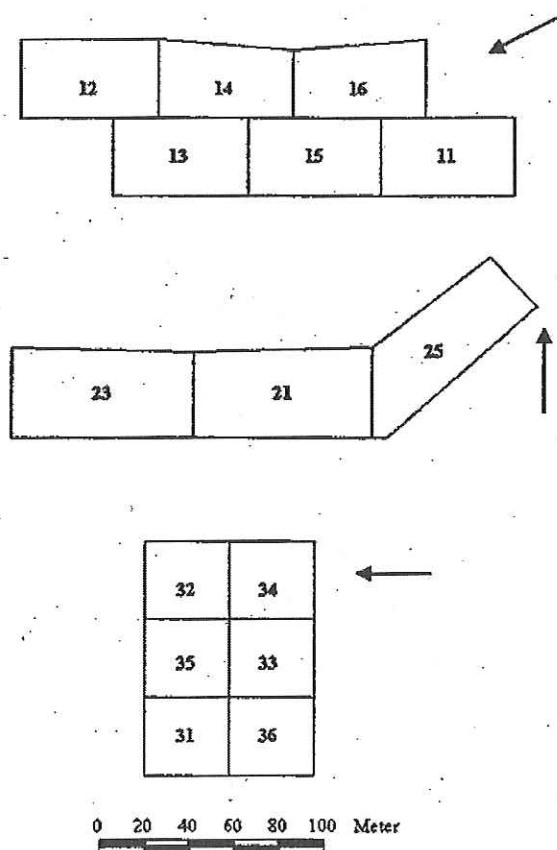


Abb. 4: Lageplan des Kiefern-Weitstands-Frühastungsversuchs Hochspeyer

Die Parzellen sind dauerhaft durch Metallpfähle markiert und die Randlinien aufgehauen. Im Frühjahr 2000 wurden die Ränder erneut freigelegt. Dadurch dürften die Parzellen in den nächsten Jahrzehnten problemlos wieder auffindbar sein.

### **Pflanzung und Nachbesserung der jungen Kiefern**

Der Versuch sollte im Frühjahr 1988 angelegt werden. Damals lieferte eine Baumschule jedoch vertrocknete Kiefern. Eine Ersatzbeschaffung war nicht mehr möglich. Deshalb konnte der Versuch erst im Frühjahr 1989 mit nunmehr **1+2jährigen Kiefern** angelegt werden. So große bzw. alte Kiefern sind in der Praxis zwar wenig gebräuchlich, werden aber verschiedentlich dann verwendet, wenn sich – wie hier auf der Teilfläche 1 – bereits konkurrierende Bodenvegetation eingefunden hat.

Wegen der Steilheit des Geländes ist die Fläche wahrscheinlich etwas dichter bepflanzt worden als ursprünglich vorgesehen.

Im Frühjahr 1990 wurde mit Pflanzen aus den Randstreifen dort nachgebessert, wo mehr als 2 Kiefern ausgefallen waren. In den Weitstandsparzellen wurden alle ausgefallenen Pflanzen ersetzt.

### **Einbringung von Buchen**

Auf aus Buntsandstein hervorgegangenen Standorten wie in Hochspeyer werden in der Praxis üblicherweise Buchen beigemischt. Das geschieht im Regelfall bei der Kultur. Dementsprechend wurden im Frühjahr 1989 1+2jährige Buchen gleichmäßig in allen Parzellen mit 625 Stück/ha (5,0 x 3,2 m) in die Zwischenräume jeder 2. Kiefernreihe gepflanzt.

### **Zäunung**

Die Teilfläche 1 (Blöcke I und II) wurden bereits vor der Pflanzung im Frühjahr 1988 gezäunt, um den jungen Buchen eine Chance zum Aufwuchs zu geben. Weil der Zaun in den Folgejahren mehrfach durch Wildschweine beschädigt wurde und mithin nicht wilddicht zu halten war, wurde er im Sommer 1995 abgebaut.

Die Wildbelastung auf der Teilfläche 2 wurde seitens des Forstamtes als weniger gravierend angesehen und damit auf die Zäunung dort verzichtet.

### **Beseitigung von Anflugkiefern, Birken und Weiden**

Bereits im Herbst 1990 findet sich in den Versuchsprotokollen der Hinweis, dass angeflogene Kiefern aus Gründen der Versuchskonzeption entfernt werden müssten. Dies wurde im Frühjahr 1992 nochmals als dringlich festgestellt. Tatsächlich wurden die Anflugkiefern dann

im Sommer 1994 herausgerissen, bzw. im Herbst in Block II herausgehauen, wo sich zusätzlich Weiden und Birken vital entwickelt hatten und die Kiefern teilweise stark bedrängten.

Im Sommer 2000 wurden abermals bedrängende Birken und Weiden vor allem im Block II (Teilfläche 1) entnommen.

### **Bisherige Aufnahmen**

In den ersten Jahren nach der Versuchsanlage beschränkten sich die Aufnahmen auf die Ermittlung der Ausfälle und stichprobenartige Messungen einiger Höhen.

Erstmals 2000/2001 wurde der Versuch im Zuge der Auswahl von Z-Baumanwärttern umfassender aufgenommen. Die Messungen konzentrierten sich dabei auf die Auswahl der Z-Bäume und zwar gleichermaßen in den Früh- und Spätbehandlungsvarianten die Messung der Höhen, Durchmesser sowie Aststärken. Außerdem wurden die vorerst nur in den Frühbehandlungsparzellen markierten und später entnommenen Bedränger nach Zahl, Durchmesser und Entfernung vom jeweiligen Z-Baum ermittelt.

Wegen des nicht adäquaten Arbeitsaufwandes in den noch sehr baumzahlreichen Jungbeständen wurden jedoch die übrigen Jungbäume nur mit einer jeweils 50 Individuen umfassenden Stichprobe je Parzelle und die Streifen, auf denen sie wuchsen, zur Flächenherleitung gemessen. Diese Daten können allerdings wegen der geringen Datenbasis und teilweise sehr kleinen Flächen nur orientierenden Informationswert haben.

Alle Messergebnisse ließen sich auf der Grundlage des Versuchsflächendesigns varianzanalytisch im Hinblick auf den Einfluss der Ausgangspflanzendichten und der Standortvorgaben (Blöcke) auswerten.

## **2.4 Entwicklung der Jungkiefern**

### **Ausfälle der jungen Kiefern in den ersten Jahren nach der Pflanzung**

Im Herbst 1989, also am Ende der ersten Vegetationszeit, wurde zum ersten Mal gezählt und dadurch die Möglichkeit zum Ermitteln der angewachsenen Pflanzen gegeben. Deren Ergebnisse stehen in Tab. 1.

Die Ausfälle lagen demnach bei durchschnittlich 15 %. Sie variierten jedoch in den einzelnen Parzellen zwischen 6 und 28 %.

Die höheren Ausfälle in Block III bei den eng und mitteldicht begründeten Varianten sind teilweise auf **Schwarzwild** zurück zu führen, das dort heftig „gegrubbert“ und dabei diverse

Jungpflanzen herausgerissen hatte. Das mag einer der Gründe gewesen sein, warum kein Zusammenhang zwischen den Ausfällen und den Pflanzendichten bzw. den abweichenden Standortbedingungen zwischen den Teilflächen 1 und 2 herzuleiten ist.

Im Verlauf der 90er Jahre gab es mehrmals **Nassschneeauflagen**, die in einzelnen Parzellen geringfügige Schäden anrichteten. Deren Auswirkungen standen teilweise in Zusammenhang mit den Ausgangspflanzendichten. So brachen in einigen Dichtstandspartzellen die Jungkiefen in kleinen Trupps zusammen. In den Weitstandspartzellen wurden einige Bäume – offenbar, weil sie große Kronen gebildet hatten und damit dem Schnee eine gute Auflage boten – niedergedrückt. Sie richteten sich in der Folge durchweg wieder auf, behielten aber Stammkrümmungen in den unteren 1-2 m zurück, die bei der späteren Z-Baum-Auswahl dann Ausschlussgründe waren.

**Tab.1: Ausfallprozente der Kiefern nach 1 Vegetationszeit in Abhängigkeit von Pflanzendichte und Block (Standort); Dez. 1989**

Pflanzen- dichte STÜCK/HA	BLOCK	AUSWAHLZEITPUNKT		MITTEL- WERT
		früh	spät	
<b>10.000</b>	I	14,0	10,2	<b>14,8</b>
	II	9,8	-	
	III	21,6	18,5	
<b>4.000</b>	I	17,1	16,8	<b>19,7</b>
	II	11,4	-	
	III	25,5	27,9	
<b>1.000</b>	I	13,6	16,5	<b>11,8</b>
	II	11,4	-	
	III	11,6	5,7	
Block- Summen	I			14,7
	II			10,9
	III			18,5
				<b>14,6</b>

Im November 1996 wurden in den Weitstandspartzellen einige ursprünglich durchaus vitale Exemplare gefunden, die im Laufe der letzten Jahre abgestorben waren. Einzelne **kränkelnde**

**Bäume** deuteten an, dass sie demnächst dasselbe Schicksal treffen würde. In den Mittel- und Engstandspartellen fanden sich solche Abgänge nicht. Hinweise für die Ursachen dieser vereinzelt Ausfälle gab es nicht. In den Folgejahren wurden diese undefinierbaren Abgänge nicht mehr beobachtet. Insgesamt ließen sich aber keine eindeutigen Auswirkungen der Pflanzendichten in den ersten Jahren des Bestandeslebens erkennen.

### Höhen- und Höhenzuwachsentwicklung

Bei den ersten Aufnahmen konnten keine Unterschiede in den Höhenzuwachsen und damit auch nicht in der Gesamthöhenentwicklung zwischen den Kiefern der verschiedenen Varianten festgestellt werden. Deshalb wird hier auf eine weitergehende Darstellung verzichtet.

Nach einer Versuchsflächeninspektion im November 1996 hatten die dominanten Kiefern in allen Partellen im Schnitt eine Gesamthöhe von 4 m erreicht. Zu diesem Zeitpunkt begann sich allerdings eine auf die Ausgangspflanzendichten zurückgehende Differenzierung anzudeuten.

### Baumzahlen und Wachstumsparameter im Dickungsstadium

Im Sommer 2000 – also 12 Jahre nach Versuchsanlage – hatten die nunmehr 15 Jahre alten Kiefern Höhen zwischen 6-8 m erreicht. Die Ergebnisse der Stichprobenerhebung hinsichtlich des Gesamtbestandes enthält Tab. 2. Ihr sind die in den Frühbehandlungsparzellen ermittelten Daten zugrundegelegt. In den Spätbehandlungsparzellen wurden noch keine Maßnahmen durchgeführt. Deshalb liefern sie derzeit keine weiterführenden Ergebnisse.

**Tab. 2: Merkmale zur Charakterisierung des Wachstums der 15j. Kiefern in Abhängigkeit von der Ausgangspflanzendichte**

MERKMAL	MASS- EINHEIT	AUSGANGSDICHTE			STATISTISCHE SICHERUNG	
		Stück/ha			Dichte	Block
		10.000	4.000	1.000		
<b>Baumzahl</b>	Stck./ha	5.702	2.998	821	++	-
	%	57	75	82		
<b>Oberhöhe</b>	m	7,5	7,8	7,1	-	+
<b>Durchmesser d<sub>100</sub></b>	cm	10,9	13,0	13,1	+	+
<b>Grundfläche</b>	m <sup>2</sup> /ha	17,9	16,1	6,6	+	-
<b>Schaftholz</b>	m <sup>3</sup> /ha	68	62	24	+	-

Aus Tab. 2 lassen sich folgende Ergebnisse entnehmen:

- 12 Jahre nach der Versuchsanlage hatten sich die **Baumzahlen** bereits erheblich verändert:

- In der Engstandsvariante wurden sie als Folge der hohen Dichte auf fast die Hälfte der Ausgangspflanzenzahl reduziert. Allerdings wurden dort auch schon einige Bedränger der Z-Bäume entnommen, wodurch sich die Baumzahlen in den Parzellen zusätzlich verringerten.
  - In der Variante mit mittleren Dichten waren dagegen noch keine über die kurz nach der Pflanzung festgestellten Ausfälle hinausgehenden natürlichen Abgänge eingetreten. Auch hier wurden jedoch einige Bedränger entnommen. Die diesbezüglichen Zahlen werden im übernächsten Abschnitt abgehandelt.
  - Das gilt in noch ausgeprägterem Maße für die weitständig begründeten Jungbestände. In ihnen waren bisher die relativ geringsten Abgänge zu verzeichnen, weil sie ausreichenden Kronenraum zur Verfügung hatten.
- Hinsichtlich der **Oberhöhen** deutete sich zwar eine geringfügige Minderung des Wachstums bei den Weitstandskiefern an. Dieser Unterschied konnte jedoch statistisch nicht abgesichert werden.
  - Deutliche Unterschiede haben sich bereits bei den **Durchmessern** der Kiefern, dem im Hinblick auf die spätere Wertleistung der jungen Bäume wichtigsten Merkmal, herausgebildet. Die Mittel- und Weitstandskiefern waren nämlich um  $>2$  cm stärker als die herrschenden Individuen in den Engstandsparzellen. Auf die Grundflächen der Einzelbäume bezogen ergibt das eine Mehrleistung von  $>40$  %.
- Zwischen den herrschenden Bäumen der Varianten 4.000 und 1.000 Stck./ha dürften sich erst in den kommenden Jahren Unterschiede herausbilden. Noch ist offenbar auch in den mitteldichten Jungbeständen der dort gebotene Wuchsraum zum weitgehend ungebremsten Wachstum ausreichend. Die mit 1000 Pflanzen noch deutlich niedrigere Baumzahl, wie sie die extrem weitständige Variante repräsentiert, dürfte sich also erst später förderlich auswirken.
- Hinsichtlich der **bestandesbezogenen Grundflächen** zeigten sich nahezu gleich hohe Werte bei den eng und mitteldicht aufgewachsenen Kiefern. Die sehr weitständigen hatten dagegen noch keinen Kronenschluss erreicht und damit auch noch nicht das Wuchspotenzial auf der Fläche voll ausnutzen können.
  - Weitgehend den Grundflächen entsprachen auch die Werte der **Schaftholzvorräte**.

## Entwicklung der Z-Baum-Anwärter

In den Protokollen der Begutachtungen des Versuchs in den ersten Jahren fanden sich zwar verschiedentlich Anmerkungen darüber, dass es in den Weitstandspartellen mehr krumme Exemplare zu geben scheine als in den dichteren. Zugleich war aber angemerkt worden, dass die Zahl der gerade gewachsenen Bäume ausreichen dürfte, um in den nächsten Jahren Z-Baum-Anwärter problemlos auswählen zu können.

Im Sommer 2000 wurden dann bei den inzwischen 15jährigen Kiefern in allen Partellen Z-Baum-Anwärter ausgewählt und dauerhaft markiert, und die frühere Einschätzung bestätigte sich: In allen Dichtevarianten fanden sich genügend als übernahmewürdig erscheinende Anwärter.

Hinsichtlich ihrer Zahl wurde von folgenden Überlegungen ausgegangen:

Seitens der verschiedenen Länderforstverwaltungen werden heute 80-120 Z-Bäume/ha empfohlen. Bei sehr früher Auswahl der Z-Bäume muss man aber mit gewissen Abgängen oder Fehlentwicklungen einzelner Z-Baum-Anwärter sowie späteren Verzweiselungen rechnen. Außerdem lässt sich die Wuchspotenz mancher Individuen zu dieser Zeit noch nicht zuverlässig beurteilen. Deshalb wurden Zahlen in der Größenordnung von 150 Stück/ha angehalten.

Tatsächlich wurden 141 (124-162) Z-Baum-Anwärter/ha ausgelesen.

Z-Baum-Anwärter wurden gleichermaßen in den für Früh- wie für Spätbehandlung vorgesehenen Partellen ausgewählt, jedoch nur in den Frühbehandlungsvarianten auch tatsächlich freigestellt und auf Reichhöhe geästet. In den Spätbehandlungsparzellen kann später ermittelt werden, wie sie sich ohne Freistellung im Vergleich zu den Z-Bäumen mit frühzeitiger Förderung entwickelt haben. Außerdem lässt sich nach einer erneuten Z-Baum-Auswahl überprüfen, ob die Erstwahl zutreffend war.

Bis zum Aufnahmezeitpunkt hatte nur die Ausgangspflanzendichte das Wachstum der jungen Kiefern beeinflussen können. Erst danach wurden in den Frühbehandlungsparzellen die Z-Bäume freigestellt. Deshalb konnten die Werte aller Partellen mit denselben Ausgangspflanzendichten gemittelt und in Tab. 3 zusammengestellt werden.

Aus dieser Tabelle lassen sich folgende Wuchsreaktionen der Z-Bäume entnehmen:

- Sie unterschieden sich tendenziell hinsichtlich ihrer **Höhen**. Die sehr weitständig aufgewachsenen Kiefern waren etwas niedriger. Das hatte sich bereits bei den Werten der Stichprobe für den Gesamtbestand angedeutet. Die Streuung im Material und insbesondere die Wuchs-

unterschiede zwischen den Standorten der Blöcke waren jedoch so groß, dass sich diese vergleichsweise unbedeutenden Unterschiede statistisch nicht absichern ließen.

- Bei den **Brusthöhendurchmessern** hatte der größere Wuchsraum mittlere Differenzen bis zu 2,4 cm erbracht. Das erscheint zwar nicht sehr viel. Wenn man diese Werte aber in **Einzelbaumgrundflächen** umrechnet, beträgt der Unterschied beachtliche >50 %.

**Tab. 3: Merkmale zu Wachstum und Aststärken der Z-Bäume in Abhängigkeit von den Ausgangspflanzendichten**

(Mit den selben kursiv gedruckten Buchstaben versehene Mittelwerte sind statistisch gesehen bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit gleich)

MERKMAL	AUSGANGS-PFLANZEN-DICHTE			STATISTISCHE SICHERUNG			
	Stck./ha			Dichte	Block		
			10.000	4.000	1.000		
<b>Oberhöhe</b>	<i>h</i> <sub>100</sub>	m	7,6 <i>a</i>	7,7 <i>a</i>	7,1 <i>a</i>	-	+
<b>Durchmesser</b>	<i>d</i> <sub>100</sub>	cm	9,7 <i>a</i>	11,3 <i>b</i>	12,1 <i>b</i>	++	++
Einzelbaumgrundfläche	<i>g</i> <sub>100</sub>	%	100	135	154		
<b>Grundfläche</b>		m <sup>2</sup> /ha	1,07 <i>a</i>	1,47 <i>b</i>	1,53 <i>b</i>	+	++
<b>Schaftholz</b>		m <sup>3</sup> /ha	4,3 <i>a</i>	5,9 <i>a</i>	5,8 <i>a</i>	-	+
<b>Aststärke</b>	Mittelwert	mm	19 <i>a</i>	23 <i>b</i>	26 <i>c</i>	++	+
“	min.	“	13 <i>a</i>	16 <i>b</i>	20 <i>c</i>	+	+
“	max.	“	28 <i>a</i>	28 <i>a</i>	34 <i>b</i>	+	+
“	Variationskoeffizient	%	16 <i>a</i>	14 <i>a</i>	15 <i>a</i>	-	-

- Bei den auf den Hektar hochgerechneten **Grundflächen** ergab sich eine deutliche Überlegenheit der weitständig aufgewachsenen Z-Bäume gegenüber denen der Engstandsvariante. Die extrem geringe Pflanzendichte von 1.000 Stück/ha hatte jedoch gegenüber der mittleren Dichte von 4.000 Stück/ha in dieser Hinsicht noch keine durchschlagende Wirkung gehabt.
- Zwar schien sich bei den **Schaftholzmengen** eine den Grundflächen vergleichbare Entwicklung anzudeuten, doch waren die Streuungen innerhalb der Daten so groß, dass für die Mittelwerte der Pflanzdichtenvarianten keine statistischen Absicherungen errechnet werden konnten.
- Erwartungsgemäß zeigten sich hinsichtlich der in ungefähr 2 m Höhe gemessenen **Aststärken** erhebliche und gesicherte Unterschiede in Abhängigkeit von den Wuchsräumen, gleichgültig, welche Kennwerte hinsichtlich der Astdurchmesser man heranzieht: die



Mittelwerte oder die Maximal- bzw. die Minimalwerte. Lediglich die Streuung in den drei Kollektiven – ausgedrückt mit Hilfe der Variationskoeffizienten – unterscheidet sich nicht.

### Die entnommenen Bedränger

Wie bereits dargelegt, wurden in allen früh zu behandelnden Dichtevarianten Z-Bäume ausgewählt und gleich anschließend freigestellt. Die Werte der entnommenen Bedränger sind in Tab. 4 wiedergegeben.

**Tab. 4: Merkmale zur Charakterisierung der entnommenen Bedränger in Abhängigkeit von den Ausgangspflanzendichten**

MERKMAL		AUSGANGSPFLANZENZAHL Stück/ha			STATISTISCHE SICHERUNG	
		10.000	4.000	1.000	Dichte	Block
Bedränger je Z-B.	Stück	6,5 c	3,8 b	1,4 a	++	-
Bedränger insgesamt	Stück/ha	941a	575 a	166a	-	-
Durchmesser	cm	6,4 a	8,3 b	9,7 c	++	-
Schaftholz	m <sup>3</sup> /ha	11,2	13,0	5,4		

Aus dieser Tabelle geht hervor:

- Die **Zahl der entnommenen Bedränger je Z-Baum bzw. die Gesamtzahl je Flächeneinheit** variierte erheblich mit der Ausgangspflanzendichte. Zwischen den beiden Extremvarianten 10.000 und 1.000 Pflanzen/ha lag sie im Verhältnis von rd. 5 : 1.
- Deren **Durchmesser** unterschieden sich im Verhältnis 1 : 1,5 in Abhängigkeit vom Ausgangspflanzenverband. Das war noch ausgeprägter als bei den Z-Bäumen, bei denen diese Verhältnis 1 : 1,3 betrug.
- Der **Schaftholzanteil** war in der Eng- und Mitteldichtstandvariante nahezu gleich, aber – bedenkt man das noch geringe Alter der Kiefern-Dickung – bereits beachtlich hoch. Nur in der Extremvariante lag er angesichts der erheblich geringeren Zahl knapp halb so hoch. Das konnten auch die deutlich höheren Volumina der entnommenen Bedränger dort nicht ausgleichen.

Die Derbholzberechnung ist bei jungen Bäumen, die gerade an der Schwelle zum Sprung in die Derbholzstärke stehen und angesichts der geringen Zahl der dieser Stichprobe zugrunde liegenden Individuen so problematisch, dass auf sie hier verzichtet wurde.

## **2.5 Zur Entwicklung von Buchen und der übrigen Vegetation**

### **Zur Entwicklung der miteingebrachten Buchen**

Die Buchen in Block I und II wurden teilweise durch offenbar hohe Rehwilddichten stark verbissen. Da sie aber bis 1995 im Zaun aufwuchsen, haben die meisten von ihnen bereits Höhen von 1,5-2,5 m erreicht und sind damit dem Rehwildäser entwachsen. Sie werden in nicht allzu ferner Zeit Konkurrenten für die Kiefern werden.

In Block III dagegen konnten sie sich bisher noch nicht sehr überzeugend entwickeln.

### **Zur Entwicklung der Bodenvegetation und des Gehölzanflugs**

In den Weitstandspartellen ist der Boden im Gegensatz zu den anderen Varianten in Block I mit *Deschampsia flexuosa*-Rasen bedeckt. Die gelegentlich darin befindlichen Heidelbeersträucher waren stärkstens von Rehen verbissen.

In Block II fand sich noch immer viel Ginster, der möglicherweise etwas verdämmte. Dort waren auch Birken einzeln eingemischt und z.T. höher als die Kiefern.

In allen Partellen etablierten sich erneut Anflugkiefern, die teilweise als Konkurrenten entfernt werden mussten. Sie spielten insgesamt aber keine große Rolle mehr.

## **2.6 Beurteilung und vorläufige Schlussfolgerungen**

Vorausgeschickt sei, dass einzelne Vorgehensweisen und Detailergebnisse kritisch zu hinterfragen sind:

- So wurden die Z-Bäume in den Frühbehandlungsparzellen nach Einschätzung der Konkurrenzverhältnisse – also nach subjektiven Maßstäben – freigestellt. Es ist durchaus denkbar, dass andere Versuchsansteller schwächer oder vielleicht sogar stärker eingegriffen hätten. Dennoch kann man davon ausgehen, dass die Relation der Werte zueinander ähnlich ausgefallen wäre.
- Es ließ sich nicht klären, inwieweit das Absterben einzelner, zunächst durchaus vital erscheinender Individuen in den Extrempartellen zufällig war oder für solchen Weitstand typisch sein kann. Zwei Hypothesen bieten sich zur Erklärung an:
  - Die jungen Kiefern waren als Folge des Weitstands stärkerem Stress ausgesetzt, dadurch vorgeschädigt und dann anfälliger für Käfer- oder Pilzschäden.
  - In den offenen Jungbeständen waren die Lebensbedingungen für Schädlinge günstiger, so dass sie dann die Kiefern verstärkt befallen und zum Absterben bringen konnten.

- Trotz des starken Rehwild-Verbisses sind die gleichzeitig eingebrachten jungen Buchen teilweise sehr rasch und vital mit den Kiefern aufgewachsen. Sie beginnen in Einzelfällen bereits in die Kronen der jungen Kiefern einzuwachsen und müssen in Kürze zurückgesetzt werden.

Die gleichzeitige Einbringung von Buchen ist zwar in der Praxis durchaus üblich. Es verdichten sich aber die Anzeichen, dass ein solches Vorgehen wegen der in den letzten Jahrzehnten zu beobachtenden Zunahme der Konkurrenzkraft der Buche künftig nicht zu empfehlen ist.

Trotz verschiedener kleinerer Pannen bei der Versuchsanlage und der bisherigen Versuchsdurchführung kann der Versuch aber insgesamt gesehen als gelungen eingeschätzt werden. Er verspricht daher, in Zukunft aussagekräftige und praxisverwertbare Ergebnisse zu liefern.

Zunächst unterstreichen die Ergebnisse das außerordentlich starke Reaktionsvermögen der jungen Kiefern. Das lässt erfahrungsgemäß in höherem Alter schnell nach. Bei Kiefern guter Wuchsleistung, wie wir sie hier vorgefunden haben, kulminiert das Höhenwachstum bereits zwischen dem 10. und 15. Lebensjahr. Nur um diesen Zeitraum herum vermögen die jungen Kiefern ihre Kronen auszubauen. Und das ist die Voraussetzung für eine entsprechende Durchmesserzunahme.

Den für die Kronenentwicklung ausreichenden Wuchsraum kann man durch eine geringe Pflanzendichte bereits bei der Begründung eines Jungbestandes schaffen oder aber durch sehr frühzeitige Pflegemaßnahmen, die auf eine drastische Wuchsraumerweiterung abzielen. Niedrige Pflanzenzahlen bei der Bestandsbegründung sparen Zeit und Geld.

Dicht begründete Jungbestände sind dagegen nicht nur teurer. Frühzeitige und genügend durchgreifende Pflegemaßnahmen verursachen auch zusätzlichen Aufwand. Bei geringen Ausgangspflanzendichten sind sie – wie in Tab. 4 gezeigt – weniger aufwändig, weil weniger Bedränger entnommen werden müssen und diese, weil deutlich stärker, eher verwertet werden können.

Die Pflege wird in der Praxis oft vergessen oder nicht rechtzeitig genug vorgenommen. Damit mindern sich die Chancen, Bäume mit großen Zielstärken zu produzieren.

Nach dem gegenwärtigen Entwicklungsstand erscheinen 4.000 Kiefern/ha zur Begründung von Kiefernbeständen als ausreichend. Es spricht also Vieles dafür, die Pflanzenzahlen bei Kiefernkulturen in der Praxis auf 3 000-4 000 Stck./ha weiterhin zu senken – sofern denn überhaupt noch Kiefernbestände neu begründet werden sollen. Für aus Naturverjüngung hervorgegangene Kiefern-Jungwüchse oder -Dickungen gilt aber dasselbe. In ihnen ist die

Reduktion der Pflanzendichten wegen der oft hohen Ausgangspflanzenzahlen noch erheblich dringlicher. Deshalb liefert diese Art von Versuchen über die Beantwortung seinerzeit gestellter, aber nicht mehr voll aktueller Fragen hinausgehende Informationen.

Hinsichtlich der Bewertung von Weitstandsvarianten mit nur 1.000 Pfl./ha sind derzeit noch Zweifel angebracht, ob eine so geringe Ausgangspflanzenzahl für die Begründung wertholzproduzierender Bestände ausreichen kann. Hier im Versuch konnte jedenfalls eine ausreichende Zahl an Z-Bäumen gefunden werden. Bei ihnen ist aber die Ästung – und zwar teilweise sogar die Grünästung – eine unverzichtbare Maßnahme zur Qualitätssicherung.

Nach Ergebnissen aus anderen eigenen Versuchen zu dieser Thematik werden große Ästungswunden bei wuchskräftigen Kiefern rasch überwältigt. Die Ästung darf aber unter keinen Umständen vergessen werden. In der Abhängigkeit von der rechtzeitigen Einhaltung der jeweils notwendigen Pflegemaßnahmen liegt also bei solchen Modellen mit extremen Ausgangslagen ein erhebliches Risiko, selbst wenn sie aus einer ganzen Reihe von Gründen durchaus akzeptabel erscheinen!

### **3. Der Kiefern-Grünästungsversuch**

#### **3.1 Problemstellung**

Wie bereits ausgeführt, erscheint eine intensive Bewirtschaftung der Kiefer heute nur noch ökonomisch vertretbar, wenn Wertholz in größtmöglicher Menge produziert wird. Hierfür ist - abgesehen von einigen Sonderstandorten - künstliche Ästung unumgänglich. Diese sollte im Hinblick auf eine hohe Ausbeute astfreien Holzes möglichst früh auf möglichst 6 m vorgenommen werden.

Das führt allerdings unvermeidlich zu in der Praxis vielfach als problematisch angesehenen Grünästungen. Mit diesen könnten nämlich zwei erhebliche Nachteile verbunden sein:

- Das Entstehen von Eingangspforten für Pilzschäden am Stamm und
- Wachstumsminderungen als Folge der Entfernung grüner Assimilationsmasse.

Die erste Befürchtung lässt sich durch das Argument entkräften, dass Kiefern aus Wunden meist stark harzen. Dadurch werden auch größere Wunden rasch und wirkungsvoll geschlossen. Diese Abwehrreaktion funktioniert nur bei Frostwetter reduziert. Dann ist aber mit Pilzinfektionen nicht zu rechnen.

Zur zweiten Befürchtung gibt es zwar Untersuchungen an tropischen Kiefern, die Zuwachsminderungen bei starken Eingriffen in die "Lichtkrone" ergaben. Doch sind die dabei angewendeten Versuchsbedingungen wegen anderer Erziehungskonzepte nicht ohne Weiteres auf

mitteleuropäische Verhältnisse übertragbar. Unklar ist auch, wie lange solche Wachstums-minderungen anhalten, ob sie also langfristig von wirtschaftlicher Bedeutung sind. Desgleichen ist unklar, wie sie sich bei unterschiedlich starken Eingriffen in die Lichtkrone und bei wiederholten der Kronenentwicklung folgenden Maßnahmen auswirken.

### 3.2 Versuchsziel und Behandlungsprogramm

Am Beispiel eines noch sehr jungen und dadurch niedrigen Kiefern-Pflanzbestandes soll nach mehreren, in zweijährigen Abständen erfolgenden und eine unterschiedliche Zahl von Quirlen erfassenden Grünästungen das Wuchsverhalten herrschender Kiefer untersucht werden.

Junge Kiefern haben, wenn sie im Bestandesverband aufwachsen, Kronenlängen von 33-50 % und dadurch selten mehr als 6 grüne, lebende Astquirle. Es wurde unterstellt, dass bei Belassen von 5 und mehr Quirlen keine Wuchsminderungen eintreten, weil dann nur noch in die Schattenkrone eingegriffen wird. Nach kleineren Vorversuchen muss andererseits befürchtet werden, dass junge Kiefern absterben, wenn man ihnen weniger als zwei Astquirle belässt.

Deshalb war der erste Planungsschritt, folgende Ästungsvarianten festzulegen:

- Belassen aller lebenden Äste (Kontrolle) und
- Belassen von 5, 4, 3, und 2 grünen Quirlen.

Außerdem sollten zeitliche Wiederholungen der Ästungen vorgenommen werden. Hierfür wurden insgesamt 4 im zweijährigen Abstand, d.h. nach ungefähr 1 m Höhenzuwachs einander folgende Eingriffe vorgesehen, wobei die Zahl der Eingriffe von kein- bis viermal variierte.

Daraus ergab sich der folgende Behandlungsplan:

VARIANTE Nr.	HÄUFIGKEIT DES EINGRIFFS	JAHR DES EINGRIFFS				ZAHL BELASSENER QUIRLE				
		1988	1990	1992	1994	alle	5	4	3	2
0	--					x				
1	1 x	x					x	x	x	x
2			x				x	x	x	x
3				x			x	x	x	x
4	2 x	x	x				x	x	x	x
5		x		x			x	x	x	x
6		x			x		x	x	x	x
7	3 x	x	x	x			x	x	x	x
8		x	x		x		x	x	x	x
9	4 x	x	x	x	x		x	x	x	x

Dieses Behandlungsschema führte mithin zu  $9 \times 4 = 36$  Kombinationen aus Eingriffszeitraum und -stärke. Dazu kommt die „Kontrolle“. Zwar sind weitere Kombinationen denkbar. Doch führt die dann benötigte Zahl zu ästender Bäume in nicht mehr handhabbare Größenordnungen. So wurde davon ausgegangen, dass der Versuch auch in dieser Konzeption genügend Aufschluss über die zu erwartenden Reaktionen geben würde.

### **Untersuchungsbestand**

Durch das rheinland-pfälzische Forstamt Hochspeyer wurde im Frühjahr 1988 ein damals 4-5 m hoher, 10-11 Jahre alter wüchsiger und als repräsentativ anzusehender Kiefernbestand in Abt. I 17, Schleichkuppe, zur Verfügung gestellt.

### **Versuchsdurchführung**

Die erste Grünästung wurde im frühen Sommer 1988 vorgenommen und dann jeweils im Sommer der Jahre 1990, 1992 und 1994 planentsprechend fortgesetzt. Je Kombination wurden 15 Bäume ausgewählt und dauerhaft markiert.

Alle Versuchsbäume gehörten dem Kollektiv der vorherrschenden und herrschenden Bäume an und wurden im Kronenraum stark freigestellt, so dass ihre Wachstumsreaktionen möglichst nicht durch nachbarliche Konkurrenz beeinflusst wurden.

Alle als Einzelversuchsglieder zu betrachtenden Versuchsbäume sollten gleichmäßig über die ganze Bestandesfläche verteilt werden, um etwaige Standorts- oder Bestandesheterogenitäten auszugleichen. Doch wurden bei der Versuchsanlage Fehler gemacht. So kam es, dass einige Versuchsbäume derselben Behandlungsvarianten konzentriert in bestimmten Bestandesteilen zu liegen kamen.

Das hatte insofern fatale Auswirkungen, als 1994 örtlich begrenzt unterschiedlich starke und teilweise letale Rindenfraßschäden an den Leittrieben zahlreicher Versuchsbäume festgestellt wurden. Diese wurden - weil Niemandem bekannt - schließlich als Fraß durch Siebenschläfer identifiziert. Sie führten ärgerlicherweise zum Totalausfall einiger – allerdings weniger – Varianten.

### **3.3 Erste vorläufige Ergebnisse**

Im Spätherbst 1995 wurden die Gesamthöhen und Brusthöhendurchmesser der Versuchsbäume ermittelt und diese Daten 1996 zunächst überschlägig ausgewertet.

Abschließende Aufnahmen und damit endgültige Auswertungen konnten noch nicht vorgenommen werden.

In Tab. 5 sind die Messwerte der erwähnten Aufnahme wiedergegeben.

**Tab. 5: Mittelwerte der Höhen (m; Normalschrift) und Brusthöhendurchmesser (cm, Kursivschrift) herrschender Kiefern nach unterschiedlich starken und häufigen Grünästungen. Aufnahme Herbst 1995.**

[ ( ) = unzureichende Datenbasis wegen Schäden durch Siebenschläfer ]

VAR. NR.	HÄUFIGKEIT DES EINGRIFFS	JAHR DES EINGRIFFS				ZAHL BELASSENER QUIRLE				
		88	90	92	94	Alle	5	4	3	2
0	--					7,8 12,4				
1	1 x	x				8,2 13,4	8,3 12,7	8,1 13,0	8,0 12,4	
2			x			( ) ( )	9,2 14,0	8,6 12,6	8,5 12,0	
3				x		( ) ( )	8,8 13,1	8,3 11,8	8,6 13,1	
4	2 x	x	x			8,0 13,1	7,8 13,3	8,1 12,6	7,8 11,5	
5		x		x		8,6 13,9	8,1 12,7	7,9 12,1	8,0 11,2	
6		x			x	7,6 12,5	8,9 13,2	8,6 13,0	8,8 13,8	
7	3 x	x	x	x		8,3 13,6	7,6 11,9	8,2 11,7	7,6 9,9	
8		x		x	x	8,0 13,3	8,0 12,5	8,1 13,2	7,9 11,2	
9	4 x	x	x	x	x	8,2 12,8	8,0 11,9	8,0 11,5	7,7 10,3	
	Mittelwerte Höhen					7,8	8,1	8,2	8,2	8,1
	Mittelwerte Durchmesser					12,4	13,2	12,8	12,3	11,7

Hieraus lassen sich folgende Reaktionen der Kiefern ableiten:

- Das **Höhenwachstum** wird offenbar geringfügig durch die Intensität der Ästung beeinflusst. Bei den meisten Varianten waren die bis auf 2 Quirle ihrer Krone beraubten Kiefern maximal 70 cm kürzer als die Bäume, denen 5 Quirle belassen worden waren (Var. 5). Es gibt jedoch auch einige Varianten, bei denen die Ästung eher das Gegenteil bewirkt zu haben

scheint (z.B. Var. 6). Außerdem haben die überhaupt nicht geästeten "Kontroll"-Bäume nicht die erwarteten größten Höhen.

Die großen Streuungen im Material als mögliche Folge nicht eindeutiger Reaktionsmuster der Bäume werden auch deutlich, wenn man die Höhenwerte über die Zahl der belassenen Quirle unabhängig von der Häufigkeit der Ästungen mittelt. Dann sind nämlich die Bäume, bei denen 5 und 2 Quirle belassen wurden, gleich groß. Die Bäume mit 4 und 3 belassenen Quirlen unterscheiden sich mit nur um jeweils 10 cm größeren Höhen praktisch nicht von denen der beiden erstgenannten Varianten.

- Die Mittelwerte der **Brusthöhdurchmesser** spiegeln dagegen die Intensitäten der Ästungen erheblich besser wider, und das in zweierlei Hinsicht:
  - Fast durchgängig waren die Bäume dünner, wenn nur wenige Quirle belassen wurden.
  - Wiederholte Ästungen verstärkten die wachstumshemmende Wirkung der Ästungen. Das ist besonders bei den Varianten 7 und 9 deutlich.
  - Gegenüber den Bäumen, denen alle Äste belassen worden waren, hatten die Bäume mit 5 belassenen Quirlen keine Minderung des Durchmesserwachstums erfahren, sie waren im Gegenteil sogar etwas dicker. Auch bei Belassen von 4 Quirlen stellten sich noch keine Wachstumsminderungen ein

### 3.4 Schlussfolgerungen

Es ist verfrüht, aus den bisherigen Ergebnissen dieses Versuchs bereits praktische Schlüsse ziehen zu wollen. Dazu ist seine Laufzeit bisher nicht lang genug gewesen. Die letzten Ästungsmaßnahmen konnten sich noch nicht voll auswirken. Spätere Aufnahmen werden aussagekräftigere Informationen liefern. Dabei wird es dann auch notwendig sein, die Ausgangswerte jedes Einzelbaumes genauer zu berücksichtigen und stärker die Zuwächse der Höhen und Durchmesser statt der kumulativen Endwerte als Beurteilungsmaßstab heranzuziehen.

Außerdem werden die Einzelbäume noch kritischer bewertet werden müssen hinsichtlich ihrer soziologischen Stellung, der Standortverhältnisse ihres unmittelbaren Umfeldes und hinsichtlich möglicherweise bisher übersehener Rindenschäden durch Siebenschläfer, die zwar nicht letal waren, aber zumindest das Höhenwachstum beeinträchtigt haben könnten.

Nach den bisher vorliegenden Daten wird jedoch bereits jetzt deutlich, dass sehr frühe und starke Grünästungen das Durchmesserwachstum erheblich vermindern können. Man muss sich dabei vergegenwärtigen, dass Durchmesserreduktionen von rd. 2-4 cm bei Bäumen der hier erreichten Dimensionen Verminderungen der Einzelbaumgrundflächen von 40-50 % entsprechen, also nicht unerheblich sind.



Zugleich deutet sich aber auch an, dass bei Belassen von 3-4 Quirlen - die genaue Spezifikation ist jetzt noch nicht möglich - die Wachstumsinderungen weniger gravierend sind. Praxisrelevant wird offenbar erst eine Einkürzung der Kronen auf nur noch 2 Quirle - und das würden Praktiker ohnehin als "Baumvernichtungsaktion" einstufen, ja, schon Kronenreduktionen auf 3 Quirle für kaum akzeptabel halten. Dennoch dürfte die Schlussfolgerung vertretbar sein, dass bei Belassen von 5 Quirlen - also einer Kronenlänge von etwa 3 m - keine Wachstumsinderungen befürchtet werden müssen. Es scheint sich sogar anzudeuten, dass der Durchmesserzuwachs - einer mehrfach geäußerten und oben bereits erwähnten Vermutung entsprechend - etwas angeregt wird, wenn die Äste der unteren Schattenkrone entnommen werden.

Für die später angestrebte Ableitung von praxisrelevanten Empfehlungen muss die derzeit ausschließlich auf wachstumkundlichen Parametern basierende Darstellung der Reaktionen der jungen Kiefern auf die Grünästungsmaßnahmen dann ohnehin durch Holzverwertungstechnische und ökonomische Analysen und Kalkulationen erweitert und untermauert werden. Eine endgültige Bewertung ist also - das sei hier nochmals wiederholt - jetzt verfrüht.

#### **4 Vergleich mit ähnlichen Versuchen**

Wie eingangs angedeutet hat der Autor einige gleichartige Versuche in Niedersachsen und Bayern angelegt und betreut. Deren Ergebnisse sind geeignet, die in Hochspeyer gewonnenen zu überprüfen und zu ergänzen. Deshalb werden nachfolgend drei Versuche aus Niedersachsen und zwar dem nördlich Hannover gelegenen Forstamt Fuhrberg herangezogen. Sie sind teilweise älter und daher in der Entwicklung weiter fortgeschritten. Die Klimabedingungen sind in Fuhrberg zudem anders, und es ist daher besonders interessant zu sehen, ob unter den abweichenden Vorgaben weitgehend gleichartige Reaktionen der Kiefern auf die waldbaulichen Behandlungen festgestellt werden können.

##### **4.1 Pflanzdichtenversuch im niedersächsischen Forstamt Fuhrberg**

Dies ist der erste eigene Versuch zu dieser Thematik. Er wurde im Frühjahr 1971 nach Vollumbruch auf einem grundwassernahen, mäßig nährstoffversorgtem, silikatarmen podsoligem Sandboden des norddeutschen Pleistozäns rd. 30 km nördlich von Hannover angelegt. Dieser galt seinerzeit als gut geeignet für Kiefernbestände mit Fichtenbeimischung.

Damals wurden drei Dichtevarianten (20 000, 10 000 und 5 000 Pflanzen/ha) in Form eines Parzellenversuchs mit drei Wiederholungen vorgesehen. Im Alter von 15 Jahren folgte in allen Varianten die Auswahl, Freistellung und Reichhöhenästung von 400 Zukunfts-Baumanwärter/ha, im Alter von 22 Jahren die Auswahl von 200 Z-Bäumen sowie deren Ästung auf 6 m und abermalige Begünstigung.

Im Winter 1976/77 wurden die damals 7jährigen Kiefern stark von **Rotwild geschält**. Die Befunde dazu sind in Tab. 6 wiedergegeben. Dort sind auch die Ergebnisse von **Qualitätsermittlungen** aufgeführt.

Am 1./2. Januar 1987 schädigte **Schneedruck**. 1994 wurde ein Teil der Versuchsfläche durch eine **Windhose** in Mitleidenschaft gezogen. Dennoch kann der Versuch insgesamt als auswertbar und informativ angesehen werden.

**Tab. 6: Daten zur Schaftqualität in Abhängigkeit von den Ausgangspflanzenzahlen nach den Aufnahmen im Alter 8 und 15 Jahre**  
(Mit denselben Buchstaben gekennzeichnete Mittelwerte unterscheiden sich bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit nicht)

MERKMAL	BAUMKOLLEKTIV	MASS- EINHEIT	ALTER	AUSGANGSPFLANZENZAHL			STATIST. SIGNIFIK
				Pfl./ha			
				20.000	10.000	5.000	
Schältschäden	Alle Bäume	%	8	49 a	55 a	77 b	+
	herrschende Bäume	%	8	70 a	77 a	80 a	-
	ZB-Anw. m. offenen Wunden	%	15	11	9	22	
	ZB-Anw. m. überwallten Wunden	%	15	36	26	60	
Aststärken	Alle Bäume	mm	8	17,2 a	20,3 ab	22,8 b	+
			15	15,0	19,3	23,8	
	ZB-Anwärter		15	21,8	23,3	28,1	
Astzahlen		Stück/Quirl	15	7,1 a	7,8 a	7,5 a	-
Krümmung		cm	15	3,1 a	3,2 a	3,3 a	-

Nach diesen Daten zeigten die jungen Kiefern folgende Reaktionen:

- Die 8jährigen Bäume, die mit 2-3 m Höhe gerade das Dickungsstadium erreicht hatten, waren zur Hälfte bis zu drei Vierteln vom **Rotwild geschält** worden und zwar die weiterstehenden und damit vom Wild offenbar besser erreichbaren Jungbäume signifikant stärker. Die herrschenden Bäume waren insgesamt zwar stärker heimgesucht worden. Doch ließen sich die Unterschiede zwischen den Varianten nicht mehr statistisch absichern. 7 Jahre später wiesen die weitständig aufgewachsenen Kiefern zwar noch mehr Exemplare mit offenen Wunden auf, die meisten waren jedoch bereits überwallt.

Abermals 11 Jahre später hatten alle Zukunftsbäume die Schäden voll überwallt, und man musste schon genau hinschauen, um überhaupt noch Narben zu erkennen. Die anfänglich von einigen Praktikern als im Hinblick auf die spätere Wertholztauglichkeit sehr bedrohlich eingestuften Schäden hatten sich letztendlich für die weitere Bestandesentwicklung bei allen drei Varianten als unerheblich erwiesen.

- Die Mittelwerte der **stärksten Äste** hingen eindeutig von den Ausgangspflanzendichten ab. Das galt besonders für die Z-Baum-Anwärter. Deshalb erschien bei ihnen die Ästung besonders bei weitständiger Begründung unumgänglich. Allerdings muss festgestellt werden, dass auch im Engverband Astdicken vorkamen, die den Grenzwerten hinsichtlich der Ästungswürdigkeit nicht entsprachen.
- Die **Astzahlen im Quirl** wurden durch die Ausgangspflanzenzahlen nicht verändert.
- Im unteren Stammstück wiesen die weitständig aufgewachsenen Kiefern nur geringfügige und daher statistisch nicht absicherbare stärkere **Krümmungen** auf.

Schließlich sei noch erwähnt, dass beim Schneedruckereignis im Alter 16 Jahre bei den engständig aufgewachsenen Kiefern zahlreiche zwischen- und unterständige Bäume umgebogen worden waren und sich verschiedentlich auf die gerade vorher freigestellten Zukunfts-Baum-Anwärter gelegt hatten. Diese – ihrerseits nicht sehr stabil – waren dann ebenfalls umgebogen worden. Die weitständig aufgewachsenen Kiefern hatten sich dem Schnee gegenüber dagegen als deutlich stabiler erwiesen. Die Schäden in den mittel- und engständigen Jungbeständen ließen sich dann allerdings bei der endgültigen Z-Baum-Auswahl einige Jahre später ausgleichen, hatten also gleichermaßen keine langfristig nachteiligen Auswirkungen gehabt.

Die Jungbäume wurden zum letzten Mal im Alter 27 Jahre (Herbst 1995) aufgemessen. Die dabei gewonnenen informativsten Messergebnisse finden sich in Tab. 7.

**Tab. 7: Waldwachstumskundliche Kennwerte bei den 15, 22 und 26jährigen Kiefern (Versuch Fuhrberg, Abt. 267)**

AUSGANGS- DICHTE Pfl./ha	ALTER J.	VERBLEIBEND					AUSSCHIEDEND		
		N B./ha	h <sub>100</sub> m	d <sub>100</sub> cm	G m <sup>2</sup> /ha	VS m <sup>3</sup> /ha	N B./ZB	d <sub>g</sub> cm	V m <sup>3</sup> /ha
20.000	15	-	-	10,4 <sup>1)</sup>	-	-	4,0	7,9	-
	22	4 113	12,3	18,6	28,7	156	4,2	9,0	28
	26	3 002	14,6	22,4	34,1	206	-	-	-
10.000	15	-	-	11,1 <sup>1)</sup>	-	-	3,2	8,8	-
	22	3 328	12,0	19,2	28,7	154	3,8	9,9	30
	26	2 985	14,8	22,0	34,4	212	-	-	-
5.000	15	-	-	11,9 <sup>1)</sup>	-	-	2,7	9,7	-
	22	2 186	12,3	20,7	26,1	136	2,3	11,8	25
	26	2 041	14,1	22,7	32,2	192	-	-	-

<sup>1)</sup> Z-Baum-Anwärter (400 B./ha)

Hieraus lassen sich folgende Befunde ablesen:

- Durch natürliches Ausscheiden und Durchforstungseingriffe wurden die **Baumzahlen** in den Engstandspartzellen zwar am stärksten abgesenkt. Dennoch sind sie dort in absoluten Größen noch am höchsten, und das wird wahrscheinlich auch – entsprechend den Beobachtungen in älteren Kiefernbeständen – bis ins hohe Alter so bleiben.
- Die **Oberhöhen** wurden durch die Ausgangsdichten nicht beeinflusst. Das entspricht den Untersuchungsergebnissen in vielen Beständen, nach denen sich nämlich die Höhenentwicklung innerhalb sehr weiter Grenzen der Pflanzendichten nicht oder nur unbedeutend ändert. Das gilt jedenfalls für die Oberhöhen, während die Mittelhöhen rechnerischen Verschiebungen unterliegen.  
Verglichen mit den Daten verschiedener Ertragstafeln entspricht die Wuchsleistung des hier untersuchten Kiefernbestandes übrigens der 0. Ekl., bzw. einer absoluten Ertragsklasse von 9 m<sup>3</sup>/ha/Jahr.
- Die mittleren **Durchmesser** der Z-Baum-Anwärter, bzw. der Oberhöhenbäume unterschieden sich überraschend wenig. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die Zukunftsbaum-Anwärter rechtzeitig genug bereits im Alter 15 Jahre bei einer Höhe von rd. 9 m freigestellt wurden und dass sich der Dichtstand deshalb nicht nachteilig auf die Durchmesserentwicklung auswirken konnte.
- Auch bei den hektarbezogenen **Grundflächen** und aufstockenden **Volumina** der Bestände sind die dichteabhängigen Unterschiede marginal. Obwohl immer wieder auf Minderungen der Zuwachsleistungen bei weitständiger Begründung hingewiesen wurde – so z. B. durch WIEDEMANN (1951) sowie LOCKOW (2000 b) – traten bei den hier untersuchten, noch keineswegs extrem herabgesetzten Ausgangspflanzendichten keine Zuwachseinbußen ein.
- Bei den beiden **Durchforstungseingriffen** zunächst zur Freistellung der Anwärter und dann der endgültig bestimmten Zukunftsbaume wurden – flächenbezogen – ungefähr gleiche Holzmengen eingeschlagen. Die Zahl der je Zukunftsbaum entnommenen Bedränger unterschied sich dagegen markant. Verglichen mit den Engstandsvarianten lag sie in den Weitstandspartzellen nur bei rd. 60 %. Außerdem waren dort die Stämme der Bedränger deutlich stärker und damit eher verwertbar.

Zusammenfassend hat dieser Versuch einige gleichartige Ergebnisse wie in Hochspeyer erbracht:

- Eine Ausgangsdichte von 5.000 Pfl./ha hat gegenüber der doppelten oder sogar der vierfachen Menge keinerlei Nachteile bei der Wuchsleistung erbracht.
- Die weitständig begründeten Kiefern wiesen stärkere Äste auf. Deshalb war bei ihnen Ästung obligatorisch. Allerdings erfüllten auch die dichter begründeten Kiefern hinsichtlich ihrer Astreinigung nicht die Ansprüche für Wertholzerzeugung. Sie mussten also gleichfalls geästet werden. Einige Jahre nach der Ästung in allen Varianten unterschieden sich die unteren Stammbereiche der Kiefern qualitativ nicht mehr. Ohne Versuchsplan in der Hand kann man nach dem Erscheinungsbild der Kiefern heute in Fuhrberg nicht mehr ausmachen, in welcher Parzelle man sich befindet.  
In Hochspeyer dürfte das in Kürze bei den Varianten 10.000 und 4.000 Ausgangspflanzen/ha gleichermaßen der Fall sein, während die eigentlichen Weitstandsparzellen noch lange abstecken werden – ob positiv, bleibt vorerst eine offene Frage.
- Die Pflegeeingriffe waren in den Weitstandsparzellen wegen der geringeren Zahl der zu entnehmenden Bedränger weniger aufwändig, die Bedränger selbst deutlich stärker.

Abweichend zeigte sich dagegen:

- Die Zukunftsbäume haben vom weiteren Standraum in der Variante 5.000 Pfl./ha nur wenig hinsichtlich ihrer Stammstärken profitiert. Das mag an der schon erwähnten frühzeitigen Freistellung in allen Parzellen gelegen haben: Der nachteilige Effekt des hohen Dichtstandes wurde demnach rechtzeitig – mit allerdings größerem Aufwand – behoben!  
Außerdem mag eine Rolle gespielt haben, dass auch die Variante 5.000 Pfl./ha noch nicht als extrem anzusehen ist. Sie hat möglicherweise gegenüber den damals als praxisgerecht angesehenen Pflanzendichten von 20.000 und 10.000 Pfl./ha keine deutlich stärkere Förderung des Einzelbaumwachstums bewirkt.
- Die weitständig aufgewachsenen Kiefern waren vitaler und stabiler. Sie überwallten die zunächst bedenklich erscheinenden Schälsschäden rasch und litten unter Schneedruck im Gegensatz zu den engständig erwachsenen Kiefern nicht. In Hochspeyer dagegen hatten einige der weitständig aufgewachsenen Jungbäume Deformationen durch Schneeschäden erlitten. Hier ereignete sich die Schneebelastung jedoch viel früher als in Fuhrberg, d.h. in einem Zeitpunkt, in dem die jungen Kiefern noch wenig gefestigt standen.

#### **4.2 Kiefern-Weitstands-Frühästungsversuch Fuhrberg/Niedersachsen**

Dieser gleichfalls in niedersächsischen Forstamt Fuhrberg (Abt. 352) gelegene Versuch entspricht weitgehend dem in Hochspeyer angelegten und in Kap. 2 beschriebenen Versuch

mit einer Kombination aus Pflanzdichtenvarianten und unterschiedlichem Beginn der folgenden Durchforstungen und Ästungen. Er ist etwas älter und daher seine Entwicklung schon weiter vorangeschritten.

### **Versuchsanlage**

Der Versuchsbestand stockt allerdings auf einem Flugsand, und der gilt als die ärmste Ausprägung der dortigen Böden. Anders als in Hochspeyer wurde der Versuch nicht völlig neu angelegt. Vielmehr wurden 1986 in einem 1980 mit 1+0j. Kiefern begründeten Jungbestand von rd. 1 m Höhe Parzellen mit verschiedenen Pflanzdichten teilweise durch Herausschneiden der überzähligen Exemplare geschaffen.

Wie in Hochspeyer wurden 3 Dichtevarianten hergestellt und zwar:

- Engstand durch Übernahme der vorhandenen mit 16.667 Pfl./ha begründeten Jungwüchse. Diese Dichte entsprach dem um 1980 üblichen Standardverband von 1,5 x 0,4 m.
- Mittelstand: Herabsetzung der Pflanzenzahl auf 4 000 Stück/ha (= 1,5 x 1,67 m).
- Weitstand: Herabsetzung der Pflanzenzahl auf 1 000 Stück/ha (= 1,5 x 6,7 m).

Ebenfalls wurden zwei gestaffelte Pflegevarianten geplant: Eine „Früh-“, und eine „Spätdurchforstung“. Jede Variante wurde in rd. 0,2 ha großen Parzellen zweimal wiederholt. Insgesamt hat der Versuch damit 12 Parzellen.

Die ersten Maßnahmen in den Frühdurchforstungsvarianten begannen 1993 (im Alter von 14 Jahren) mit der Auswahl von 150 Z-Baumanwärttern und deren Reichhöhenästung sowie ersten Freistellung. In den Spätdurchforstungsvarianten geschah bis zur Herbstaufnahme 2001, deren Ergebnisse hier mitgeteilt werden, noch nichts.

### **Ergebnisse**

Die für die nachfolgende Erörterung wichtigsten Ergebnisse der Aufnahme im Alter 22 Jahre sind wiederum in einer Übersichtstabelle (Tab. 8) zusammengestellt.

**Tab. 8: Auswirkungen von Ausgangspflanzendichte und Pflegezeitpunkt auf die Entwicklung 22jähriger Kiefern im Versuch Fuhrberg Abt. 352.**

MERKMAL		AUSGANGSPFLANZENZAHL					
		16.000		4.000		1.000	
		Df.-Zeitpunkt		Df.-Zeitpunkt		Df.-Zeitpunkt	
MASS-EINHEIT		früh	spät	Früh	spät	früh	Spät
Baumzahl	B./ha	6.770	8.080	2.350	3.440	780	1.000
Höhe	$h_{z.B.}$ m	10,2 a	11,0 a	10,9 a	11,0 a	10,5 a	10,5 a
Durchmesser	$d_g$	7,3 a	7,7 a	10,9 b	10,4 b	15,2 c	15,2 c
	$d_{z.B.}$	13,8 a	13,9 a	15,7 b	15,8 b	17,3 c	17,3 c
Volumen	VD m <sup>3</sup> /ha	104	139	95	121	61	85
Aststärke	mm		15,9 a		19,3 b		23,3 c
Rel. Kronenlänge	%	38	34	49	44	64	62

Folgende Reaktionen haben sich bis zum Alter von 22 Jahren bei den Kiefern ergeben:

- Die **Baumzahlen** halbierten sich bei der Engstandsvariante ohne Durchforstung durch natürliche Ausscheidung. Bei der mittleren Dichte starben immerhin fast 15 % ab, beim Weitstand dagegen noch kein einziges Exemplar.  
Als Folge der Freistellung reduzierten sich die Pflanzendichten zusätzlich und zwar um so mehr je dichter die Ausgangsbaumzahl war.
- Die **Höhen** der für die weitere Entwicklung allein relevanten Z-Bäume wurden durch die Ausgangspflanzendichte nicht beeinflusst.
- Die mittleren **Durchmesser** aller Bäume unterschieden sich drastisch: In der Weitstandsvariante waren sie gut doppelt so dick wie in der Engstandsvariante. Dem entsprachen aber mittlere Einzelbaumgrundflächen im Verhältnis 1 : 4. Bei den Z-Baum-Mittelwerten erscheint die Differenz zwischen den Extremen mit knapp 2,5 cm weniger eklatant. Doch hatten die Bäume mit großem Wuchsraum rd. 50 % mehr Einzelbaumgrundfläche.  
Unverständlich ist jedoch das bisher völlige Ausbleiben einer Förderung durch die immerhin 8 Jahre zurückliegende frühe Durchforstung, obwohl zumindest bei den Engstandsbeständen die Freistellung durchaus kräftig ausgefallen war und dort eine Reaktion zu erwarten war.
- Die **Volumina** der aufstockenden Bestände zeigten bei der letzten Aufnahme noch klare Abstufungen entsprechend den Ausgangsbedingungen, die sich aber bereits zu verwischen beginnen. Auch die Minderungen durch die Durchforstungen waren gut erkennbar.
- Die **Äste** in 2-4 m Höhe – also inzwischen dem Totastbereich – konnten nur in den Spätdurchforstungsparzellen gemessen werden. Erwartungsgemäß waren sie eng korreliert mit

den Ausgangsdichten, und besonders bei den Weitstandsbeständen ist Ästung obligatorisch. Trotz der teilweise sehr starken Äste scheinen aber auch die Stämme besonders grober Einzelexemplare nach der Überwallung der Astnarben nicht beulig zu werden.

- Die **Kronenlängen** als Maß für die Kronengröße und damit Vorgabe für das Durchmesserwachstum zeigten eine klare Abstufung zwischen den Beständen unterschiedlicher Dichte. Auch die Auswirkungen der Durchforstungszeitpunkte wurden erkennbar – allerdings erheblich weniger deutlich.

Insgesamt zeichnet sich in diesem Versuch – wie auch schon in Hochspeyer – ab, dass die Pflanzendichten – jedenfalls bei großen Unterschieden zu Beginn – frühzeitige erhebliche Wachstumsdifferenzen bewirken. Diese scheinen später nur noch durch sehr frühzeitiges „Respacing“ – wie es im englischen Sprachraum heißt – also drastisches Herabsetzen der Baumzahl in noch jungen Beständen aufgehoben werden zu können. Demgegenüber pflegen Durchforstungseingriffe erst langsam zu wirken und zwar umso geringfügiger je später und/oder schwächer sie ausgeführt werden.

Dass aber Durchforstungen dennoch nachhaltige Förderungen zumindest des Einzelbaumwachstums bewirken können, wird am Beispiel eines weiteren Fuhrberger Versuchs veranschaulicht.

#### **4.3 Kiefern-Durchforstungsversuch Fuhrberg/Niedersachsen**

Der Versuch wurde 1973 in einen damals 23jährigen Kiefernbestand gelegt, der 1951 im Verband 1,5 x 0,3 m mit rd. 22 000 Pfl./ha begründet worden war. Er stockt auf einem grundfrischen, mäßig nährstoffversorgten Sand in dem mäßig warmen (Jahrestemperatur 8,9 °C) und mäßig feuchten (Jahresniederschläge knapp 700 mm) Wuchsgebiet Südheide. Seine Wuchsleistung liegt – wie inzwischen bei vielen Beständen dort – bei der Ekl.0.

Nach den eingangs gemachten Ausführungen über die Kulmination des Höhenzuwachses und die Kronenentwicklung war der Versuchsbeginn rekativ spät, nach der damaligen Praxis jedoch früh, denn Durchforstungen vor dem Alter 30 Jahre waren unüblich.

Der Versuch enthält 5 Durchforstungsvarianten (Tab. 9) mit zwei Extremen: Undurchforsteten Kontrollen und sehr starken, lichtungsartigen Freistellungen von auf 5 m geästeten Zukunftsbäumen. Die anderen drei praxisnahen Varianten füllen diesen „Rahmen“ abgestuft von schwachen hin zu starken Eingriffen. Jede Variante wurde, dreifach wiederholt, in rd. 0,1 ha großen Parzellen erprobt. Während der bis zur letzten Aufnahme 25jährigen Beobachtungszeit wurde mehrmals durchforstend eingegriffen. In Tab. 9 sind nur die „Eckdaten“ dargestellt.



**Tab. 9: Daten vom Kiefern-Durchforstungsversuch Fuhrberg, Abt. 267, zu Versuchsbeginn 1973 (23jährig) und nach der vorläufig letzten Aufnahme 1998 (48 jährig)**

BEHANDLUNG		ALTER Jahre	VERBLEIBEND				GWL m <sup>3</sup> /ha
Nr.			N B./ha	h <sub>0</sub> m	d <sub>0</sub> cm	V <sub>s</sub> m <sup>3</sup> /ha	
0	Nicht durchforstet	23	4 010	10,4	15,7	113	
		48	1 240	23,3	29,9	435	435
1	Protzenaushieb, später freie Auslesedurchforstung	23	3 110	10,5	16,4	108	
		48	540	22,4	30,9	239	408
2	500 Z-B./ha, nicht geästet, weitere Freistellg. d. Z-B., schwächer	23	3 290	10,4	15,7	102	
		48	500	22,5	30,0	210	413
3	500 Z-B./ha, geästet, weitere Freistellg. d. Z-B., stärker	23	3 010	10,5	16,2	103	
		48	320	21,9	33,6	180	377
4	600 ZB/ha, extreme Freistellung, später Reduktion d. Z-B. auf 200	23	670	10,4	15,5	44	
		48	210	21,9	36,6	195	410

Hiernach zeichnet sich folgendes Bild ab:

- Die **Baumzahlen** verringerten sich in den undurchforsteten Beständen durch natürliche Ausscheidung von rd. 4000 Bäumen auf rd. 30%. In den praxisnahen Varianten wurden sie zu Beginn um 1/5 bis 1/4 und dann weiter auf ungefähr 500-300 Bäume abgesenkt. In der Extremvariante war der Eingriff weit stärker. Damals blieben rd. 20% der Bäume und rd. 40% des Volumens übrig, und auch in der Folge wurde weiter reduziert. Derzeit stehen dort nach wie vor rd. 20% der Bäume in den Kontrollparzellen, aber rd. 40% des entsprechenden Vergleichsvolumens.
- Interessanterweise scheinen die **Oberhöhen** von der Stärke der Eingriffe verändert worden zu sein. Die stark freigestellten Bäume (Var. 3 + 4) waren nämlich – bei gleicher Ausgangshöhe – nach 25 Jahren 1,4 m niedriger als die der Kontrollen, und auch die Werte der anderen Varianten ordnen sich passend ein. Interessant ist das insofern, als ein Einfluss der Wuchsraumgröße auf den Höhenzuwachs oft vermutet wird, aber selten nachgewiesen werden kann.
- Die **Durchmesserwerte** der Oberhöhenbäume (d<sub>100</sub>) entsprachen sich zu Versuchsbeginn weitgehend. In den folgenden 25 Jahren entwickelten sie sich in den Parzellen der schwach durchforsteten Varianten weitgehend konform mit denen der undurchforsteten Kontrollen. Die Eingriffe waren also wirkungslos geblieben. Erst die starken und die extremen Freistellungen hatten knapp 4 und knapp 7 cm Mehrzuwachs erbracht, und das ist erheblich mehr als nach den eingangs zitierten Ertragstafelwerten erwartet werden kann.

Wichtig erscheint zudem der Hinweis, dass die Oberhöhenbäume in den Kontrollparzellen in den letzten 6 Jahren nur 1,6 cm, in den Lichtungparzellen aber 4,7 cm zugewachsen sind, d. h. die Zuwachsdifferenzen vergrößerten sich hier stetig. Rechnet man die Durchmesserzuwächse in einzelbaumbezogene Grundflächenzuwächse um, dann ist der Mehrzuwachs weit erheblicher, nämlich 108 cm<sup>2</sup> in den Kontroll- und 253 cm<sup>2</sup> in den Extremparzellen. Sie verblieben im Fuhrberger Versuch bisher also nicht nach anfänglichen Unterschieden im mittleren Alter auf dem gleichen Zuwachsniveau – wie MRAZEK (2000) bei seinen Untersuchungen gefunden hat – oder fallen später wieder ab – wie es LOCKOW (2000 b) nachwies.

- Die derzeitigen **Volumina** – darauf war schon hingewiesen worden – unterscheiden sich nach wie vor krass: Die Kontrollparzellen sind im Extremfall doppelt bis zweieinhalbmal so voll bestockt wie alle anderen Varianten, die dagegen in diesem Wert untereinander nur wenig voneinander abweichen. Dabei bilden die Extremvarianten nicht mehr das Schlusslicht, vielmehr scheinen sich dort die aufstockenden Vorräte langsam wieder aufzufüllen.
- Errechnet man schließlich die **Gesamtwuchsleistungen** (GWL) aus den aufstockenden Vorräten und den bis dato per Durchforstung getätigten Entnahmen, so liegen die Werte aller Behandlungsvarianten mit maximal 13 % nur vergleichsweise geringfügig unter denen der Kontrollen. Bei der Extremvariante beträgt die Minderleistung sogar nur 6 %. Mit den praxisnahen Varianten liegt sie sogar gleichauf. Dabei muss aber bedacht werden, dass die Wuchsdifferenzen bisher überwiegend die Produktion von Schwachholz betrafen. In der Zukunft aber kann man erwarten, dass in den Beständen mit extrem starken Freistellungen erheblich mehr wertvolles Holz erzeugt wird.
- Die geästeten vitalen Vorwüchse sind an den überwallten **Astnarben** nicht beulig – wie es nach LOCKOWs Hinweisen (2000 a) zu befürchten war. Allerdings waren sie, als die Reichenhöhenästung vorgenommen wurde, eng aufgewachsen. Bei der zweiten Stufe (5-6 m) mussten dann aber Äste entnommen werden, die sich nach der extremen Freistellung ziemlich grob entwickelt hatten. Auch dort sind die Stämme inzwischen glatt.

Das wichtigste Fazit aus diesem nun schon ziemlich lange beobachteten Versuch dürfte sein, dass offenbar nur sehr stark geführte Eingriffe Chancen bieten, das Einzelbaumwachstum nachhaltig wirkungsvoll anzuregen. Demgegenüber scheinen schwächere – in der Praxis eher übliche – Vorgehensweisen bestenfalls geringfügige Verbesserungen zu bringen.

## **5 Schlussfolgerungen für alle Versuche**

Eingangs waren die Hypothesen aufgestellt worden, künftig sei eine intensive Kiefernwirtschaft nur zu rechtfertigen, wenn ein möglichst hoher Anteil Wertholz erzeugt werde. Dazu müssten die Pflanzendichten im Zuge der Verjüngung von Kiefernbeständen weiter deutlich gegenüber den bisher üblichen Empfehlungen vermindert oder aber den jungen Bäumen frühzeitig durch drastische Freistellungen Wuchsraum gegen werden. Das sei die Voraussetzung zur Entwicklung großer Kronen für ein nachhaltiges Dickenwachstum. Die dadurch zwangsläufig stärkeren Äste müssen beseitigt werden. Auch bei vitaleren Bäumen mit dicken Ästen sind keine qualitativ geringwertigen Stämme zu erwarten.

Die dargestellten Versuchsergebnisse scheinen ihnen in keiner Weise zu widersprechen. Allerdings ist die Laufzeit einiger der vorgestellten Versuche noch zu kurz, um verallgemeinerungsfähige Schlüsse zu ziehen. Auch bleibt offen, inwieweit die Ergebnisse auf andere Standortsverhältnisse übertragen werden können. Immerhin liegen die Versuche auf weit voneinander entfernten und ökologisch abweichenden Standorten. Dennoch zeichneten sich ähnliche Reaktionsmuster ab.

Der Autor hat die Erzeugung von Wertholz als die Berechtigung für eine intensive Kiefernwirtschaft postuliert. Hier aber könnte seitens der Praxis eingehakt und die Absolutheit dieser Forderung in Frage gestellt werden. Wenn auch Langzeitprognosen – und um eine solche handelt es sich hier – problematisch, wenn nicht sogar fragwürdig sind, so spricht doch die Konsequenz, mit der seit einigen Jahren in subtropischen Ländern Kiefernplantagen erzogen werden, dafür, auch in Mitteleuropa mehr Gewicht auf die Erzeugung starken, astreinen Holzes zu legen.

Zunehmend fraglich erscheinen allerdings die Realisierungsmöglichkeiten von frühen Pflege- und Ästungsmaßnahmen in vielen Betrieben angesichts der sich laufend verstärkenden ökonomischen Zwänge, des Arbeitermangels und der allgemeinen Tendenz, langfristige Planungsziele zurückzustellen. Damit aber können allzu strikte Forderungen an die Praxis leicht Gefahr laufen, die Bodenhaftung zu verlieren. Dem Autor kommen deshalb zunehmend Zweifel, ob eine anspruchsvolle, auf sehr langfristige Ziele ausgerichtete Kiefernwirtschaft künftig noch realisierbar sein wird.

## **6 Zusammenfassung**

Die Bewirtschaftung der Kiefer ist durch geringe Volumen- und Wertleistungen sowie hohe Begründungskosten erschwert. Ihre Wirtschaftlichkeit muss über relativ geringe Pflanzendichten bei der Kulturbegründung oder durch Vereinzelung von natürlich verjüngten Jung-

wüchsen und durch sehr frühzeitige Freistellungen der Z.-Baum-Anwärter verbessert werden. Ästungen sind obligatorisch. Zwei im rheinland-pfälzischen Forstamt Hochspeyer angelegte Versuche sollen Beiträge zu diesen Hypothesen liefern.

In einem 1987 mit 10 000, 4 000 und 1 000 Kiefern/ha begründeten Pflanzdichten-Früh-ästungsversuch unterschieden sich die Höhen der Z.-Bäume im Alter 15 Jahre nur geringfügig. Deren Durchmesser hatten in den Weitstandspartzellen dagegen mit mehr als 2 cm einen deutlichen Vorsprung – was immerhin rd. 50 % Mehrzuwachs an Einzelbaumgrundfläche entspricht. Die Äste waren durchschnittlich 7 mm stärker. Allerdings überschritten sie auch in den Dichtstandspartzellen ebenfalls oft die Grenze für Ästungswürdigkeit von 2 cm. In den Weitstandspartzellen mussten deutlich weniger Bedränger entnommen werden, die zudem stärker und damit eher aufarbeitungswürdig waren. Gleichzeitig eingebrachte Buchen begannen den Kiefern in die Kronen einzuwachsen. Das spricht gegen die auf solchen Standorten übliche Mischkultur aus Kiefern und Buchen.

In einem zur selben Zeit angelegten Grünästungsversuch beeinträchtigte die unterschiedlich starke Einkürzung der Kronen das Höhenwachstum nur unbedeutend. Bei den Durchmessern waren keine Nachteile festzustellen, wenn 4-5 Quirle belassen worden waren.

Zum Vergleich wurden die Ergebnisse von drei ähnlichen Versuchen aus dem rd. 400 km weiter nordöstlich gelegenen niedersächsischen Forstamt Fuhrberg herangezogen.

20 000, 10 000 und 5 000 Pflanzen/ha hatten bis zum Alter 26 Jahre bei Höhen- und Durchmesserentwicklung so gut wie keine Unterschiede verursacht, wohl weil in allen drei Varianten sehr frühzeitig die Z.-Bäume ausgewählt sowie freigestellt und dadurch die Dichteunterschiede ausgeglichen worden waren. Als Ausgangsdichte hatten also 5 000 Pflanzen/ha völlig ausgereicht, um einen voll befriedigenden Bestand zu begründen, und zudem erheblich weniger Kosten bei Anlage und Pflege benötigt.

In einem weiteren Versuch mit 16 000, 4 000 und 1 000 Pflanzen/ha zeigte sich bis zum Alter von 22 Jahren eine drastische natürliche Ausscheidung in den Engstandspartzellen. In den Weitstands-parzellen waren die Zukunftsbäume um ca. 3,5 cm, bzw. – als Einzelbaumgrundfläche kalkuliert – um fast 60 % stärker. Durchforstungseffekte waren noch nicht erkennbar.

Dagegen hatte die extreme Freistellung in einem über 25 Jahre beobachteten Durchforstungsversuch bei 48j. Kiefern rd. 6 cm Durchmesser-Mehrzuwachs gegenüber schwachen Eingriffen erbracht. Die Gesamtwuchsleistung war nicht herabgesetzt worden. Die letztjährigen

Zuwachswerte lassen den Schluss zu, dass sich die Differenzen zwischen den Varianten künftig weiterhin vergrößern werden.

Die Ergebnisse aller erörterten Versuche widersprechen nicht der Eingangshypothese, nach der Kiefern sehr frühzeitig über geringe Ausgangspflanzendichten und/oder Pflegeeingriffe genügend Wuchsraum erhalten sowie geästet werden müssen – sofern Wertholzerzeugung angestrebt wird. Zweifel erscheinen angebracht, dass sich diese Forderungen in vielen Betrieben angesichts der Knappheit an Arbeitskräften und Investitionsmitteln realisieren lassen.

## 7 Literatur

BRABÄNDER, H. D., KEUFFEL, W. (1977): Pflanzverband und Kulturkosten bei Kiefer – Betriebswirtschaftliche Überlegungen zur Wiederaufforstung von Sturmschadensflächen in Niedersachsen. Forstarchiv 47: 129-134, 163-169.

HEUER, E. (2004): Entwicklung junger vorangebauter Traubeneichen, Buchen, Hainbuchen und Kiefern unter verschieden dichtem Kieferschirm im norddeutschen Tiefland. Diss. Univ. 181 S. Freiburg.

HILF, H. H. (1963): Kiefernwirtschaft als Problem: Zur Tagung des Nordwestdeutschen Forstvereins. Forstarchiv 34: 273-275.

HUSS, J. (1972): Steht die Kiefernwirtschaft vor einem Umbruch? Forstarchiv 43: 65-70.

LEMBCKE, G., KNAPP, E., DITTMAR, O. (o. J.): DDR-Kiefern-Ertragstafel 1975. Institut für Forstwissenschaften Eberswalde. 63 S. + Anh.

LOCKOW, K.-W. (2000 a): Zusammenhänge zwischen Durchforstungsweise, Holzqualität und Wuchsleistung bei Kiefer. Allg. Forstzeitschr./Der Wald 17: 925-928.

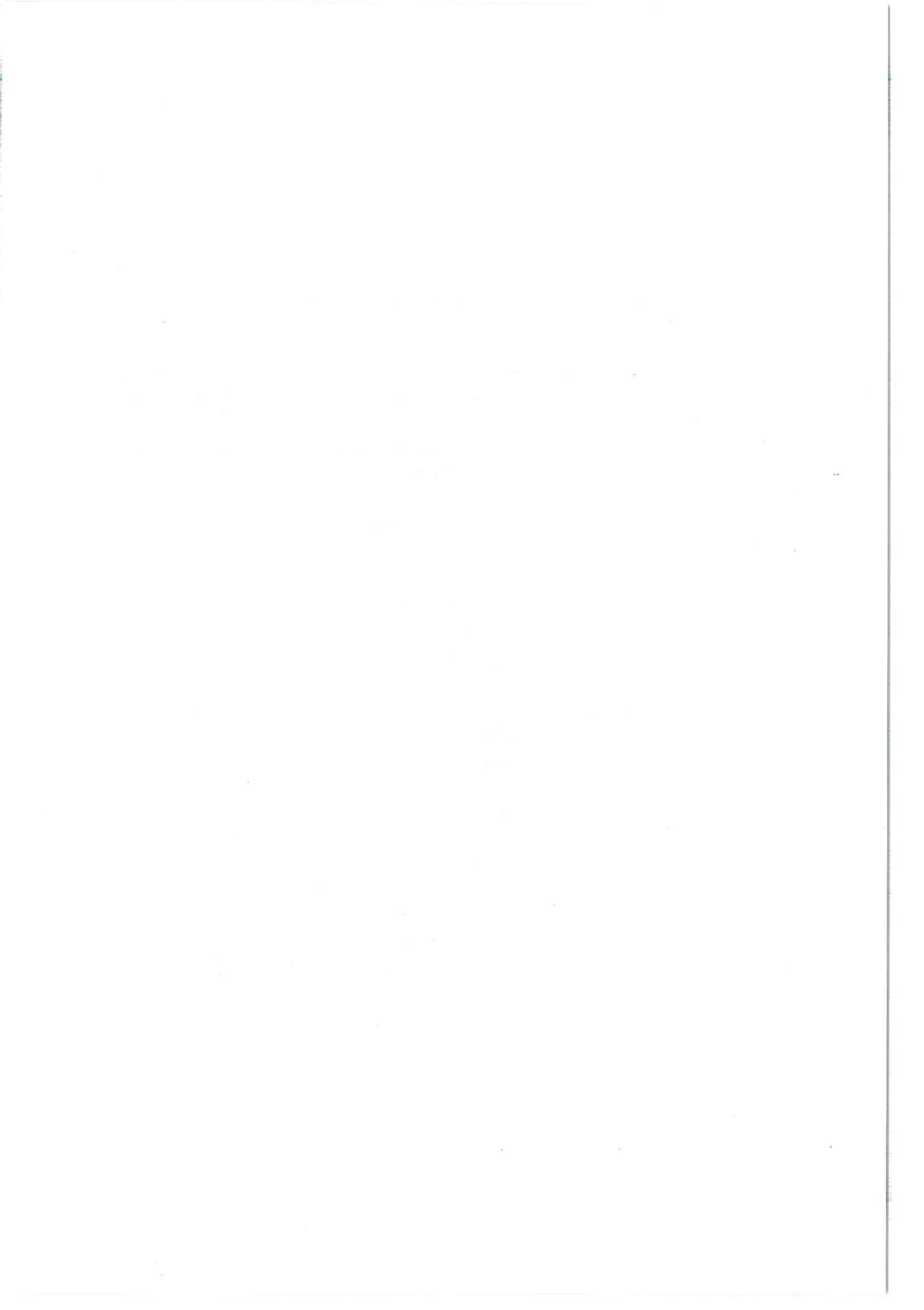
Lockow, K.-W. (2000 b): Durchforstungsweise und Bestandesentwicklungsdynamik bei Kiefer. Allgem. Forstzeitschr. /Der Wald (20): 1084-1086.

MRAZEK, F. (2000): Auswahl von Z-Bäumen in Kiefernjungbeständen. Allg. Forstzeitschr./Der Wald (20): 1091-1092.

ÖSTERR. FORSTVEREIN (1975): Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (bearb. von J. MARSCHALL). Österr. Agrarverlag. 199 S.

OTTO, H.-J. (1985): Kiefernweitverband und Holzqualität: Stellungnahme zum Aufsatz „Auermühler Produktions-Programm für Kiefer“ von Bruenig, Stenmans, Kreysa, Schneider in der AFZ Nr. 9/10 vom 9. März 1985. Allg. Forstzeitschr. 19: 454.

WIEDEMANN, E. (1943): Ertragstafeln wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung, neubearbeitet und herausgegeben von R. SCHÖBER (1957). Hannover: Verlag M. u. H. Schaper. 194 S.



# **Kleinstandörtliche Differenzierung einer Kiefern-Naturverjüngungsfläche im Pfälzerwald**

**Von Gebhard Schüler und Phan Hoang Dong**

Abteilung Waldwachstum

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

## **Abstract**

### **Title of the paper:**

**Natural regeneration of Scotch Pine under different sites conditions in the Pfälzerwald.**

In the Pfälzerwald plantation is the regular procedure to regenerate Pine stands. Clearcut and site clearing normally precede the plantation. Following the principles of close-to-nature silviculture with Scotch Pine natural regeneration after strip cutting was investigated since 1994/95 with two variants: Strip-wise scarification to support the development of Pine-seedlings in the mineral soil and regeneration on untreated soils. The first results of these investigations show, that the regenerated plants on the untreated soils did not develop homogeneously compared to the development of the Pines on the investigation plots with strip-wise scarification. But even without scarification there were 8.000 plants per ha. Especially on poor soils scarification can help to transform humus layers to mineral soil humus with a higher storage capability for nutrients as nitrogen, phosphorous and potassium.

## **1 Einleitung**

Traditionell werden Kiefernbestände im Pfälzerwald durch Pflanzung begründet. Der Pflanzung geht im allgemeinen ein Kahlschlag mit extensiver Flächenräumung voraus. Nach KERN (1976) kommt die Naturverjüngung zur Bestandesbegründung in der Regel nur auf Standorten ohne wirtschaftliche Produktionsziele in Betracht, da sich daraus nach Erfahrungen keine genügend geschlossenen, gleichwüchsigen Kulturen erziehen lassen sollen. Die bisher untersuchten Kiefern-Naturverjüngungsbestände sind von ihrer Entstehung her reine Zufallsprodukte. Verallgemeinernde Aussagen lassen sich daraus nicht ableiten, obwohl die gezielt eingesetzte und kontrollierte Naturverjüngung für die Kiefer im Pfälzerwald eine Möglichkeit zur erfolgreichen Bestandesbegründung mit Wirtschaftszielsetzung eröffnen könnte.

Zur Umsetzung der Prinzipien des naturnahen Waldbaus mit seiner Betonung der Naturverjüngung und der kahlschlagsfreien Konzepte, sind systematische Untersuchungen zu den Voraussetzungen und Verfahren der Kiefern-Naturverjüngung erforderlich. Daher wurde im Winter 1994/95 ein Versuch zur Einleitung der Kiefern-Naturverjüngung im Forstamt Elmstein angelegt, um die Erfolgsaussichten von verschiedenen Verfahren zur Einleitung der

Kiefern-Naturverjüngung mit und ohne Bodenbearbeitung aus der Sicht des Waldbaus und der Wirtschaftlichkeit zu untersuchen.

2 Standort, Versuchsanlage und bisherige Maßnahmen

### 2.1 Standort

Forstamt Elmstein, Forstrevier Appenthal, Waldort XXVI 2b<sup>5</sup>;

Höhe über NN: 400 m; Exposition: W; Neigung: 25%;

Temperatur (Jahr): 8,0 °C, in der Vegetationszeit: 15,0 °C;

Niederschlag (Jahr): 800 mm, in der Vegetationszeit: 320 mm;

Natürliche Waldgesellschaft: Preiselbeer-(Kiefern)-Eichenwald mit Übergang zu Heidelbeer-Buchen-Eichenwald;

Geologische Ausgangssituation: Mittlerer Bundsandstein (Trias);

Standortstyp: Gut wärmeversorgte, trockene, arme Sande der Rehbergsschichten.

Bodentyp: podsolige Braunerde

### 2.2 Versuchsanlage

Der Versuch wurde im Winter 1994/95 als Streifenhieb in einem 165-jährigen Kiefernbestand durchgeführt. Dazu wurden Streifenkahlschläge von 30 m Breite (jeweils 15 m mit riefenweiser und ohne Bodenbearbeitung) angelegt. Die Versuchsanlage umfasst eine Flächengröße von 1,35 ha, davon der Flächenanteil von verbleibenden Altbeständen 0,75 ha (56%) und der Streifenkahlschläge 0,6 ha (44%) beträgt. Die Streifenkahlschläge wurden so angeordnet, dass sie ihre Position zur Sonneneinstrahlung abwechselnd einnehmen. Abb. 1 zeigt die schematische Darstellung der Versuchsanlage.

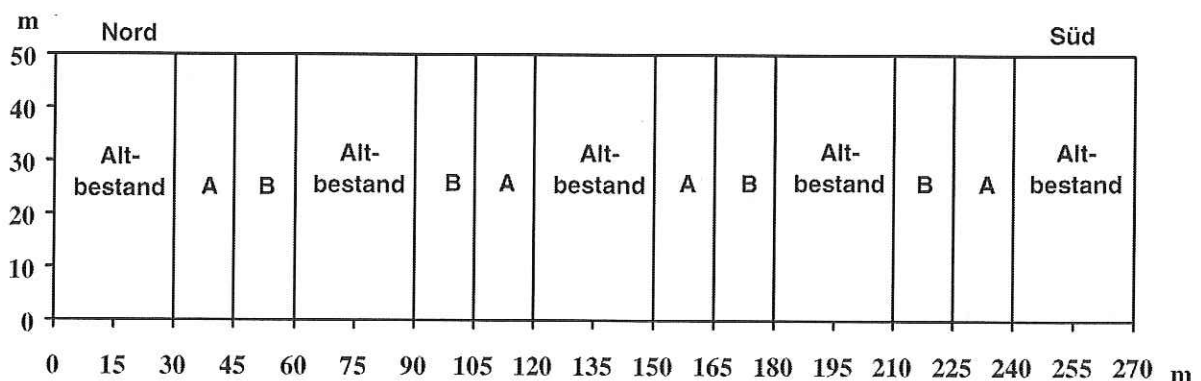


Abb. 1: Schematische Darstellung der Versuchsanlage (A: Streifenkahlschläge mit riefenweiser Bodenbearbeitung, B: Streifenkahlschläge ohne Bodenbearbeitung)



### 2.3 Bisherige Maßnahmen und Untersuchungsmethoden

- Nach der Versuchsanlage wurden im Winter 1994/95 auf den Streifenkahlschlägen sämtliche Kiefern entnommen. Nach der Schlagräumung wurden bei der Variante A hangparallele Riefen von etwa 50 cm Breite in Abständen von 3 m gezogen. Der lfm riefenweiser Bodenbearbeitung kostete inkl. LNK etwa 0,61 Euro (1,20 DM). Der Boden in Variante B blieb unbearbeitet. In den verbleibenden Altbeständen wurde eine Altdurchforstung durchgeführt, wobei qualitativ schlechte Kiefern zuerst entnommen wurden. Im Winter 2000/01 wurde in den verbleibenden Altbeständen eine Zielstärkennutzung durchgeführt. Der Nutzungszeitraum soll etwa 20 Jahre betragen.



**Abb. 2: Blick in den südlichen an eine Mulde angrenzenden Teil der Versuchsanlage**

- Nach 4 Vegetationszeiten wurde im Sommer 1998 auf den Verjüngungsflächen ein festes Stichprobennetz angelegt. Die Stichprobenpunkte wurden markiert und nummeriert. Anschließend erfolgte in den Stichprobenkreisen (4m<sup>2</sup>) eine Aufnahme von Anzahl und Höhe der ankommenden Kiefern-Naturverjüngung. Wiederholte Aufnahme erfolgte nach weiteren drei Vegetationszeiten im Frühjahr 2002. Bei dieser Aufnahme wurden neben Anzahl und Höhe Alter und Wurzelhalsdurchmesser der Kiefern-Naturverjüngung ermittelt.

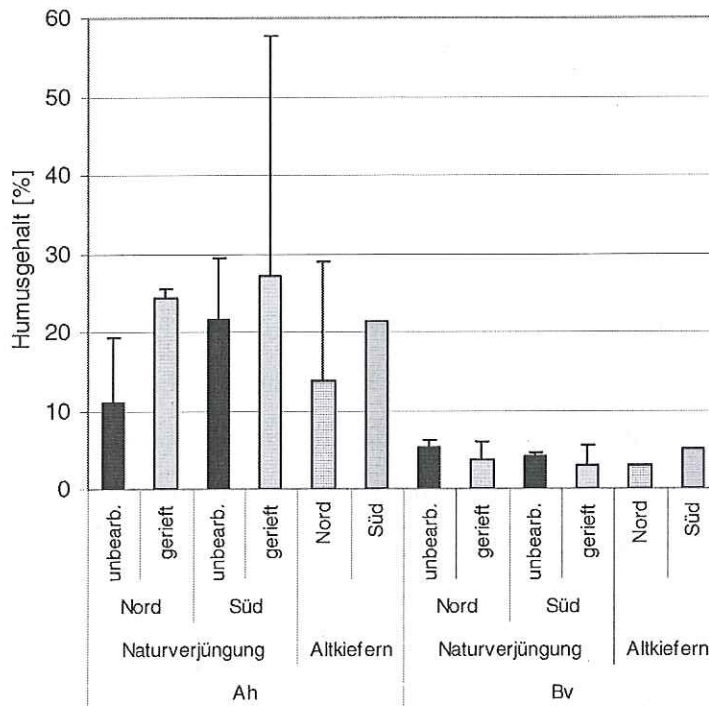
- 2002 wurden alle Versuchsteilflächen standortkundlich untersucht. Dabei wurden sowohl im Altkiefernbestand als auch auf den Verjüngungsflächen 6 Bodenprofile aufgenommen. Die Humusmorphologie wurde differenziert nach der jeweiligen Exposition in 15-facher Wiederholung angesprochen. Parallel dazu wurden in allen Versuchsteilflächen Bodenproben für chemische (mit jeweils 5-facher Wiederholung) und physikalische Analysen (mit jeweils 8-facher Wiederholung) gewonnen. Bei der weiteren Auswertung erfolgte eine Stratifizierung der Daten entsprechend der Versuchsteilflächen, die sich einerseits im südlichen Teil der Versuchsanlage an eine sich nach Nordwesten öffnende Mulde anlehnen und andererseits im nördlichen Teil der Versuchsanlage eine westliche Exposition aufweisen. Die bodenchemischen Analysen erfolgten im Anhalt an die Methoden der bundesweiten Bodenzustandserhebung (BMELF 1990). Bei den bodenphysikalischen Untersuchungen wurden Texturanalysen angefertigt, die Trockenraumdichten und gesättigten Wasserleitfähigkeiten bestimmt sowie die nutzbaren Wasserspeicherkapazitäten über Wasserspannungskurven hergeleitet. Außerdem wurden das 100-Nadelgewicht und die jeweiligen Nadelspiegelwerte untersucht.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Standortdifferenzierung**

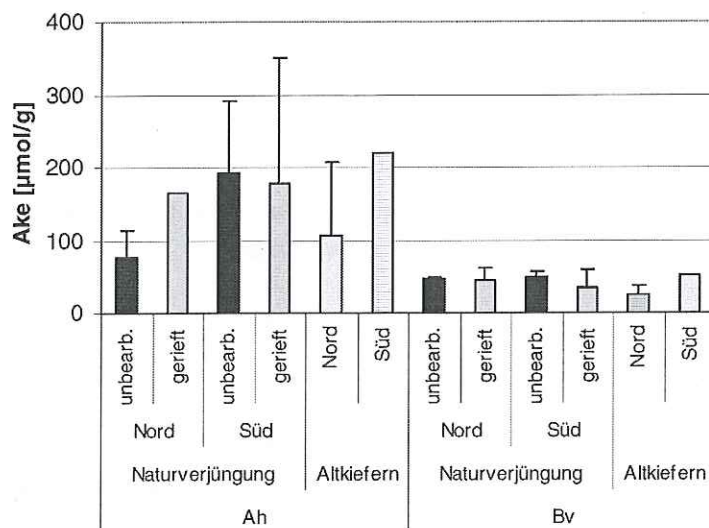
Die Versuchsanlage befindet sich mit den nördlich gelegenen Teilflächen auf einem homogen ausgebildeten, trockenen bis sehr trockenen Westhang. Im Süden grenzt die Versuchsanlage an eine sich nach Nordwesten öffnende Mulde (Abb. 2). In den durch diese Mulde beeinflussten Versuchsteilflächen wird der Standort tiefgründiger und reicher an Mineralbodenhumus, wie aus Abb. 3 zu ersehen ist. Mit der Gründigkeit und dem Humusgehalt im südlichen Teil der Versuchsanlage steigt die nutzbare Wasserspeicherkapazität von 30 bis 40 mm bis auf 60 mm an. Außerdem wird der Wasserhaushalt durch die angrenzende Mulde und die mittägliche Beschattung des im Süden angrenzenden Altbestandes zusätzlich verbessert.

In den Verjüngungsflächen, zumindest im Ah-Horizont, haben sich, gemessen an den von der Exposition her vergleichbaren Altkiefernflächen, höhere Mineralbodenhumusvorräte gegenüber den Altkiefernflächen aufgebaut. Auch werden auf den gerieften Flächen höhere Mineralbodenhumusvorräte gefunden als auf den unbearbeiteten Flächen. Offensichtlich wurde der Auflagehumus durch die Bodenbearbeitung stärker umgesetzt mit der Folge, dass organische Verbindungen in den Mineralboden verlagert wurden.



**Abb. 3: Humusgehalt im Mineralboden auf unbearbeiteten und gerieften Flächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

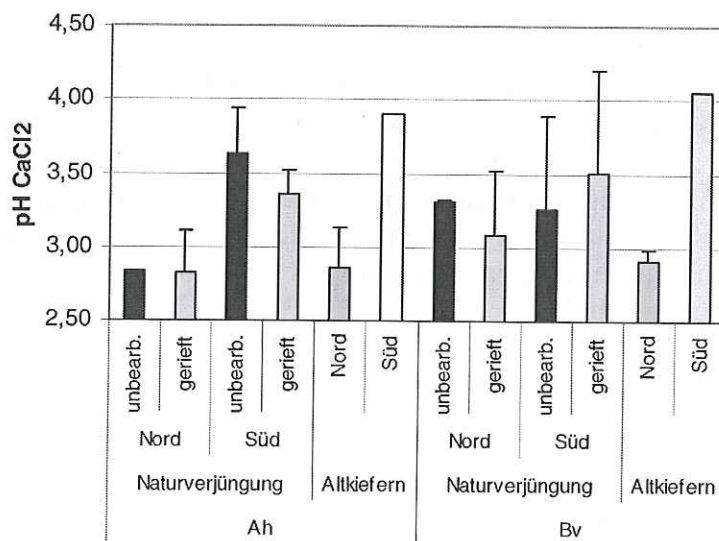
Die organischen Verbindungen im Mineralboden haben insbesondere in den armen Buntsandsteinverwitterungsböden wichtige Nährelementspeicher- und -austauscherfunktionen, da die substratspezifischen Austauschkapazitäten (mit 8 bis 16  $\mu\text{mol eq/g}$  Feinboden im Cv-Horizont) nur sehr gering sind.



**Abb. 4: effektive Austauschkapazität im Mineralboden der unbearbeiteten und gerieften Flächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

Die erhöhten Mineralbodenhumusgehalte im südlichen Teil der Versuchsanlage spiegeln sich daher auch in höheren Austauschkapazitäten wider, insbesondere in den humosen oberen Bodenhorizonten. Allerdings unterscheiden sich die Austauschkapazitäten im südlichen Teil der Versuchsanlage der unbearbeiteten und gerieften Flächen nicht. Dagegen sind die Austauschkapazitäten im ärmeren nördlichen Teil der Versuchsanlage entsprechend der Mineralbodenhumusanteile abgestuft (Abb. 4).

Damit werden die durch die Bearbeitung hervorgerufenen Unterschiede auf den besser ausgestatteten Kleinstandorten nivelliert. Die kleinstandörtlichen Unterschiede im Süden und Norden der Versuchsanlage zeigen sich auch durch die deutlich niedrigeren pH-Werte im ärmeren nördlichen Teil der Versuchsanlage, wobei die unterschiedlichen pH-Werte auf den unbearbeiteten und gerieften Flächen nicht auf eine durch die Bearbeitung ausgelöste Mineralisierung und die dadurch möglicherweise ausgelöste ökosysteminterne Versauerung hindeuten (Abb. 5).



**Abb. 5: pH-Werte im Mineralboden der unbearbeiteten und gerieften Flächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

Der südliche Teil der Versuchsanlage besitzt deutlich höhere Vorräte an den Hauptnährstoffen Stickstoff, Phosphor und Kalium (Abb. 6).

Auch im oberen Bodenhorizont zeigen sich bei den Hauptnährstoffen Parallelen zum Mineralbodenhumusgehalt ab (vgl. Abb. 3 und Abb. 6). Dies deutet darauf hin, dass mit ansteigendem Mineralbodenhumusgehalt – offensichtlich ausgelöst durch die Bodenbearbeitung – auch die Hauptnährstoffe in den Mineralboden verlagert wurden und hier am Mineralbodenhumus gespeichert werden.

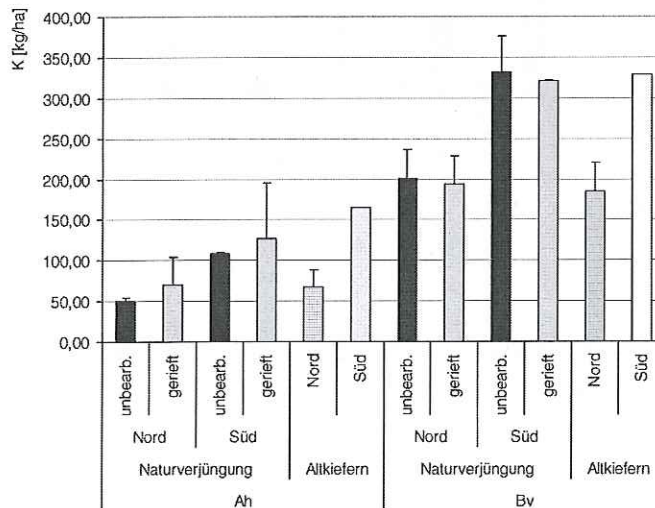
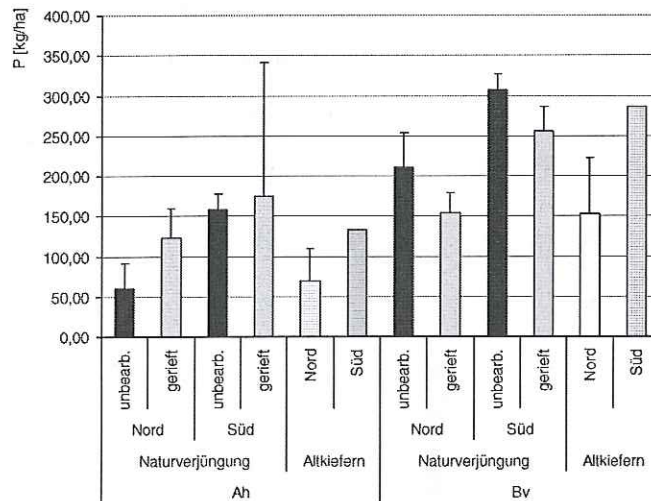
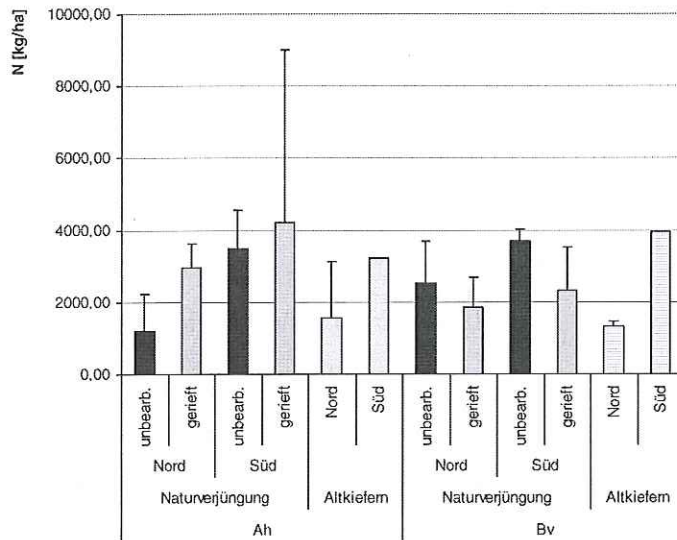
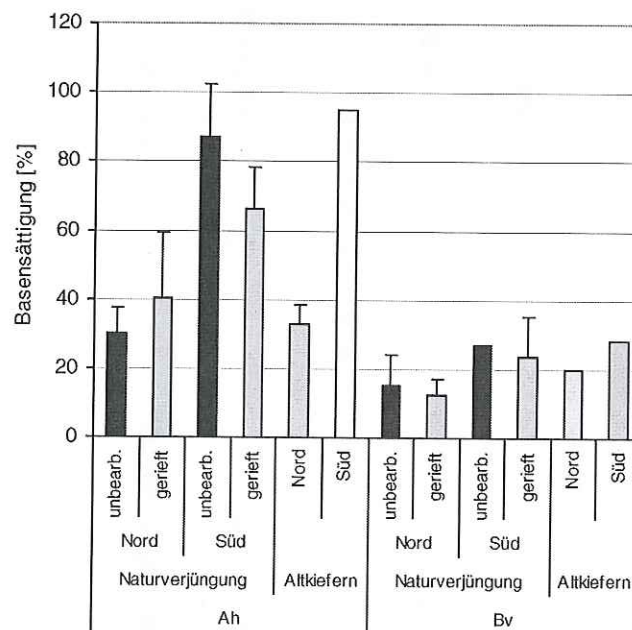


Abb. 6: Stickstoff- (oben), Phosphor- (Mitte) und Kaliumvorräte (unten) im Mineralboden der unbearbeiteten und gerieften Naturverjüngungsflächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage

Diese mögliche Dynamik beschränkt sich jedoch auf den humosen A-Horizont, denn im darunter liegenden Mineralbodenhorizont ergeben sich keine in der Tendenz gleichlaufenden Verhältnisse. Vielmehr weisen die Untersuchungen des B-Horizontes in den unbearbeiteten Verjüngungsflächen des ärmeren nördlichen Teils der Versuchsanlage auf tiefersitzende höhere Stickstoff- und Phosphorvorräte hin als in den gerieften Verjüngungsflächen. Genau wie nahezu alle versauerten Waldstandorte im Pfälzerwald wurde auch diese Versuchsanlage durch eine Bodenschutzkalkung vor den Einwirkungen versauernder Luftschadstoffimmissionen geschützt. So weist die Basensättigung und insbesondere die Magnesium- und Calciumsättigung auf die vorausgegangene Bodenschutzkalkung hin (Abb. 7 und 8).

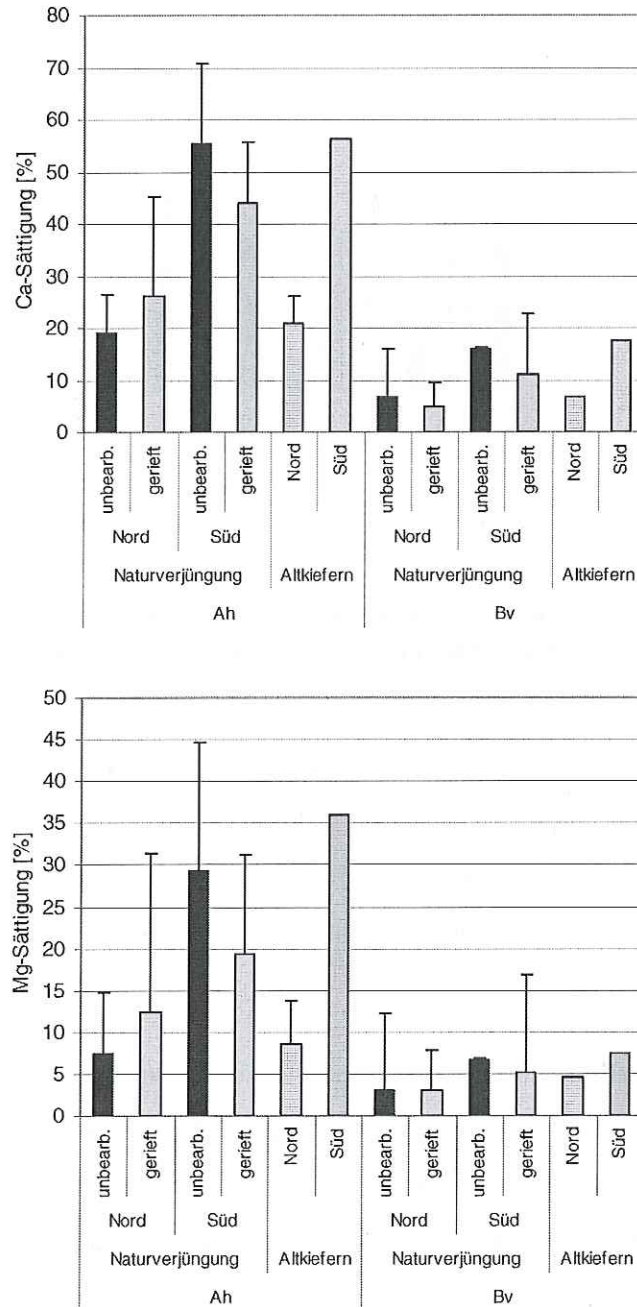
Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in der im Süden der Versuchsanlage befindlichen leichten Muldenlage der Kalk höher dosiert wurde als auf dem Westhang im nördlichen Teil der Versuchsanlage, zumal bei einer solchen geomorphologischen Konstellation eine höhere Kalkdosierung bei der Ausbringung erwartet werden kann. So stellt sich im Hinblick auf die Basensättigung der südliche Teil der Versuchsanlage deutlich günstiger dar (Abb. 7).



**Abb. 7: Basensättigung im Mineralboden der unbearbeiteten und gerieften Flächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

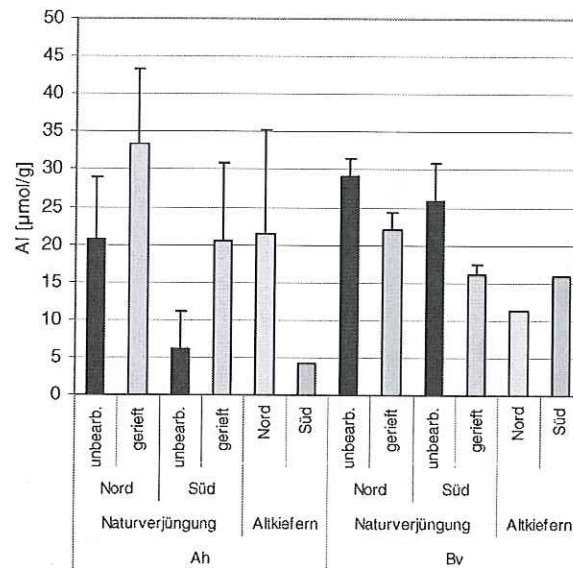
In den gerieften Flächen der nördlichen Versuchsanlage ist jedoch die Basensättigung im oberen Mineralboden höher – was als Hinweis auf höhere biologische Aktivitäten gedeutet werden kann. Umgekehrt ist die Calcium – und Magnesiumsättigung und damit auch die Basensättigung im südlichen und besser wasservorsorgten Teil der Versuchsanlage geringer. Dies kann auf höhere Auswaschungsverluste oder höhere Nährstoffentzüge zurückgeführt

werden. Die geringen Sättigungswerte im B-Horizont gegenüber den Verhältnissen im A-Horizont deuten darauf hin, dass die Kalkung den potenziell durchwurzelbaren Raum noch nicht ausreichend stabilisiert hat.



**Abb. 8: Calcium-(oben) und Magnesiumsättigung (unten) im Mineralboden der unbearbeiteten und gerieften Flächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

Deutliche Unterschiede zwischen nördlichen und südlichen Teilflächen ergeben sich auch beim austauschbaren Aluminium im Ah-Horizont. Zudem ist die Konzentration an austauschbarem Aluminium auf den gerieften Flächen signifikant höher als auf den unbearbeiteten Flächen (Abb. 9).



**Abb. 9: Konzentration von austauschbarem Aluminium im Mineralboden der unbearbeiteten und gerieften Flächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

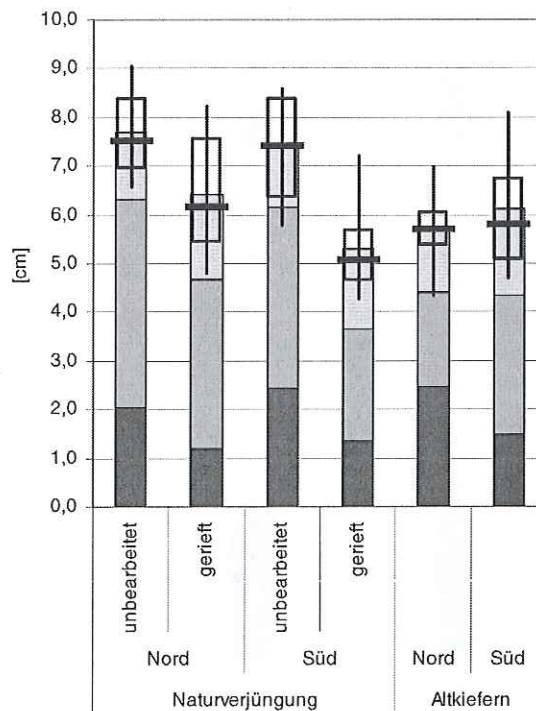
Austauschbares Aluminium kann als Wurzelgift die Pflanzenvitalität beeinträchtigen (BOUDOT et al. 1994) und durch eine Blockade in den Wurzeln die apoplastische Nährstoffaufnahme hemmen (MARSCHNER 1995). Darauf deuten die später noch dargestellten Nährelementgehalte in den Kiefernadeln hin.

### 3.2 Auflagehumus

In den Versuchspartellen wurden typische und rohumusartige Moder als Humusformen festgestellt (Abb. 10). Die z.T. geringere Mächtigkeit der F-Lage ist auf die erhöhte Aktivität der epigäischen Bodenfauna als Folge der Bodenschuttkalkung zurückzuführen. Wie die humusmorphologischen Untersuchungen belegen, sind die F- und H-Lagen auf den gerieften Flächen weniger mächtig als auf den unbearbeiteten Flächen. Dies deutet auf höhere Mineralisierungsraten im Auflagehumus als Folge der Bodenbearbeitung hin. Folgerichtig sind auch die Mineralbodenhumusgehalte in den gerieften Flächen höher als in den unbearbeiteten Flächen (Abb. 3). Diese Mineralisierung ist jedoch mit einem Versauerungsschub verbunden und mit der Freisetzung von Aluminium (Abb. 9). Dem stärkeren Kalkeinfluss in der südlichen Muldenlage ist es wiederum zu verdanken, dass



dieser Versauerungsschub mehr über die Karbonate abgepuffert wurde, so dass hier weniger Aluminium am Austauscher erscheint.

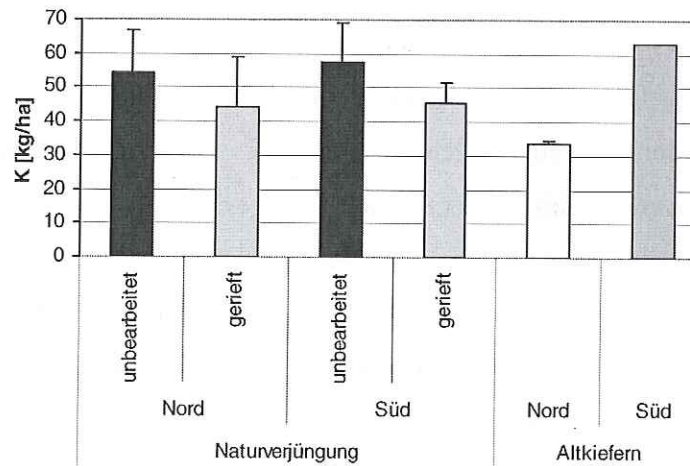
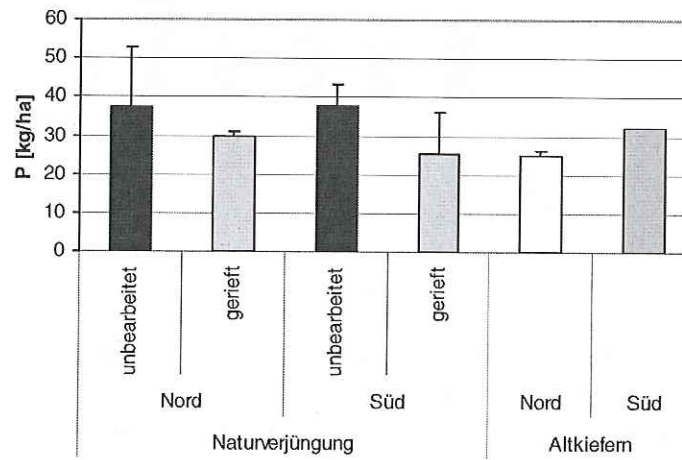
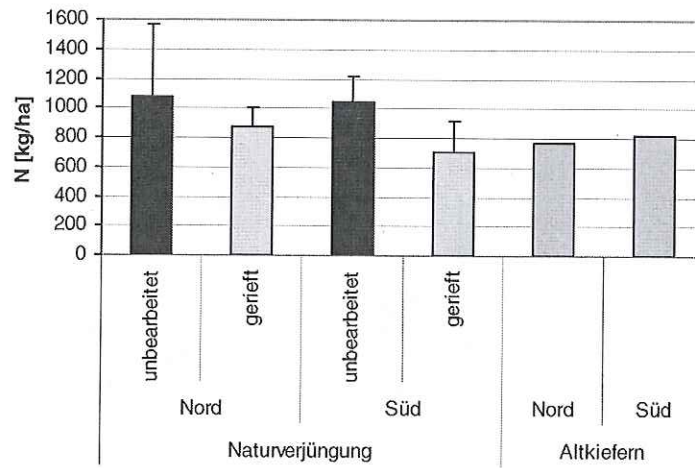


**Abb. 10: Mächtigkeiten der Humushorizonte und Streuung der Gesamtmächtigkeit des Auflagehumus mit Median, sowie 10-, 25- 75- und 90-Perzentil auf unbearbeiteten und gerieften Naturverjüngungsflächen sowie unter den Altkiefern differenziert nach der Lage**

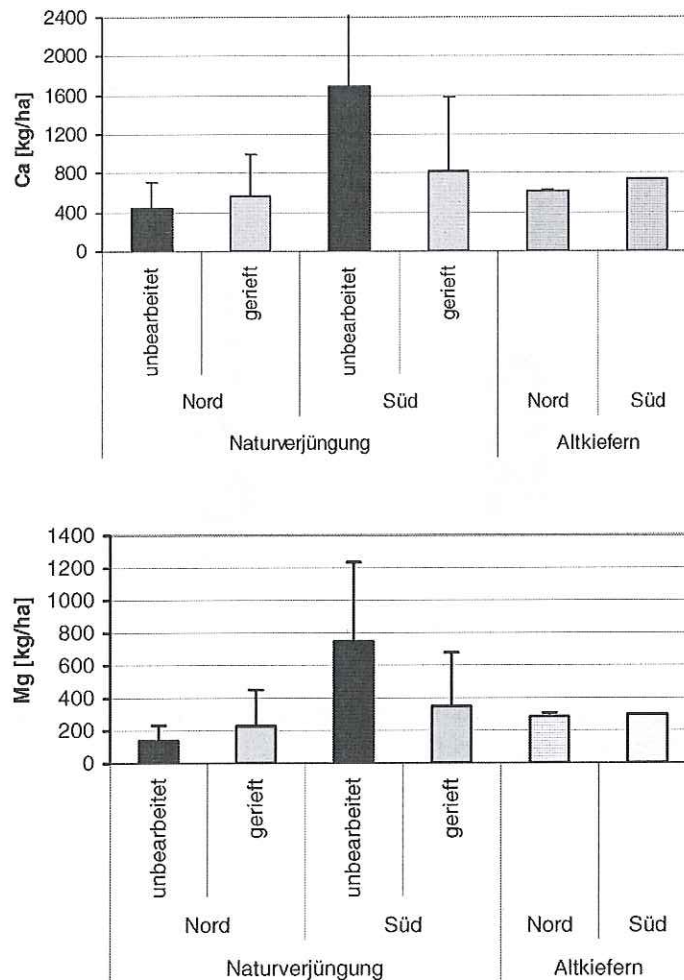
Entsprechend der humusmorphologischen Verhältnisse sind im Auflagehumus der unbearbeiteten Verjüngungsflächen mehr der Hauptnährelemente Stickstoff, Phosphor und Kalium gespeichert als in den gerieften Flächen (Abb. 11). Dies passt wiederum sehr gut zu den Hauptnährelementvorräten im Mineralboden mit geringeren Elementvorräten und höheren Vorräten im humusbeeinflussten Mineralboden (Abb. 6).

Abweichend von den übrigen Hauptnährelementen verhalten sich Magnesium und Calcium im Auflagehumus. So finden sich im Auflagehumus der unbearbeiteten Verjüngungsfläche im Süden der Versuchsanlage deutlich höhere Calcium- und Magnesiumvorräte als auf allen anderen Versuchsstreifen (Abb. 12).

Dieser Befund kann weder damit erklärt werden, dass hier mehr Auflagehumus zu finden wäre (Abb. 10), noch dass diese beiden Nährelemente gerade auf diesen Streifen überproportional stark in den Nadeln der Kiefern – und damit im Streukreislauf – konzentriert wären (Abb. 14).



**Abb. 11: Stickstoff- (oben), Phosphor- (Mitte) und Kaliumvorräte (unten) im Auflagehumus der unbearbeiteten und gerieften Naturverjüngungsflächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

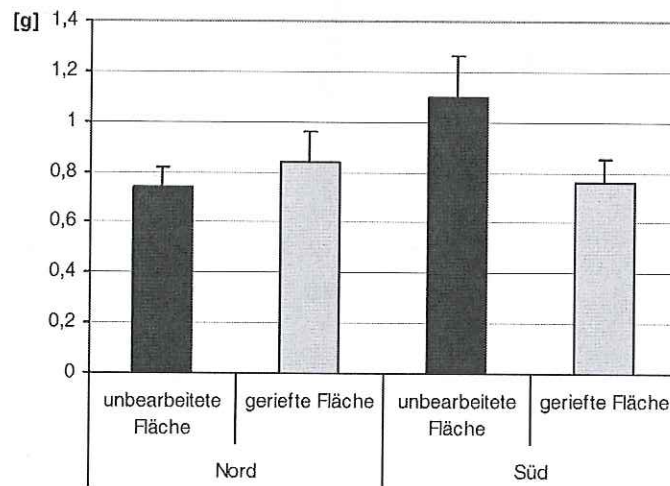


**Abb. 12: Calcium- (oben), und Magnesiumvorräte (unten) im Auflagehumus der unbearbeiteten und gerieften Naturverjüngungsflächen sowie unter Altkiefern differenziert nach der Lage**

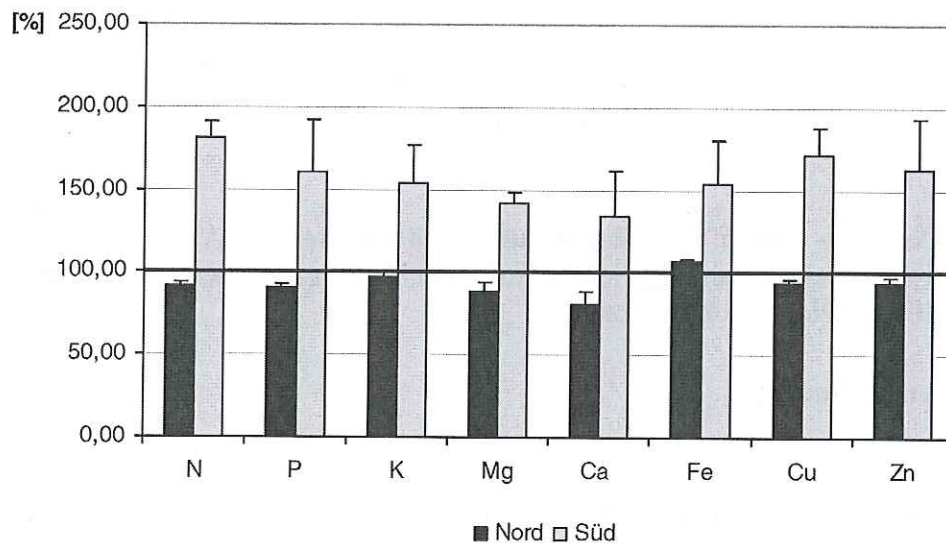
### 3.3 Nährelementhaushalt

Die Ergebnisse der Nadeluntersuchungen deuten darauf hin, dass die Naturverjüngungskiefern auf den unbearbeiteten Flächen im Süden der Versuchsanlage besser mit Nährelementen versorgt sind als die Naturverjüngungskiefern in den gerieften Bearbeitungsstreifen. Der Vorrat an Hauptnährelemente im Mineralboden kann hierfür nicht ausschlaggebend sein, da sich hier kaum eine Differenzierung ergibt (vgl. Abb. 6). Möglicherweise kommt dem chemischen Umgebungsmilieu mit höherer Basensättigung (vgl. Abb. 7) und einer geringeren Konzentration von austauschbarem Aluminium ((vgl. Abb. 9) im intensiv durchwurzelten Ah-Horizont doch eine bedeutende Rolle im Hinblick auf die Blockade der apoplastischen Nährstoffaufnahme in den Wurzeln zu. Die bessere Versorgungslage der Kiefern auf diesem unbearbeiteten Verjüngungsstreifen im Süden der

Versuchsanlage spiegelt sich sowohl im Nadelgewicht (Abb. 13) als auch in den Nährelementgehalten in den Nadeln wider (Abb. 14)



**Abb. 13: 100-Nadelgewicht der Kiefern auf nicht bearbeitetem Standort und aus geriefen Bearbeitungstreifen**



**Abb. 14: Nährstoffe in 100 Nadeln von Kiefern auf nicht bearbeitetem Standort im prozentualen Verhältnis zu den Nährstoffen in 100 Nadeln von Kiefern aus geriefen Bearbeitungstreifen**

Auf den nördlich gelegenen Verjüngungstreifen haben die Kiefern auf den unbearbeiteten Teilflächen geringere Nadelgewichte als die Kiefern auf den geriefen Böden (Abb. 13). Außerdem sind sie tendenziell schlechter ernährt (Abb. 14). Dies entspricht aber sowohl der Versorgungslage mit den Hauptnährelementen (vgl. Abb. 6 und 8), als auch dem chemischen

Umgebungsmilieu im Hinblick auf die Basenversorgung im intensiv durchwurzelten Ah-Horizont (vgl. Abb. 7).

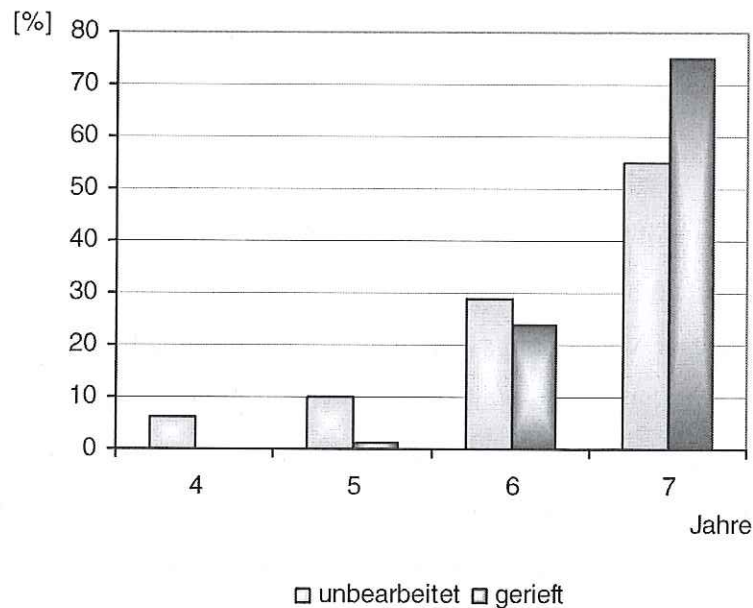
### 3.4 Anzahl und Alter der ankommenden Kiefern-Naturverjüngung

In den Verjüngungstreifen mit riefenweiser Bodenbearbeitung wurden bei der ersten Aufnahme 1998 zum größten Teil nur vierjährige Kiefern-Sämlinge gezählt, während ein- bis dreijährige Sämlinge nur vereinzelt vorhanden waren. Bei einer Anzahl von 23.000 Sämlingen/ha stand in dieser Verjüngungsvariante nur wenig freibleibender Raum für weitere neu ankommende Kiefern-Naturverjüngung zur Verfügung. Bei den Streifenkahlschlägen ohne Bodenbearbeitung waren zu diesem Zeitpunkt zahlreiche ein- bis dreijährige Sämlinge vertreten. Durch den kontinuierlichen Abbau des Auflagehumus entstanden immer wieder neue Keimmöglichkeiten. Es wurde im Laufe des Versuches beobachtet, dass die Sämlinge nach einem oder zwei Jahren oft wieder abstarben. Ihre Wurzeln erreichten dann den Mineralboden nicht und aus der austrocknenden Humusaufgabe konnten sie die zum Überleben notwendige Wassermenge nicht abschöpfen. Die Ergebnisse der Aufnahme 2002 zeigen, dass durch das ständige Neuankommen und Verschwinden die Anzahl der Kiefern-Sämlinge bei der Verjüngungsvariante ohne Bodenbearbeitung etwa 8.000 Stück/ha beträgt. Bei der Variante mit riefenweiser Bodenbearbeitung haben die Kiefern-Sämlinge von 23.000 auf 13.500 Stück/ha abgenommen, wohl überwiegend durch die arteigene Konkurrenz um Licht, Wasser und Nährstoffe. Die waldwachstumskundlichen Daten der Kiefern-Naturverjüngungsflächen mit und ohne Bodenbearbeitung im Forstamt Elmstein sind aus der Tabelle 1 ersichtlich.

**Tab. 1: Waldwachstumskundliche Daten der Kiefern-Naturverjüngungsflächen**

Variante	Aufnahme 1998		Aufnahme 2002		
	Anzahl/ha (Stück)	Höhe (cm)	Anzahl/ha (Stück)	Höhe (cm)	WHD (cm)
ohne Bodenbearbeitung	10.000	25	8.000	133	2,7
mit riefenweiser Bodenbearbeitung	23.000	35	13.500	144	2,4

Entsprechend dieser Entwicklung unterscheiden sich auch die Altersstrukturen der beiden Verjüngungsvarianten. So sind die Kiefern auf den Verjüngungstreifen mit riefenweiser Bodenbearbeitung sehr viel homogener, während die Kiefern auf den Verjüngungstreifen ohne Bodenbearbeitung eine sehr viel größere Altersspanne aufweisen.



**Abb. 15: Alterstruktur der Kiefern im Jahre 2002 auf den unbearbeiteten und gerieften Verjüngungstreifen**

Damit sind die Kiefern in den Verjüngungstreifen ohne Bodenbearbeitung im Schnitt jünger und haben weniger Zeit zur Höhenentwicklung und zum Dickenwachstum benötigt als die Kiefern in den gerieften Flächen.

### 3.5 Höhenentwicklung und Wurzelhalsdurchmesser der Kiefern-Naturverjüngung

Unabhängig von der geringeren Pflanzenzahl in der Verjüngungsvariante ohne Bodenbearbeitung mit 8.000 Stück/ha gegenüber 13.500 Stück/ha bei der Variante mit riefenweiser Bodenbearbeitung verläuft die Höhenentwicklung in den beiden Varianten etwa gleich (Tab. 1). Auch die mittlere Höhe der 500 höchsten Kiefern/ha ist bei der Variante ohne Bodenbearbeitung mit 222 cm nur geringfügig kleiner als die bei der gerieften Variante mit 238 cm. Bei den Wurzelhalsdurchmessern sind die Kiefern bei der Variante ohne Bodenbearbeitung sogar etwas stärker als bei der Variante mit Bodenbearbeitung. Offensichtlich haben die Kiefern in der Variante ohne Bodenbearbeitung den aufgrund der geringeren Pflanzenzahl größeren Standraum in kürzerer Zeit besser ausnutzen können.

## 4 Zusammenfassende Beurteilung

Die Kiefer ist eine Lichtbaumart und braucht in der Verjüngungsphase viel Licht um richtig wachsen zu können. Im Altbestand, wo das Licht nur begrenzt zur Verfügung steht, ist zwar vereinzelt Kiefern-Naturverjüngung zu finden; sie wächst aber durch Lichtmangel sehr

schlecht und liefert kein brauchbares Material für eine erfolgreiche Naturverjüngung. Daher ist bei der Auswahl der Verfahren zur Einleitung der Kiefern-Naturverjüngung zu berücksichtigen, dass die Kiefer in dieser Phase genügend Licht bekommt. Das bedeutet, für eine erfolgreiche Kiefern-Naturverjüngung kommen der Saumschlag (RÖHRIG 1982, EDER 1990) oder der Streifenhieb in Frage. Auch der Schirmschlag kann in Erwägung gezogen werden, wenn der Schlussgrad des Altbestandes entsprechend niedrig liegt (etwa 0,2-0,3).

Die Kiefern-Samen gedeihen am besten im Mineralboden. Auflagehumus behindert in vielen Fällen die Keimlingsentwicklung und oft sterben die Kiefern-Sämlinge auch wieder ab. Wenn der Auflagehumus durch riefenweise Bodenbearbeitung abgezogen wird, erreichen die Kiefern-Samen schnell den Mineralboden. Ökonomisch ist eine riefenweise Bodenbearbeitung jedoch eine kostspielige Angelegenheit (etwa 2.000 Euro/ha).



**Abb. 16: Heterogene Struktur der Kiefernverjüngung auf unbearbeitetem Boden**

Die waldernährungs- und standortkundlichen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Unterlassung der riefenweise Bodenbearbeitung auf den ärmeren Versuchspartien keine Nachteile und insbesondere auf den besseren Versuchspartien sogar Vorteile für die Versorgung der Kiefern mit Nährelementen hat. Wenn die anfängliche Keimungshemmung und Sämlingsentwicklung auf den unbearbeiteten Verjüngungstreifen erst einmal überwunden sind, hat die Anfangsentwicklung eine deutlich heterogene Altersverteilung zur Folge. Schon der optische Eindruck der in der Versuchsanlage südlich gelegenen Varianten ohne Bodenbearbeitung belegt eine sehr heterogene vertikale Struktur der Verjüngung (Abb. 16).

Die Kiefern aus den Varianten ohne Bodenbearbeitung in den besseren Standortspartien sind im Mittel jünger und haben bei besserer Nährstoffaufnahme in kürzerer Zeit eine annähernd zu den gerieften Flächen vergleichbare Höhenwuchsleistung und sogar eine überlegene Durchmesserentwicklung erreicht. Die heterogene Keimung und Sämlingsentwicklung auf den besseren Versuchspartien ohne riefenweise Bodenbearbeitung verhindert eine zu große arteigene Konkurrenz der Kiefern mit der Folge, dass sie den zusätzlich zur Verfügung stehenden Standortraum bezüglich der Nährelemente und des Wassers sowie des Stabilität verleihenden Durchmesserzuwachses ausnutzen.

Die riefenweise Bodenbearbeitung hilft jedoch Auflagehumusformen in Mineralbodenhumusformen mit erhöhtem Speichervermögen für Stickstoff, Phosphor und Kalium umzubauen. Sie wirkt damit einer Entkoppelung der Nährstoffvorräte entgegen, die sich insbesondere in Jungbeständen und in Kiefernreinbeständen durch die Bildung von Auflagehumus äußert. Schlechte Zersetzerbedingungen können auf ärmeren Standortspartien durch Bodenbearbeitung bis zu einem gewissen Maß kompensiert werden und geringe standörtlich bedingte biologische Aktivitäten gefördert werden. Gerade unter armen Nährstoffverhältnissen können damit die Startbedingungen für Jungpflanzen verbessert werden, was unter besseren Standortbedingungen nicht notwendig erscheint. Nicht untersucht wurde die Möglichkeit einer biologischen Förderung der Mineralbodenhumusbildung durch basenspeichernde Begleitgehölze wie z.B. die Salweide. Auf den besseren Standortspartien sollte alleine aus Bodenschutzgründen die Beimischung der Buche erwogen werden. Im Umfeld der Versuchsanlage ist erkennbar, dass die Buche bei günstigeren Expositionen über die Kiefer dominiert.

Diese Untersuchungen erlauben wegen der kurzen Beobachtungszeit noch keine endgültigen Schlussfolgerungen. Die Kiefernreinkultur folgt dem Abbau des Auflagehumus, wobei in der Kiefernreinkultur ohne Begleitgehölze wieder Auflagehumus angereichert wird. Auch



ohne Bodenbearbeitung versprechen die erreichten Pflanzenzahlen von etwa 8.000 Stück/ha einen Erfolg dieses Verjüngungsverfahrens in Form von Streifenhieb oder Saumschlag, selbst wenn die Verteilung der Kiefern in der Anfangsphase der Kulturentwicklung recht heterogen ist. Diese Hypothese wird im weiteren Verlauf der Untersuchungen überprüft werden.

## 5 Literatur

BOUDOT, J.P., BECQUER, T., MERLET, D. und ROUILLER, J. (1994): Aluminium toxicity in declining forests: A general overview with a seasonal assessment in a silver fir forest in the Vosges mountains (France). *Ann. Sci. For.*, 51, 27-51

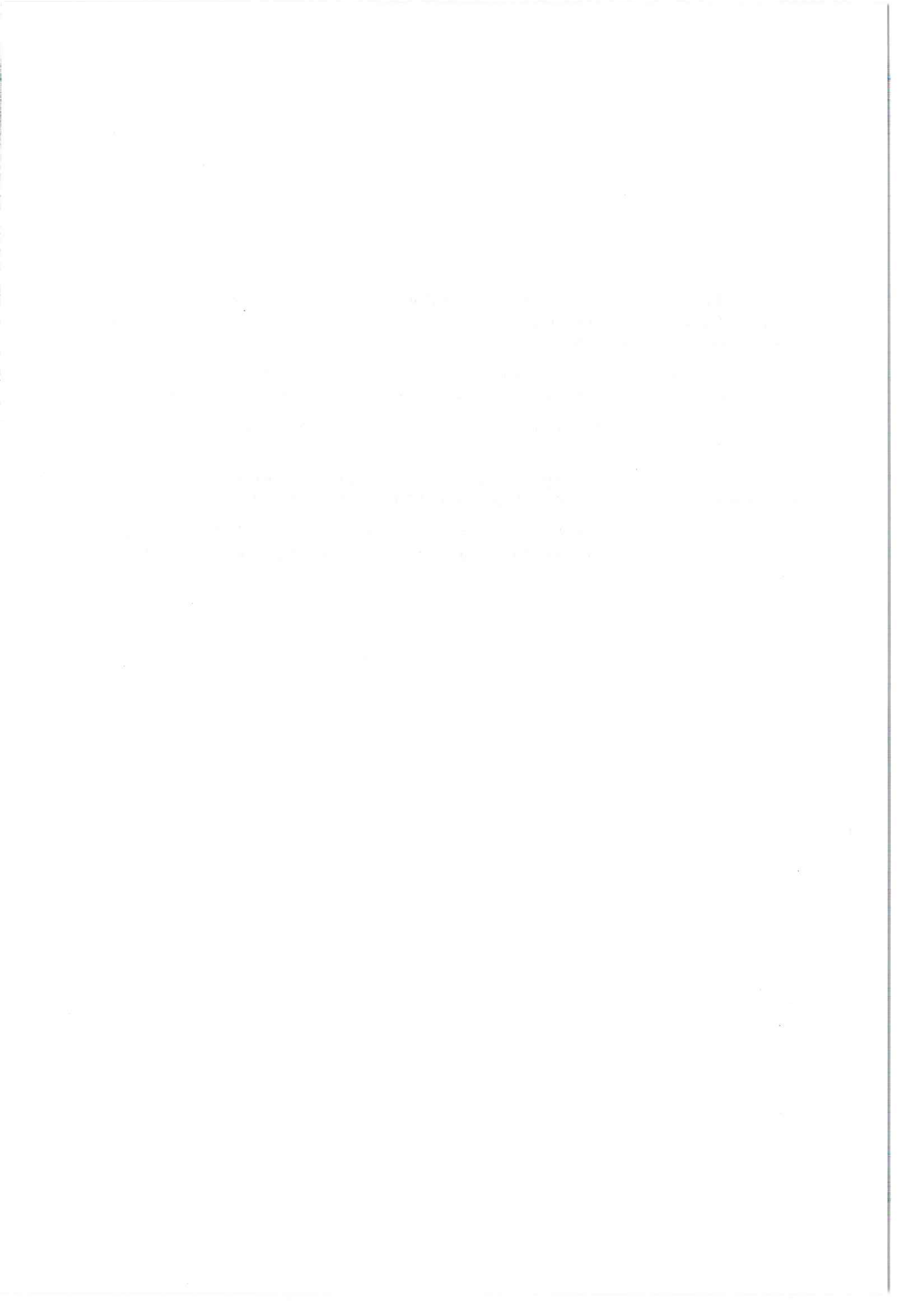
BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1990): Arbeitsanleitung bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). *Eigenverlag*, 147 S.

EDER, W. (1990): Neue Produktionsrichtlinien für die Kiefer in Rheinland-Pfalz. *Forst u. Holz*, 45, 205-208

KERN, K. G. (1976): Vorschläge zur künftigen Bewirtschaftung der Kiefer auf den ihr vorbehaltenen Standorten am Ostrand des Pfälzer Waldes. *AFJZ*, 147, 68-71

MARSCHNER, H. (1995): *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2. Aufl., Academic Press

RÖHRIG, E. (1982): Einleitung und Ausnutzung der Kiefern-Naturverjüngung. *Forst u. Holz* 37, 209-211



# Bewertung unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien für die Kiefernbetriebsklasse 'Pfälzerwald'

von Stefan Densborn<sup>1</sup>  
GEW RheinEnergie AG, Köln

## Abstract

### Title of the paper: Valuation of different silvicultural strategies for scotch pine working circle "Pfälzerwald"

The paper investigates possibilities and limitations of simulation models as an instrument for strategic planning. Based on data from inventories in the region "Pfälzerwald" pine stand growth is simulated over 30 years with the simulator SILVA 2.2.

Alternative strategies are:

- traditional clear cut silviculture: after reaching the age of 130 years (site class I), 140 years (site class II) and 160 years (site class III and IV) the stands are clear cut.
- "new" silvicultural strategy: the final cut is done in the manner of crop tree harvest (120-80 crop trees per ha). In preparation of crop tree harvests stands older than 90 years undergo several high thinnings. After having harvested 80 percent of all crop trees the stands are clear cut.

For getting a better insight into the economic effect of harvesting procedures in the young stands simulation of thinnings is differentiated according to the situation:

- stands suitable for harvesters: all merchantable trees are cut.
- Stands in steep slopes: cutting is done by hand, only trees with positive revenue dimensions are sold, the rest is left on the ground.

Over the period of 30 years crop tree harvesting as compared with clear cutting turns out to result in

- higher revenues
- continuously decreasing work load
- decreasing harvested volume
- increasing volume of growing stock

## 1 Problemstellung

Die Kiefernbetriebsklasse 'Pfälzerwald' des Staatsforstbetriebes Rheinland-Pfalz umfasst eine Fläche von rund 35.000 ha, deren Bewirtschaftung mit hohen Defiziten abschließt. Die vormals übliche traditionelle Bewirtschaftung mit Umtriebszeiten von durchschnittlich 135 Jahren, Kahlschlag am Saum, Kunstverjüngung mit hohen Pflanzanzahlen, am Ziel hoher Bruttowertleistung ausgerichteter, intensiver Jungbestandspflege und Jungdurchforstung ist sowohl aus Sicht eines dem höchstmöglichen gesellschaftlichen Gesamtnutzen verpflichteten Unternehmensleitbilds als auch aus ökologischer Sicht umstritten (vgl. LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ 1997). Auf großen Flächen erfolgt daher bereits eine Neuausrichtung der Bewirtschaftung der Kiefer - maßgeblich gesteuert durch die Forsteinrichtung in den einzelnen Forstämtern.

---

<sup>1</sup> S. Densborn war zwischen 1997 und 1999 als Doktorand im Institut für Forstökonomie der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg tätig.

Der großflächige Waldumbau als strategische unternehmerische Aufgabe kann mit herkömmlichen empirischen Methoden nicht untersucht werden. Wie eine Studie von SELING zeigt, kommt es bei einer retrospektiven empirischen Untersuchung von längerfristigen Umbauvorhaben aufgrund meist lückenhafter Datengrundlage und der oft mangelhaften Qualität des Datenmaterials zu erheblichen Problemen (SELING 1996). Auch eine Annäherung mit Hilfe von Versuchsflächen scheitert in der Regel an der sehr speziellen und eher zufälligen Entstehungsgeschichte der Versuchsflächen oder an den nicht konsistent verfolgten Behandlungsstrategien über einen längeren Beobachtungszeitraum (vgl. HANEWINKEL 1998b). Insofern erscheint für eine Untersuchung, die sich auftretenden Zielkonflikten beim Umbau einer gesamten Betriebsklasse widmet, ein modellgestützter Forschungsansatz besonders geeignet.

## **2 Ein instrumenteller Ansatz: Simulationsmodelle zur Unterstützung von Strategieentscheidungen auf Unternehmensebene**

In der forstlichen Praxis sind Erklärungs- und Entscheidungsmodelle schon lange allgemein anerkannt und unverzichtbare Instrumente der Planung. Das wohl bekannteste Erklärungsmodell in der Forstwirtschaft ist neben den Ertragstafeln sicherlich das Normalwaldmodell von HUNDESHAGEN und HEYER, innerhalb dessen die Zusammenhänge von Zuwachs, Vorrat und Einschlag abgebildet werden sollen (vgl. SPEIDEL 1972). Entscheidungsmodelle verknüpfen Erklärungsmodelle mit Zielvorstellungen und berücksichtigen dabei reale, jedoch auf die wesentlichen Zusammenhänge reduzierte Variablen des eigentlichen Entscheidungsproblems (vgl. MAG 1989: 392f). Ausgehend von einem Ist-Zustand oder einer Situation sollen auf Grundlage eines Erklärungsmodells mit Hilfe der Simulation die Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsoptionen auf die Zielerreichung untersucht und letztlich die optimale Handlungsform ermittelt werden (vgl. SPEIDEL 1972).

Die Forstwirtschaft scheint für den Einsatz der Simulationstechnik geradezu prädestiniert zu sein, da etwa die Folgen waldbaulicher Entscheidungen nach einer Umsetzung im realen System (Bestand, Betriebsklasse, Forstbetrieb) in der Regel nicht sofort eintreten und daher nicht direkt erfasst werden können. Waldbauliche Entscheidungen bergen so stets erst später erkennbare Risiken oder Unsicherheiten und können zudem auch zu Effekten in unterschiedlichen forstbetrieblichen Bereichen führen, innerhalb derer ursprünglich keine Veränderungen intendiert waren. Darüber hinaus ist eine ursprünglich vorliegende Entscheidungssituation nach versuchsweiser Umsetzung einer Entscheidungsalternative in der

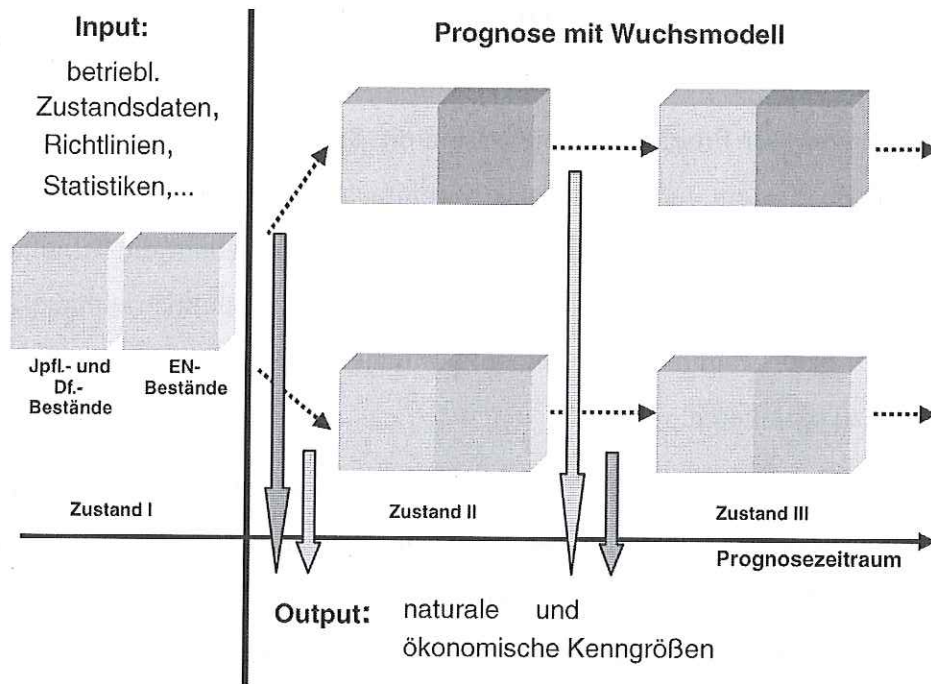
Realität nicht wiederherstellbar und damit die Ableitung allgemeingültiger Aussagen nicht problemlos möglich.

Zur Überwindung dieser Problemlage bietet sich die Simulation mit Hilfe eines Modells an, welches das reale System möglicherweise vereinfacht, aber doch in seinen wesentlichen Elementen und Systemzusammenhängen abbildet. Damit ermöglicht die Simulationstechnik, den Einfluss langfristiger waldbaulicher Planungen auf die gesamtbetriebliche Zielerfüllung zu überprüfen bzw. durch einen modellgestützten Vergleich von Alternativen die Zielerreichung zu optimieren.

Die Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz verfügt über ein differenziertes, wenn auch nicht konfliktfreies Zielsystem. Die in der langfristigen Waldbauplanung formulierten Vorgaben stecken den waldbaulichen Handlungsrahmen bzw. seine Varianten ab, durch den die Erreichung der gesamtbetrieblichen Ziele gesichert werden soll. Zudem erlauben die Inventurdaten der Forsteinrichtung eine mehr oder weniger genaue Beschreibung des Ausgangszustandes des Unternehmens in natürlicher Hinsicht. Mithin stellt sich die Frage, welche Art von Modell in der Lage ist, das forstwirtschaftliche System in seiner dynamischen Entwicklung bei unterschiedlichen Handlungsstrategien abzubilden und die Auswirkungen unterschiedlicher Handlungsvarianten zu prognostizieren.

Die Anforderungen an einen modellgestützten Forschungsansatz zur Analyse möglicher Effekte unterschiedlicher waldbaulicher Strategien in der Kiefernbetriebsklasse "Pfälzerwald" erscheinen klar vorgezeichnet:

- Der Ausgangszustand der Betriebsklasse muss natural erfasst werden können.
- Es muss Klarheit darüber bestehen, welche Waldbewirtschaftungskonzeptionen bzw. waldbaulichen Strategien verglichen werden sollen.
- Betriebswirtschaftliche Kenngrößen zur Bewertung der naturalen Ergebnisse müssen aus Erhebungen des Unternehmens vorliegen oder zumindest aus diesen ableitbar sein.
- Ein Simulationsmodell muss verfügbar sein, das den naturalen Ausgangszustand abzubilden und Wachstumsprozesse möglichst realitätsnah nachzubilden in der Lage ist. Weiterhin muss das Simulationsmodell die waldbaulichen Strategien in ihren naturalen und ökonomischen Effekten prognostizieren können.



**Abb. 1: Schematische Darstellung eines modellgestützten Vorgehens zur Erfassung natürlicher und ökonomischer Effekte unterschiedlicher waldbaulicher Strategien**

Für die vorliegende Fallstudie wurde das Wachstumsmodell SILVA 2.2 des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde in München (PRETZSCH et al. 1996) gewählt, weil es als distanzabhängiges Einzelbaummodell die dargestellten Anforderungen weitestgehend erfüllt. Neben der Simulation unterschiedlicher Durchforstungs- und Endnutzungsstrategien und deren Erfassung in natürlicher und ökonomischer Hinsicht ermöglicht SILVA 2.2 ebenfalls etwa die Prognose des Wachstums verschiedener Bestandesschichten, was insbesondere in Bezug auf die Zielstellung der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz, zukünftig strukturreiche und vielschichtige Bestände zu entwickeln, besonders relevant erscheint. Das Simulationsmodell liegt in einer nutzbaren Parametrisierung für die Baumarten Kiefer, Buche und Eiche vor und bietet mit den an den Kern des Wachstumsmodells gekoppelten Modulen neben der Möglichkeit der Erzeugung von Bestandesstartwerten und des Variantenstudiums auch die Möglichkeit einer Bewertung ertragskundlicher, ökonomischer und ökologischer Prognoseergebnisse (vgl. KAHN & PRETZSCH 1998).

Ermöglicht werden sollte so die Bestimmung der Folgen unterschiedlicher Waldbewirtschaftungsstrategien auf die Finanz- und Erfolgssphäre, die Rohholzbereitstellung und die Arbeitssphäre des Gesamtunternehmens im Sinne von Wenn-Dann-Analysen.

Die prinzipiellen Probleme strategischer Planungssituationen, wie etwa Ungewissheit oder Unwissen hinsichtlich komplexer ökosystemarer Zusammenhänge, können selbstverständlich

auch durch das Modell nicht aufgelöst werden. Neue Modelle, wie z.B. der Wachstumsimulator SILVA 2.2 erlauben jedoch im Vergleich zu bisherigen Instrumenten eine realitätsnähere Betrachtung des jeweiligen Untersuchungsobjekts und verbessern die Informationsgrundlage für Planungen von Entscheidungsträgern. Auch wenn Modelle nicht in der Lage sind, die Realität vollständig zu erfassen und abzubilden, so kann ihre Anwendung gegenüber den zur Verfügung stehenden Alternativen dennoch als vorzuziehenswert gelten.

### 3 Die Kiefernbetriebsklasse des Pfälzerwaldes - heutiger Zustand

#### 3.1 Flächen

Zur Erfassung des gegenwärtigen Zustandes der Kiefernbetriebsklasse des Staatswaldes im Wuchsgebiet Pfälzerwald wurden die Inventurdaten der Forsteinrichtung verwendet. In einem ersten Auswertungsschritt wurden die Forstämter erfasst, deren Gebiet ganz oder teilweise im Wuchsgebiet Pfälzerwald liegt. Aus der Gesamtheit der Forsteinrichtungsdaten dieser Forstämter wurde in einem zweiten Schritt die Staatswaldfläche in den vier Wuchsbezirken des Wuchsgebietes ermittelt.

**Tabelle 1: Forstämter mit Staatswaldfläche im Wuchsgebiet Pfälzerwald (Stand 1999)**

Forstamts- nummer	Forstamt	Staatswald- fläche im WG (haH)	Forst- amts- nummer	Forstamt	Staatswald- fläche im WG (haH)
302	Annweiler	571,7	321	Kaiserslautern	5.342,8
303	Bad Bergzabern	3.562,8	325	Lambrecht	2.180,7
304	Bad Dürkheim	6.963,1	326	Landau	872,6
308	Dahn	4.277,9	327	Landstuhl	3.180,1
309	Edenkoben	13,5	329	Merzalben	6.670,7
311	Elmstein	4.753,3	331	Otterberg	2.594,7
312	Eppenbrunn	6.667,9	332	Pirmasens	4.889,5
315	Haßloch	1.219,1	335	Schönau	3.495,9
316	Hinterweident hal	3.378,9	338	Waldfischbach	2.768,4
318	Hochspeyer	6.480,6			
319	Johanniskreuz	9.112,6		<b>Gesamtfläche</b>	<b>78.996,8</b>

Die Staatswaldfläche im Wuchsgebiet Pfälzerwald beträgt 78.996,8 Hektar. Dies bedeutet, dass 37 Prozent des gesamten Staatswaldes des Landes Rheinland-Pfalz, der eine Fläche von 214.252 Hektar Holzboden umfasst, im Wuchsgebiet Pfälzerwald liegen (vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN 1994).

### 3.2 Stratifizierung der Kiefernbetriebsklasse für die Simulation

Bei der Stratifizierung der Kiefernbetriebsklasse sollte neben der Betrachtung des gegenwärtigen Zustandes auch die zukünftige natürliche Entwicklungsdynamik der Bestände nicht unberücksichtigt bleiben, so dass für die Zwecke der Simulation die Verwendung des Begriffs *Waldentwicklungstyp* sinnvoll erschien. Der Waldentwicklungstyp (WET) ist nach PALMER in besonderem Maße für die Formulierung der Ziele eines an langfristiger Waldentwicklung orientierten, naturnahen Waldbaus geeignet (PALMER 1996). Dabei kommt es nicht so sehr darauf an, den Waldzustand stichtagsbezogen exakt zu prognostizieren, sondern vielmehr die Entwicklungsrichtung und gegebenenfalls das Ausmaß von Veränderungen in einem Zeitraum zu bestimmen. Auch bei der Ausscheidung von Waldentwicklungstypen gilt unbestritten, dass die schier unendliche Fülle der Erscheinungsformen des Waldes ein Kontinuum darstellt und jede Abgrenzung ein gerüttelt Maß an Willkür enthält (vgl. PALMER 1996).

Nach Vorgaben von Mitgliedern der Landesforstverwaltung<sup>2</sup> wurden anhand der in der Forsteinrichtung erhobenen Baumartenflächen vier Typen von Kiefernbeständen ausgeschieden, die im Pfälzerwald auf großer Fläche vorkommen oder aufgrund ihrer speziellen Baumartenzusammensetzung in der Zukunft eine unterschiedliche Bestandesentwicklung erwarten lassen.

WET 1: Kiefern-Buchenbestände, die mittel- bis langfristig zu  $\pm$  reinen Buchenbeständen werden. Der Ist-Zustand laut Forsteinrichtung weist einen mindestens 25prozentigen Flächenanteil der Buche im Oberstand aus. Der Anteil der Kiefer liegt unter 75 Prozent. Zusätzlich muss Buchenunterstand vorhanden sein.

WET 2: Kiefernbestände, die auch langfristig nur relativ geringe Anteile an Mischbaumarten (v.a. Buche) erwarten lassen. Die Kiefer dominiert in diesen Beständen mit einem Flächenanteil von 80 Prozent und mehr.

---

<sup>2</sup> Die Vorgaben zur Stratifizierung wurden von Herrn Dr. DONG (Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF)), Herrn MR Dr. EDER (Ministerium für Umwelt und Forsten), Herrn Prof. Dr. ROEDER sowie Herrn FDir TABEL (beide FAWF) erarbeitet.



WET 3: Kiefernbestände, in denen die Kiefer mittelfristig die dominierende Baumart sein wird, für die langfristig jedoch höhere Buchenanteile angestrebt und erreicht werden können. Der Ist-Zustand wird durch einen Kiefernanteil von weniger als 80 Prozent und einen Buchenanteil von mehr als 10 Prozent charakterisiert.

WET 4: Kiefernbestände, die derzeit einen Flächenanteil an herrschender und mit-herrschender Eiche und Buche von jeweils mindestens 10 Prozent aufweisen. Diese Bestände werden sich langfristig über stufige Kiefern-Eichen-Buchen-Zwischenformen letztlich zu Buchen-Eichen-Wäldern entwickeln.

**Tab. 2: Ableitung der Waldentwicklungstypen (WET) aus Baumartenflächen der Forsteinrichtung im Überblick**

Ist-Zustand (FE)	Flächenanteil	WET	WET-Nr.
Kiefer (sonst. Nadelbäume)	< 75 %		
+ Buche	≥ 25 %	Bu - Ki	1
+ Buchen-Unterstand			
Kiefer (sonst. Nadelbäume)	≥ 80 %	Ki - (Bu)	2
Kiefer (sonst. Nadelbäume)	< 80 %		
+ Buche	≥ 10 %	Ki - Bu	3
+ Trauben-, Stieleiche	≤ 10 %		
Kiefer (sonst. Nadelbäume)	< 80 %		
+ Buche	≥ 10 %	Ki - Ei - Bu	4
+ Trauben-, Stieleiche	≥ 10 %		

Aus den vorliegenden Forsteinrichtungsdatenbanken der Landesforstverwaltung wurden mit Hilfe eines speziell für diesen Zweck entwickelten Programms die zur Kiefernbetriebsklasse gehörenden Bestände herausgefiltert. Anhand der Anteilsflächen der an einem Bestand beteiligten Baumarten wurden die Bestände bestimmt, in denen die Kiefer die Hauptwirtschaftsbaumart darstellt und die damit zur Kiefernbetriebsklasse gezählt werden sollten. Im weiteren Verlauf der Auswertung wurde durch die Setzung verschiedener Filterkriterien die Zuordnung der Kiefernbestände zu den Waldentwicklungstypen möglich.

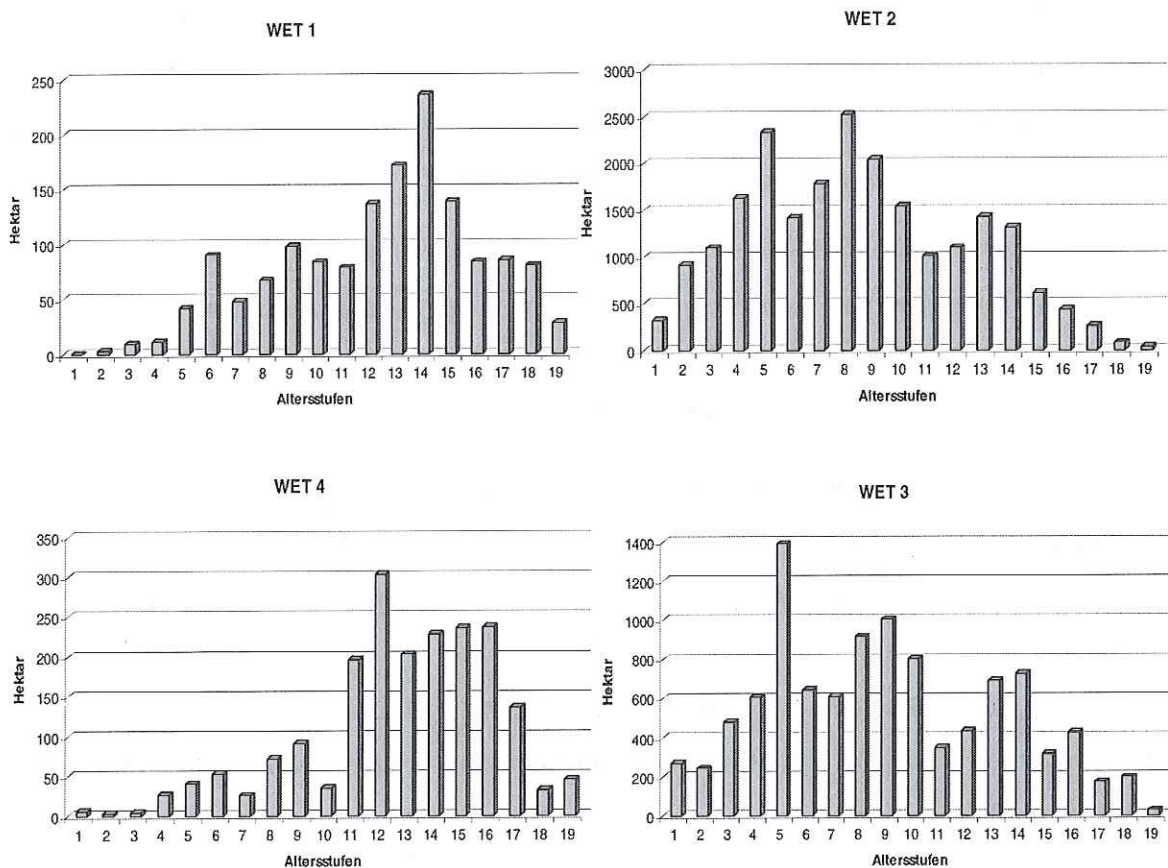
**Tab. 3: Absolute Flächen und relative Flächenanteile der Waldentwicklungstypen der Kiefernbetriebsklasse**

WET 1	WET 2	WET 3	WET 4	Gesamtfläche
1.498,1 ha	21.918,4 ha	10.307,6 ha	1.976,6 ha	<b>35.700,7 ha</b>
4%	61%	29%	6%	<b>100%</b>

Die Bestände der Waldentwicklungstypen wurden mittels Inventurdaten der Forsteinrichtung Altersstufen von 1 - 19 sowie relativen Ertragsklassen von I - IV zugeordnet.<sup>3</sup> Abweichend von der zehnjährigen Altersstufeneinteilung wurden in der Altersstufe 19 alle Bestände zusammengefasst, die nach den Forsteinrichtungsangaben das Alter von 180 Jahren bereits überschritten hatten.

Die sich aus der Untergliederung ergebenden Flächenmatrizes stellten das Grundgerüst für die Berechnungen dar: Jedes der Matrixfelder repräsentiert einen nach Baumartenanteilen, Alter und Ertragsklasse definierten 'Modellbestand' mit einem bestimmten Flächenanteil an der Kiefernbetriebsklasse. Die untenstehende Abb. 2 zeigt im Überblick die Flächenanteile der Bestände unterschiedlicher Waldentwicklungstypen in den einzelnen Altersstufen.

<sup>3</sup> In der rheinland-pfälzischen Forsteinrichtung werden die Bonitäten der Baumarten auf halbe Ertragsklassen genau ermittelt. Diese wurden in der vorliegenden Untersuchung zu vier Ertragsklassen zusammengefasst, wobei die Flächen der 'halben Ertragsklassen' (I,5; II,5; III,5) je zur Hälfte auf die jeweils höhere bzw. niedrigere 'ganze Ertragsklassen' verteilt bzw. die Ertragsklassen IV,5 bis VI zur Ertragsklasse IV hinzugerechnet wurden.



**Abb. 2: Flächenverteilung der Altersstufen in den Waldentwicklungstypen 1-4**

Neben den Baumarten Kiefer und Buche sowie Traubeneiche im Waldentwicklungstyp 4 waren weitere Baumarten in den Kiefernbeständen vorhanden. Die Nadelbaumarten Fichte, Douglasie, Tanne und die beiden Lärchenarten wurden der Kiefernfläche, Birke, Edelkastanie, Erle, Esche, Hainbuche, Linde, Rot-, Stiel- und Traubeneiche und sonstige Laubbäume wurden in den Waldentwicklungstypen 1-3 der Buchenfläche zugerechnet. Im Waldentwicklungstyp 4 wurde die Eiche gemäß der Stratifizierungskriterien gesondert erfasst. Dieses Vorgehen wurde insofern als vertretbar angesehen, als höhere Anteile der Baumarten, die der Kiefern- bzw. Buchenfläche zugeschlagen wurden, lediglich in den Altersstufen 1-9 festgestellt werden konnten. Diesen Altersstufen ist jedoch im Hinblick auf die gesamtbetrieblichen Auswirkungen veränderter Nutzungsstrategien eine vergleichsweise geringe Bedeutung zuzumessen, wie an anderer Stelle noch erläutert werden wird.

## 4 Das Simulationsmodell

### 4.1 Zentrales Element: Wachstumssimulator SILVA 2.2

Zentrales Element des verwendeten Simulationsmodells ist der Wachstumssimulator SILVA 2.2 (vgl. PRETZSCH 1992; KAHN & PRETZSCH 1998). Im Rahmen dieses Projektes diente er

dazu, 'Modellbestände' der Betriebsklasse in Abhängigkeit von unterschiedlichen Waldbewirtschaftungsstrategien im Zeitablauf fortzuschreiben und hinsichtlich der Bestandsmerkmale (z.B. Vermögen bzw. Vorrat) und hinsichtlich der Stromgrößen (z.B. Liquidität, Arbeitsvolumen oder Holzaufkommen) abzubilden.

Der Wachstumssimulator SILVA erfasst Bestände als ein räumlich-zeitliches, kybernetisches System von Einzelbäumen, wobei ein Rückkoppelungsprozess zwischen der räumlichen Struktur des Bestandes sowie dem Zuwachs und der Mortalität der einzelnen Bestandeglieder besteht (vgl. BIBER et al. 1998).

Das Modell in seiner Komplexität vorzustellen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Im Folgenden werden deshalb nur die einzelnen Modellbausteine von SILVA 2.2 und ihre jeweilige Funktion innerhalb des Modells genannt sowie entsprechende Literaturhinweise gegeben.<sup>4</sup>

*Standort-Leistungs-Modell:* Prognose der Höhenentwicklung über dem Alter in Abhängigkeit vom Standort mit Hilfe von neun Standortvariablen (vgl. KAHN 1995b; KAHN & PRETZSCH 1997).

*Bestandesstrukturgenerator:* Generierung von realitätsnahen Baumverteilungsmuster bei gegebener Stammzahl-Durchmesserverteilung (vgl. PRETZSCH 1993) oder anhand von Bestandesmittelwerten und -summenwerten (vgl. PRETZSCH 1993).

*Durchforstungsmodell:* Nachbildung einer Vielzahl von waldbaulichen Behandlungsprogrammen. (Z-Baum-Durchforstung nach Baumzahlleitkurven und A-Werten (vgl. KAHN 1995a), Nieder- und Hochdurchforstungen in Reinbeständen, komplexe Durchforstungsanweisungen in Mischbeständen (vgl. KAHN 1996)).

*Konkurrenzmodell:* Beschreibung der jeweiligen Konkurrenzsituation des Einzelbaumes mit Hilfe verschiedener Konkurrenzindizes. (vgl. PRETZSCH 1995).

*Mortalitätsmodell:* Nachbildung natürlicher alters- und konkurrenzbedingter Ausfälle von Einzelbäumen (vgl. DURSKY 1997).

---

<sup>4</sup> Ausführliche Angaben zu den Grundlagen der Modellentwicklung finden sich bei PRETZSCH 1992. Der Ablaufalgorithmus des Bestandeswachstumsmodells ist bei PRETZSCH (1992, 1995), KAHN & PRETZSCH (1997), KAHN (1995c) dargestellt. Angaben zur Parametrisierung und Validierung der neuesten Version SILVA 2.2 sind bei KAHN & PRETZSCH (1998) beschrieben.

*Sortierungs- und Bewertungsmodul:* Mittenstärkensortierung jedes einzelnen Baumes (ausscheidend oder verbleibend) in die Stärkeklassen L0 bis L6 mit den praxisüblichen Unterklassen a und b mittels BDAT<sup>5</sup> (vgl. PRETZSCH & KAHN 1996).

*Ökonomische Bewertung innerhalb des Modells:* Bewertung der ausgehaltenen Sortimente durch Multiplikation mit dem Sortenpreis getrennt nach ausscheidenden bzw. verbleibenden Bestand. Analog zur Eingabe der Holzpreise werden die Holzerntekosten je nach Verfahren (Aufarbeitung im EST oder Harvester-Einsatz) baumarten-, sorten- und stärkeklassenspezifisch in eine Erntekosten-Datei eingegeben.

#### **4.2 Verwendung der Programmroutine von SILVA 2.2**

Zu Beginn der Entwicklung des Simulationsmodells SILVA stand die Prognose von einzelnen Beständen eindeutig im Vordergrund (vgl. PRETZSCH 1992). Als Informations- und Entscheidungsgrundlage auf Betriebs- und Unternehmensebene allerdings reicht die Prognose von einzelnen Beständen bei weitem nicht aus. Aus diesem Grund hat man die Einsatzmöglichkeit des Wachstumssimulators dahingehend erweitert, dass eine Programmroutine entwickelt wurde, die die Fortschreibung einer Vielzahl in einem Betrieb oder einer Region vorkommenden Bestände unterschiedlichster Ausprägung deutlich vereinfacht (vgl. PRETZSCH et al. 1998; DURSKEY 1998; POMMERENING 1998; POTT 1998). Diese Programmroutine, bestehend aus sechs Steuerdateien, ist im vorliegenden Projekt verwendet worden. Mit Hilfe eines Datenbankprogramms werden alle erforderlichen Bestandes- und Behandlungsmerkmale in den Steuerdateien abgelegt. Das Programm SILVA greift automatisiert auf diese Dateien zu, um die Bestände ebenso automatisiert abzuarbeiten.<sup>6</sup>

Bei den Steuerdateien handelt es sich im Einzelnen um:

- 'Steu\_Betrieb': Die Datei beinhaltet die Liste der Bestände, die mit Hilfe der Programmroutine abgearbeitet werden sollen.
- 'sto-datei': Eingabe der Variablen zum Standort und zu klimatischen Bedingungen des Wuchsgebietes (z.B. Bodenfrische, Nährstoffversorgung, Niederschlagssumme, Temperaturmittel).

---

<sup>5</sup> BDAT ist ein Sortierungsprogramm, das im Rahmen der Bundeswaldinventur von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg entwickelt wurde (vgl. KUBLIN & SCHARNAGEL 1988).

<sup>6</sup> Die Einsteuerung über Dateien bedeutet vor allem eine enorme Arbeitserleichterung, da die Bestände mit ihren Standorten, Strukturen, Durchforstungen usw. nicht mehr einzeln am Computerbildschirm über Programmdialoge eingesteuert werden müssen. Ohne die Programmroutine wäre die Prognose der 182 Bestände der Flächenmatrizes, die Kombinationen aus Waldentwicklungstypen, Altersstufen und Ertragsklassen darstellen und durch die unterschiedlichen waldbaulichen Strategien auf insgesamt 499 zu simulierende Bestände noch erhöht wird, kaum möglich gewesen.

- 'sto\_akp': Eingabe der Parameter A, k, und p der CHAPMAN-RICHARDS-FUNKTION<sup>7</sup> zur Höhengschätzung (alternativ zur Höhengschätzung nach 'sto\_Datei').
- 'best\_wert': Bei den hier einzugebenden Variablen handelt es sich um Bestandeskenngrößen wie z.B. dg, hg, G/ha, N/ha, Bestandesschicht etc.
- 'df\_datei': Die Variablen dieser Datei steuern in Teilen das waldbauliche Vorgehen, indem z.B. die Durchforstungsstärke durch die Auswahl eines im Programm hinterlegten Behandlungsprogramms bestimmt wird. Hier erfolgt auch die Eingabe der baumartenspezifischen Zielstärken oder Z-Baum-Zahlen.
- 'progn\_datei': Die Variablen der 'progn\_datei' steuern z.B. den Prognosezeitraum, die Art der Durchforstung, das Durchforstungsintervall nach Oberhöhen und Fünfjahres-Perioden oder ermöglichen die Bestimmung eines maximalen Durchforstungsvolumens.

In der vorliegenden Untersuchung erfolgte wegen der Größe des Projektgebietes die Standortseinstuerung für Bestände unterschiedlicher Kiefernbonitäten lediglich über die Variablen Bodenfrische und Nährstoffversorgung im Anhalt an Standortkartierung und Forsteinrichtung sowie durch Berücksichtigung klimatischer Mittelwerte für das Wuchsgebiet Pfälzerwald.

Die Variablen der 'sto\_akp'-Steuerdatei beinhalten direkt die Parameter A, k und p der CHAPMAN-RICHARDS-FUNKTION, welche die Entwicklung der Baumhöhen in Abhängigkeit vom Alter schätzen. Diese Parameter wurden hier von der ertragstafelgemäßen Höhenentwicklung abgeleitet. Die Durchmesser-schätzfunktion basiert weiterhin auf den Variablen der 'sto\_datei'.

Die Variablen der 'best\_mwert'-Steuerdatei zur Generierung der Bestände wurden aus Ertragstafel- und Forsteinrichtungsdaten abgeleitet. Es wurde unterstellt, dass die Kiefer mit zunehmendem Alter eine abnehmende Regelmäßigkeit bis zu einem bestimmten Grenzwert der Verteilung aufweist, hingegen die Mischbaumarten Buche und Eiche in allen Altersstufen zufällig verteilt sind..

Die vorgesehenen waldbaulichen Behandlungsprogramme wurden über die Steuerdateien 'progn\_datei' und 'df\_datei' eingesteuert. Trotz der zahlreichen Behandlungsstrategien, die mit Hilfe des Durchforstungsmodells abgebildet werden können, war es ursprünglich nicht möglich, die waldbaulichen Vorgaben für die Kiefernbestände des Pfälzerwaldes mit Ausnahme der Niederdurchforstung einzusteuern. Die im Modell nicht abbildbaren Behandlungsstrategien für die Kiefernbestände mussten speziell für die vorliegende Untersuchung programmiert und SILVA implementiert werden.

<sup>7</sup> Bei der CHAPMAN-RICHARDS-Funktion handelt es sich um eine dreiparametrische Funktion zur Höhengschätzung. Die Höhengschätzung über die Standortvariablen der 'sto\_datei' erfolgt über die zweiparametrische Funktion nach VON BERTALANFFY (vgl. KAHN & PRETZSCH 1998: 22).

Die in SILVA standardmäßig eingestellten Sortierungsvorgaben können in der Betriebsroutine nicht verändert werden, so dass die SILVA-Voreinstellungen der Einstellungsparameter übernommen wurden.<sup>8</sup>

#### **4.3 Auswertung der Simulationsergebnisse auf Bestandes- und Betriebsklassenebene**

Im Folgenden wird die Weiterverarbeitung von naturalen und ökonomischen Ergebnistabellen auf Bestandesebene, die für die Prognose der Entwicklung der Finanz- und Vermögenssphäre, des Holzaufkommens und des Arbeitsvolumens notwendig sind, geschildert.

Die Ausgabe ertragskundlicher Resultate auf Bestandesebene erfolgt in der so genannten *Standort-Ertragstafel*. Für jeden Bestand werden getrennt nach Baumarten sowie verbleibendem und ausscheidendem Bestand zahlreiche ertragskundliche Kenngrößen für jede Periode ausgegeben. Aus diesen Standort-Ertragstafeln wurde das summarische Volumen [VfmD m.R./ha] über alle Baumarten des verbleibenden Bestandes in der jeweiligen Periode für weitere Berechnungen abgegriffen.

Die Sortimentsbildung auf Bestandesebene als Resultat aggregierter Sortierungsergebnisse der Einzelbäume wird in SILVA in einer summarischen und einer detaillierten Aufstellung ausgegeben. Für die weitere Auswertung wurde in dieser Untersuchung die detaillierte Aufstellung verwendet, bei der die Ausgabe getrennt nach Sortimenten, Stärkeklassen, Baumarten und Prognoseperioden für das Gesamtvolumen jedes eingesteuerten Bestandes der Pogrammroutine erfolgt und zusätzlich noch nach verbleibendem und ausscheidendem Bestand unterschieden wird.

Neben der Prognose der Entwicklung des Holzaufkommens dienten die detaillierten Sortierungsergebnisse als Grundlage zur Berechnung des künftigen Arbeitsvolumens. Mit Hilfe eines für diesen Zweck entwickelten Programms wurden die einzelnen Volumenwerte - weiterhin getrennt nach Beständen, Baumarten, Sortimenten, Stärkeklassen und Prognoseperioden - mit den betriebsspezifischen Vorgabezeiten multipliziert. Das Ergebnis war eine Arbeitsvolumen-Datei, die in ihrer Struktur der Sortierungsdatei identisch war, im Gegensatz zu dieser jedoch wie die Standort-Ertragstafel ausgewertet werden konnte.

---

<sup>8</sup> Die Länge des X-Holzes am Stammfuß beträgt 0 Meter. Ebenso werden durch die SILVA-Voreinstellung die Grenzzöpfe für Aufarbeitung, Stammholz und oberen Stammholzabschnitt auf den Wert 0 gesetzt. BDAT greift dann auf interne Tabellenwerte zurück, die sich an der praxisüblichen Aushaltung orientieren. Der BDAT-Parameter Stammhöhe ist als die Baumhöhe definiert, bis zu der maximal Stammholz ausgehalten wird. Liegt diese über 21 Meter, wird sie durch eine SILVA-Vorgabe aufgrund der Transportlängenbeschränkung auf 21 Meter reduziert. Für die in der Untersuchung vorkommenden Baumarten Kiefer, Buche und Eiche wird die Kronenansatzhöhe als Stammhöhe festgelegt, wenn nicht bereits vorher die Transportlängenbeschränkung greift.

Die holzernteausgabenfreien Erlöse (Deckungsbeitrag I) konnten aus den von SILVA ausgegebenen ökonomischen Tabellen nicht direkt übernommen werden. Bei Nutzung des Simulators im Dialogverfahren werden die Rückekosten gewöhnlich über Dialogfelder eingegeben bzw. es können die Voreinstellungen modifiziert werden. Wird jedoch die Betriebsroutine verwendet, ist nur eine Modifikation der Erntekosten-Datei möglich: Aus diesem Grund mussten zunächst baumartenweise die Deckungsbeiträge der einzelnen Sortimente aufsummiert und anschließend auf Bestandesebene periodenweise addiert werden. Weiterhin wurden die Logbuch-Dateien von SILVA für die Auswertung der Simulationsergebnisse verwendet. Innerhalb dieser Dateien werden sämtliche vom Benutzer vorgenommenen Einstellungen dokumentiert. Durch Auswertung des Logbuchs konnten diejenigen Perioden bestimmt werden, innerhalb derer die Bestände bis zum Alter 90 durchforstet wurden. Dies war erforderlich, da aufgrund der Oberhöhen-abhängigen Behandlung dieser Bestände die Durchforstungseingriffe je nach Waldentwicklungstyp, Ertragsklasse und Altersstufe natürlich in unterschiedlichen Perioden vom Simulationsmodell vorgenommen werden. Weiterhin konnte mit Hilfe der Logbuch-Datei der Entnahmezeitpunkt der Zielstärkenbäume in den Altbeständen während der Zieldurchmesserernte verfolgt werden.

Die mit Hilfe des Wachstumssimulators SILVA errechneten Prognoseaussagen beziehen sich auf jeweils einen Hektar für jeden simulierten Bestand. Erst durch die Berücksichtigung der realen Flächenanteile der verschiedenen Modellbestände (gebildet aus Waldentwicklungstyp, Altersstufe und Ertragsklasse) an der Kiefernbetriebsklasse konnten Aussagen in Bezug auf die Ebene der Betriebsklasse gemacht werden. Die hierfür notwendigen Flächeninformationen der einzelnen Modellbestände wurden durch die Auswertung der Forsteinrichtungsdatenbank ermittelt. Eine Hochrechnung der hektarbezogenen Simulationsergebnisse auf die Gesamt-Modellbestandsfläche war dann unproblematisch, wenn die Bestandesfläche während des Prognosezeitraums konstant blieb, wie dies etwa bei Durchforstungsbeständen, die zu Beginn der Prognose jünger als 91 Jahre waren, der Fall war. Im Gegensatz dazu nahm die Fläche bestimmter Modellbestände, die zu Beginn der Prognose älter als 90 Jahre waren, bei bestimmten Simulationsvarianten ('Kahlschlag') durch flächenhafte Endnutzungen kontinuierlich ab. Diese Flächenveränderungen mussten natürlich bei einer dynamischen Betrachtung der Betriebsklasse berücksichtigt werden: Die Gesamt- oder auch Teilflächen der endgenutzten Modellbestände bildeten gleichzeitig die Fläche der ersten Altersstufen in der folgenden Simulationsperiode. Die Fläche der gesamten Betriebsklasse blieb konstant, während sich die Fläche der unterschiedlichen Modellbestände im Prognosezeitraum



kontinuierlich ändern konnte. Ebenso blieb der Prognosezeitraum für die Modellbestände konstant, ob nun teilweise als Altbestand oder als neubegründeter Bestand fortgeschrieben.

Bei der betriebsklassenbezogenen Betrachtung durften diejenigen Bestände, die nicht mit Hilfe des Wachstumssimulators prognostiziert werden konnten, nicht unberücksichtigt bleiben. Dabei handelte es sich um Bestände der Altersstufen 1 bis 3 zu Beginn der Prognose. Aufgrund fehlender natürlicher Kenngrößen - die Ertragstafeln geben Bestandesmittelwerte in der Regel erst ab dem Alter 30 an - mussten diese Bestände zum Teil 'händisch' fortgeschrieben werden. Bei dieser Vorgehensweise konnten Jungbestandspflegeeingriffe sowie Astungsmaßnahmen, die ohnehin nicht vom Simulator erfasst werden können, berücksichtigt werden. Diese forstbetrieblichen Maßnahmen wurden bestandesweise in Abhängigkeit von Altersstufe und Ertragsklasse in unterschiedlichen Perioden der Prognose nachgebildet und anschließend auf die Bestandesfläche hochgerechnet. Das Einwachsen der am Simulationsbeginn vorhandenen Altersstufen 1-3 im Verlauf der Prognose in die mit SILVA simulierte Altersstufen wurde derart erfasst, dass die SILVA-Ergebnisse der Bestände der Altersstufe 4 periodenversetzt für die einwachsenden Flächen übernommen wurden.

Dieses 'händische' Verfahren zur Erfassung des Flächentauschs zwischen simulierbaren und nicht simulierbaren Modellbeständen wurde auch für die aus den Endnutzungen neu entstehenden Altersstufen 1-3 angewandt, so dass hier in Abhängigkeit von der Endnutzungsperiode neben der Kulturbegründung anstehende Jungbestandspflege- bzw. Astungsmaßnahmen gemäß Behandlungsprogramm in der entsprechenden Simulationsperiode kalkuliert werden konnten.

Für den intendierten Variantenvergleich ('Kahlschlag'/'Zieldurchmesserernte') wurden die Ergebnisse über alle Waldentwicklungstypen und Ertragsklassen sowie definierte Altersstufen periodenweise aggregiert, d.h. die Ergebnisse der Bestände der Altersstufen 1-9 sowie 10-18 wurden zusammengefasst und anschließend für die gesamte Betriebsklasse addiert.

#### **4.4 Die in die Untersuchung einbezogenen Bewirtschaftungsstrategien: Waldbauliche Modellvorgaben**

Im Jahr 1989 wurden im Pfälzerwald waldwachstumskundliche Versuchsflächen angelegt, mit deren Hilfe geklärt werden soll, welche Auswirkungen eine frühzeitige Z-Baum-Auswahl und Astung auf die Stabilität, den Gesundheitszustand sowie die Volumen- und Wertentwicklung von Bestand und Einzelbaum hat (vgl. DONG und ROEDER 1995). Die Ergebnisse der ersten Wiederholungsaufnahme der Versuchsflächen zeigten, dass bei der

Anwendung des Versuchskonzepts zukünftig stärkere Dimensionen in einer kürzeren Produktionsdauer erzielt werden können: Auf den Flächen mit einer frühen Förderung der Z-Bäume konnten deutlich höhere Durchmesserzuwächse festgestellt werden als auf den Referenzflächen, die nach den Vorgaben der Waldbau-Richtlinien behandelt wurden. Damit werden die Untersuchungsergebnisse von HUSS gestützt, der aus den zum Teil bereits 1972 angelegten Kiefern-Versuchsflächen den Schluss zieht: "Nur, wenn die Kiefern ausreichende Standräume durch weite Verbände oder sehr frühzeitige und drastische Freistellungen erhalten hatten, konnten sie ihre Kronen vorteilhaft ausformen und entsprechend mehr Zuwachs leisten" (HUSS 1997).

Die meisten Landesforstverwaltungen haben die vorliegenden Forschungsergebnisse mittlerweile in ihre Behandlungsprogramme für Kiefernbestände aufgenommen und oberhöhengesteuerte, Z-Baum-orientierte Durchforstungskonzepte entwickelt.

Wie gegenwärtig Altbestände, die aus der klassischen Kiefernwirtschaft<sup>9</sup> hervorgegangen sind, bei einer Umstellung auf eine naturnahe Bewirtschaftung behandelt werden können oder sollten, wird in den Behandlungsprogrammen meist nicht näher ausgeführt. Nahezu einhellig wird die Meinung vertreten, dass die Kiefer ab einer Oberhöhe von 18 bis 24 m nur noch sehr beschränkt in der Lage sei, auf eine Kronenfreistellung zu reagieren (vgl. SPELLMANN 1997). Demgegenüber beobachtet EDER seit geraumer Zeit, dass auch in älteren Kiefernbeständen messbare positive Reaktionen der Kronen auf Freistellung festgestellt werden können (vgl. EDER 1997). Dass die Eingriffe in den Phasen der Jungbestandspflege und frühen Durchforstung für eine gute Kronenausformung entscheidend sind, bleibt dabei unbestritten.

Aus diesen Erkenntnissen und Einschätzungen leiten sich zum Teil grundsätzliche waldbauliche Strategien ab, die zukünftig bei der Behandlung der Kiefernbestände im Pfälzerwald verfolgt werden.

In der vorliegenden Untersuchung werden in der *'traditionellen'* und in der *'neuen'* waldbaulichen Behandlung der Kiefernbestände zwei sich deutlich unterscheidende Handlungsoptionen gesehen, deren Auswirkungen in der zeitlichen Entwicklung näher analysiert werden sollen.

Anstelle des Kahlschlagverfahrens zur Endnutzung der Bestände mit anschließendem Anbau auf der Freifläche tritt die einzelstammweise Nutzung nach Zielstärken. Durch dieses *'Ausreifenlassen'* der Altbestände und Einzelbäume soll auch die Möglichkeit eröffnet

---

<sup>9</sup> Die klassischen Kiefernwirtschaft zeichnete sich durch hohe Pflanzzahlen, eine sich auf Protzenaushieb beschränkende Jungbestandspflege, hohe Z-Baumzahlen, aus heutiger Sicht schwache Durchforstungseingriffe und Kahlschlag bei Umtriebszeiten von 120 bis 140 Jahren aus.

werden, ankommende Naturverjüngung auszunutzen. Bisherigen Erfahrungen in Kiefernaltbeständen folgend, werden sogenannte Altdurchforstungen durchgeführt. Darüber hinaus kommen in den jüngeren Beständen veränderte Jungbestandspflege- und Durchforstungskonzepte mit höheren Durchforstungsansätzen zur Anwendung. Schließlich ist im Rahmen der Umstellung auf eine naturnahe Bewirtschaftung die Überführung buchenreicher Kiefernbestände in Buchenbestände vorgesehen sowie die verstärkte Förderung der Buche in denjenigen Beständen, in denen diese mit nur geringen Anteilen vertreten ist. Weiterhin sollen schlechte Bonitäten und Bestände in Hanglagen zukünftig nur mehr extensiv bewirtschaftet werden.

Für die Simulation der Kiefernbetriebsklasse mussten diese Änderungen der waldbaulichen Bewirtschaftungsvorstellungen in ein detailliertes und gleichzeitig für den Wachstumssimulator umsetzbares Behandlungskonzept gefasst werden. Dieses wird im Folgenden vorgestellt.<sup>10</sup> Vier unterschiedliche waldbauliche Bewirtschaftungsvarianten wurden im Simulationsexperiment analysiert.

Diese unterscheiden sich bezüglich des waldbaulichen Vorgehens in den nächsten 30 Jahren durch unterschiedliche Endnutzungsstrategien (dies betrifft Bestände mit jetzigem Alter größer 90 Jahre) sowie durch unterschiedliche Vornutzungsstrategien (dies betrifft die Bestände mit jetzigem Alter bis 90 Jahre).

#### *Waldbauliche Modellvorgaben für Bestände bis zum Alter 90*

In allen Simulationsvarianten wurden die Bestände mit jetzigem Alter jünger 90 Jahren je nach Lage - befahrbar oder Hang - wie folgt bewirtschaftet:

#### *A) Behandlungsprogramm für die Bestände bis zum Alter 90 (Altersstufen 1-9) in befahrbaren Lagen*

---

<sup>10</sup> Die waldbaulichen Vorgaben für die Simulation wurden von Herrn MR Dr. EDER (Ministerium für Umwelt und Forsten) sowie von den Mitarbeitern der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft, Trippstadt, Dr. DONG und Prof. Dr. ROEDER erarbeitet.

**Tab. 4: Oberhöhengesteuertes Behandlungsprogramm für alle Waldentwicklungstypen und Ertragsklassen**

Zeitpunkt	Maßnahme
<b>Kultur</b>	6.000 Pflanzen/ha inkl. Mischbaumarten (zweijährige Pflanzen)
<b>2 m</b>	Jungbestandspflege, 200 - 600 Stck. / ha ausscheidend; Negativ-Auslese
<b>8 m</b>	Jungbestandspflege, Z-Baum-Auswahl, Entfernen von 0,5 Bedränger / Z-Baum
<b>13 m</b>	Entfernen von 3,5 Bedrängern / Z-Baum, Astung
<b>15 m</b>	Entfernen von 1,5 Bedrängern / Z-Baum
<b>17 m</b>	Entfernen von 1,0 Bedränger / Z-Baum
<b>20 m</b>	Entfernen von 0,5 Bedränger / Z-Baum
<b>23 m</b>	Entfernen von 0,5 Bedränger / Z-Baum

Für Bestände, die am Beginn der Prognose bereits älter als 60 Jahre (Altersstufen 7- 9) waren, wurde die Zahl der zu entnehmenden Bedränger wie folgt variiert:

**Tab. 5: Variation des Behandlungsprogramms in den Altersstufen 7-9**

Zeitpunkt	Maßnahme
<b>20 m</b>	Entfernen von 2,5 Bedrängern / Z-Baum
<b>23 m</b>	Entfernen von 1,5 Bedrängern / Z-Baum

Aufgrund der ähnlichen Baumartenanteile und geringen Flächenanteile wurden die Altersstufen 1-9 der Waldentwicklungstypen 1, 3 und 4 zusammengefasst. Bei einem unterstellten Baumartenverhältnis von 70 Prozent Kiefer und 30 Prozent Buche sowie Z-Baum-Zahlen im Reinbestand von 120 Z-Bäumen je Hektar bei der Kiefer und 80 Z-Bäumen je Hektar bei der Buche ergeben sich die in der untenstehenden

Tab. 6 gelisteten Z-Baum-Zahlen für die Waldentwicklungstypen 1, 3 und 4. Die vorgenommene Absenkung der Z-Baum-Zahl je Hektar für die Kiefer in den Altersstufen 8 und 9 beruht auf der Beobachtung, dass während der Bestandesentwicklung trotz Förderung auch Z-Bäume ausfallen. Da diese Z-Bäume im realen System in der Regel nicht ersetzt werden, wurde zur realitätsnahen Abbildung dieser Altersstufen die Kiefern-Z-Baum-Zahl verringert.

**Tab. 6: Z-Baum-Zahlen je Hektar in den Altersstufen 4-9 der Waldentwicklungstypen 1, 3 und 4**

Altersstufe	Kiefer	Buche
	(Z-Bäume / ha)	(Z-Bäume / ha)
4	85	25
5	85	25
6	85	25
7	85	25
8	75	25
9	75	25

Da sich der Waldentwicklungstyp 2 aufgrund seines Baumartenverhältnisses von 90 Prozent Kiefer und 10 Prozent Buche deutlich von den anderen Waldentwicklungstypen abhebt, und dieser Waldentwicklungstyp auf großen Flächen vorkommt, erschien es unabdingbar, für diesen Waldentwicklungstyp spezifisch angepasste Z-Baum-Zahlen zu unterstellen. Diese sind nach Altersstufen gegliedert in der untenstehenden Tab. 7 dargestellt. Die vorgenommene Absenkung der Z-Baum-Zahl in den Altersstufen 8 und 9 erfolgte hier aus dem gleichen Grund wie in den Waldentwicklungstypen 1, 3 und 4.

**Tab. 7: Z-Baum-Zahlen je Hektar in den Altersstufen 4-9 des Waldentwicklungstyps 2**

Altersstufe	Kiefer	Buche
	(Z-Bäume / ha)	(Z-Bäume / ha)
4	110	8
5	110	8
6	110	8
7	110	8
8	100	8
9	100	8

*B) Behandlungsprogramm für die Bestände bis zum Alter 90 (Altersstufen 1-9) in Hanglagen:*  
Das waldbauliche Behandlungsprogramm für Bestände in ebenen Lagen wurde für Bestände in Hanglagen wie folgt modifiziert und galt für alle Waldentwicklungstypen und Ertragsklassen (vgl. Tab. 8, unten):

**Tab. 8: Oberhöhengesteuertes Behandlungsprogramm für Bestände bis zum Alter 90 in Hanglagen**

Zeitpunkt	Maßnahme
<b>Kultur</b>	6.000 Pflanzen / ha inkl. Mischbaumarten (zweijährige Pflanzen)
<b>2 m</b>	Jungbestandspflege, 200 - 600 Stück / ha ausscheidend; Negativ-Auslese
<b>8 m</b>	Jungbestandspflege, Z-Baum-Auswahl, Entfernen von 1 Bedränger / Z-Baum
<b>13 m</b>	Entfernen von 4,5 Bedrängern / Z-Baum
<b>17 m</b>	Entfernen von 1,5 Bedrängern / Z-Baum
<b>23 m</b>	Entfernen von 1 Bedränger / Z-Baum

*Waldbauliche Modellvorgaben für Bestände ab dem Alter 91*

Das waldbauliche Vorgehen in den Beständen ab (heutigem) Alter 91 (Altersstufe 10 - 18) wurde im Hinblick auf folgende Varianten untersucht:

*- Variante 'neue' Waldbaustrategien*

Die Endnutzung erfolgt einzelstammweise nach Zielstärken. Der Zieldurchmesserernte werden Altdurchforstungen vorgeschaltet. Diese werden in Form von Hochdurchforstungen mit dem Ziel geführt, 120 'Erntebäume' pro Hektar zu begünstigen. Eine ertragsklassenabhängige Variation der Zahl der 'Erntebäume' erfolgt nicht.

**Tab. 9: Eingriffsstärken (Vfm je Hektar) bzw. Beginn der Zieldurchmesserernte (ZDE) getrennt nach Altersstufen und Ertragsklassen**

Altersstufe	I,0 - II,0 Ertragsklasse			III,0 - IV,0 Ertragsklasse		
	1. Jahrzehnt	2. Jahrzehnt	3. Jahrzehnt	1. Jahrzehnt	2. Jahrzehnt	3. Jahrzehnt
<b>10</b>	120			80		
<b>11</b>	120	40		80	30	
<b>12</b>	120	40	30	80	30	
<b>13</b>	40	40	30	30	30	
<b>14</b>	40	30	ZDE	30	30	
<b>15</b>	30	ZDE	ZDE	30	30	ZDE
<b>16</b>	ZDE	ZDE	ZDE	30	ZDE	ZDE
<b>17</b>	ZDE	ZDE	ZDE	ZDE	ZDE	ZDE
<b>18</b>	ZDE	ZDE	ZDE	ZDE	ZDE	ZDE

Die angestrebten Zieldurchmesser betragen für die Kiefer 60 cm BHD o.R. (I. und II. Ertragsklasse) bzw. 50 cm BHD o.R. (III. und IV. Ertragsklasse). Sobald im Simulationsfortschritt 80 Prozent der Erntebäume entnommen worden sind, endet die Simulation der Phase der Zieldurchmesserernte und es erfolgt eine flächige Räumung des Bestandes.

*- Variante 'Endnutzung im Kahlschlag als Referenzkalkulation'*

Die Variante 'Endnutzung im Kahlschlag' diene als Referenzkalkulation. Abgebildet wurde damit das in der forstlichen Praxis bislang übliche waldbauliche Vorgehen, die Kiefernbetriebsklasse 'Pfälzerwald' im Kahlschlagverfahren bei Erreichung der Umtriebszeit und anschließender Kiefernplantation zu bewirtschaften.

In der Simulation werden nach Ertragsklassen gestaffelte Umtriebszeiten unterstellt. In der I. Ertragsklasse beträgt die Umtriebszeit 130 Jahre, in der II. Ertragsklasse 140 Jahre bzw. 160 Jahre in der III. und IV. Ertragsklasse.<sup>11</sup>

Die Endnutzungsfläche in der Variante 'Kahlschlag 321,2' wird in der Simulation gleichmäßig auf einen Prognosezeitraum von 30 Jahren verteilt. Die jährliche Endnutzungsfläche (= 321,2 Hektar) leitet sich dabei aus der Fläche der Bestände ab, die bereits zu Beginn der Simulation die ertragsklassenspezifische Umtriebszeit überschritten haben, diese gerade erreichen oder während des Prognosezeitraums erreichen werden. Endnutzungen erfolgen zunächst in Altbeständen der höchsten Altersstufen. Solange der jeweilige Endnutzungszeitpunkt im Verlauf des Prognosezeitraums noch nicht erreicht ist, werden die Bestände der Altersstufen 10 bis 18 mit einem Eingriff pro Jahrzehnt niederdurchforstet. Die Stärke der Eingriffe orientiert sich an der Grundflächenentwicklung der KERN'schen Ertragstafel.

Als durchschnittliches Endnutzungsalter in der Simulation wird die reale durchschnittliche Umtriebszeit der Kiefernbestände im Untersuchungsgebiet von 135 Jahren zugrunde gelegt.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Die Festlegung der Umtriebszeiten erfolgte in Anlehnung an die Waldbau-Richtlinien für Rheinhessen-Pfalz von 1983.

<sup>12</sup> Um eine möglichst realitätsnahe Vergleichsrechnung durchführen zu können, wurde mit Hilfe einer Betriebsanalyse die tatsächliche Umtriebszeit für die Kiefernbestände nach der traditionellen Bewirtschaftung ermittelt. Aufgrund der schlechten Verfügbarkeit der Vollzugsdaten musste sich diese Analyse auf zwei repräsentative Forstämter im Bereich des Pfälzerwaldes, Dahn und Elmstein-Süd, beschränken. Durch die Auswertung der Bestandslagerbücher in Verbindung mit den Betriebskarten über die vergangenen drei Forsteinrichtungsperioden hinweg konnte in beiden Forstämtern ein Anstieg der durchschnittlichen Umtriebszeit ermittelt werden. Im letzten Forsteinrichtungszeitraum lag die durchschnittliche Umtriebszeit in Dahn bei rund 128 Jahren und in Elmstein bei rund 135 Jahren. Aufgrund der flächenmäßig bedeutenderen Verbreitung der Standortgegebenheiten (Böden aus dem Verwitterungsmaterial des Mittleren und Unteren Buntsandsteins) des Forstamtes Elmstein-Süd im Wuchsgebiet Pfälzerwald wurde die durchschnittliche Umtriebszeit für die Referenzkalkulation mit 135 Jahren festgelegt.

Bestände der Altersstufe 19 - es handelt sich dabei um eine Zusammenfassung der Bestände, die älter als 180 Jahre sind und damit eine extrem inhomogene Altersstufe bilden - wurden als Schutzwald betrachtet und blieben somit in Bezug auf das Nutzungsgeschehen innerhalb der Simulation unberücksichtigt. Gravierende Veränderungen der Analyseergebnisse sind nicht zu erwarten, da der Anteil der Altersstufe 19 an der Gesamtfläche der Kiefernbetriebsklasse bei unter einem halben Prozent (143,9 ha) liegt.

Bestände der Altersstufe 17 und 18 zeichnen sich in einzelnen Ertragsklassen und in bestimmten Waldentwicklungstypen durch einen extremen Abfall der Flächenpräsenz aus. Den Vorgaben der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz entsprechend werden diese Bestände innerhalb der Simulation zur Sicherung der vorhandenen Flächenanteile lediglich niederdurchforstet, jedoch nicht im Kahlschlagverfahren genutzt

#### **4.5 Waldwachstumskundliche Vorgaben für die Simulation**

Die rheinland-pfälzische Forsteinrichtung verzichtet bei der Zustandserfassung auf Bestandesebene in der Regel auf die Angaben natürlicher Kenngrößen, wie z.B. den mittleren BHD und die mittlere Höhe der am Bestand beteiligten Baumarten oder Stammzahl und Grundfläche je Hektar. Für die Einsteuerung der Bestände in das Wachstumsmodell musste deshalb zum Teil auf Ertragstafelwerte zurückgegriffen werden. Die *Buche* und die *Eiche* mussten aus diesem Grund nach den Ertragstafeln SCHOBER 1967 (mäßige Durchforstung) bzw. JÜTTNER 1955 (mäßige Durchforstung) eingesteuert werden. Im Gegensatz zur Forsteinrichtung in Rheinland-Pfalz, bei der für die *Kiefer* die Ertragstafel WIEDEMANN 1943 (mäßige Durchforstung) verwandt wird, fand in der vorliegenden Untersuchung die Ertragstafel von KERN Anwendung (vgl. MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN 1980). Die wichtigsten Ergebnisse des von KERN 1958 erstellten Ertragstafelentwurfs für die Pfälzer Kiefer werden im Folgenden kurz dargestellt (vgl. KERN 1958):

- Die Mittelhöhenentwicklung zeigt im Vergleich zur Ertragstafel WIEDEMANN eine befriedigende Übereinstimmung, so dass die Bonitierung der Bestände übernommen werden kann.
- Die Grundfläche liegt im Stangenholz rund 10 Prozent und im Altholz ca. 20 Prozent höher als die Werte der WIEDEMANN'schen Ertragstafel.
- Die Abweichungen des mittleren Durchmessers bewegen sich gegenüber den Abweichungen der Grundfläche auf einem etwas niedrigeren Niveau.



- Die Stammzahlhaltung liegt in jüngeren Beständen über den Werten der WIEDEMANN'schen Tafel. Etwa ab dem Alter 70 sinkt die Stammzahl ca. 5 bis 10 Prozent unter die Stammzahlen der Ertragstafel WIEDEMANN.
- Die Derbholzformzahlen bei WIEDEMANN liegen etwa 5 Prozent über den Werten der Ertragstafel für die Pfälzer Kiefer.
- Der Grundflächenzuwachs ist in jungen Beständen 26 Prozent höher als nach der Ertragstafel WIEDEMANN. Diese Überlegenheit vergrößert sich in Altbeständen um bis zu 40 Prozent.
- Der Massenzuwachs bewegt sich aufgrund der ungünstigeren Formzahlen auf einem etwas niedrigerem Niveau als der Grundflächenzuwachs, liegt jedoch in jungen Beständen 8 bis 12 Prozent über den Werten der WIEDEMANN'schen Ertragstafel und steigt bis zu einem Alter von 120 Jahren auf 28 Prozent an.

Das konkrete Vorgehen bei der waldwachstumskundlichen Einsteuerung der Bestände gestaltete sich wie nachfolgend beschrieben: Die Eingangswerte, also Durchmesser und Höhe des Grundflächenmittelstammes ( $d_g$ ;  $h_g$ ) sowie die Grundfläche ( $G$ ), wurden bei der Kiefer jeweils auf die Altersstufenmitte interpoliert. Die Werte für die Buche und Eiche konnten - da hier Werte in Fünfjahres-Perioden gelistet sind - direkt aus der Ertragstafel abgegriffen werden.

Da die Ertragstafel von KERN im Alter 120 und die Ertragstafel SCHOBER bei einem Bestandesalter von 150 Jahren endet, mussten Durchmesser und Höhe des Grundflächenmittelstammes sowie die Grundfläche mit Polynomen dritter Ordnung extrapoliert werden. Anschließend erfolgte eine Gewichtung der hektarbezogenen Grundflächenwerte mit den jeweiligen altersstufenbezogenen Baumartenanteilen der Waldentwicklungstypen.

#### **4.6 Betriebswirtschaftliche Bewertungen**

Die Erweiterung der naturalen Analyse um eine ökonomische Modellanalyse erfordert eine konkrete und einheitliche Zahlenbasis der hierfür notwendigen ökonomischen Kenngrößen. Dabei tritt das Problem auf, dass nicht nur die Vorhersage zukünftiger Kostenentwicklung aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren, wie z.B. Entwicklung der Löhne und der Arbeitsproduktivität außerordentlich schwierig ist. Auch eine langfristige Prognose der Holzpreisentwicklung wird als völlig unmöglich angesehen, und selbst Versuche mittel- bis kurzfristiger Holzpreisprognosen erscheinen zurzeit nahezu aussichtslos (vgl. ERLER 1997). Aus diesem Grund wird der in der Theorie der Waldbewertung üblichen Konvention gefolgt

und aktuelle Preis-Kosten-Relationen als langfristig gültig unterstellt. Analog dazu werden in der vorliegenden Modellanalyse neben den Preis-Kosten-Relationen auch die Produktivität bei anfallenden Betriebsarbeiten über den gesamten Prognosezeitraum als statisch betrachtet.

Für die betriebswirtschaftlichen Bewertungen wurden Erlös- und Kostengrößen verwendet, die für die im Projektgebiet liegenden Forstämter 1997 bzw. 1998 in den Statistiken der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz ausgewiesen wurden. Weiterhin wurden Standardkostensätze verwendet, die im Rahmen des Controllings der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz in den genannten Jahren im Projektgebiet ermittelt wurden. Die Vorgabezeiten zur Ermittlung des Arbeitsvolumens orientierten sich ebenfalls an den Vorgaben des Controllings.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht schien es zweckmäßig, die Zahl der zu vergleichenden Handlungsalternativen auf 8 zu erhöhen: Detailliert betrachtet werden konnten so einerseits die unterschiedlichen Mechanisierungsgrade (motormanuelle Aufarbeitung/ Harvestereinsatz) bzw. unterschiedliche Nutzungsintensitäten (vollständige Ausarbeitung/DB-orientierte Aufarbeitung). Die Kombinationen möglicher Varianten sind in der nachstehenden Tab. 10 dargestellt.

**Tab. 10: Simulationsvarianten des betriebswirtschaftlichen Vergleichs**

		VORNUTZUNGSSTRATEGIEN				Simulations- Varianten			
		Bestände der Altersstufen 1 – 9							
		Hanglagen (A)		befahrbare Lagen (B)					
		Vollständige Auf- arbeitung	DB- orientierte Auf- arbeitung	Motor- manuelle Auf- arbeitung	Harvester- einsatz				
ENDNUTZUNGSSTRATEGIEN	Bestände der Altersstufe 10-18	Referenzbewirt- schaftung:	Kahlschlag	■		■		321,2	I
			321,2		■		■	321,2	II
		Kahlschlag	■		■		284,6	I	
			284,6		■	■	284,6	II	
	'Neue' Waldbaustrategie:	Zieldurchm.	55-45	■		■		ZDE 55- 45	I
			55-45		■		■	ZDE 55- 45	II
		Zieldurchm.	60-50	■		■		ZDE 60- 50	I
			60-50		■		■	ZDE 60- 50	II

### *Simulationsvarianten der Altersstufe 10 - 18*

#### *- Varianten mit 'neuer' Endnutzungsstrategie*

*ZD 60-50:* Bei dieser Variante entspricht der Zieldurchmesser für Kiefer, Buche und Eiche den Vorgaben der Waldbau-Richtlinien. Die Zielstärke der Kiefer beträgt bis zur II. Ertragsklasse 60 cm o.R. BHD und in der III. und IV. Ertragsklasse 50 cm o.R. BHD. Je nach Altersstufe und Ertragsklasse werden der Zielstärkenutzung Altdurchforstungen vorgeschaltet.

*ZD 55-45:* Die Zielstärke der Kiefer wird variiert: Die Zielstärke für die I. und II. Ertragsklasse beträgt 55 cm o.R. BHD bzw. 45 cm o.R. BHD für die III. und IV. Ertragsklasse. Die Zieldurchmesser für Buche und Eiche bleiben ebenso wie die Eingriffsstärken der Altdurchforstungen unverändert.

#### *- Varianten der Referenzkalkulation*

*Kahlschlag 321,2:* Bei dieser Variante werden alle Bestände endgenutzt, welche die ertragsklassenspezifische Umtriebszeit der Waldbau-Richtlinien überschritten haben oder diese im 30-jährigen Prognosezeitraum erreichen. Bis zur Endnutzung wird in den Beständen jedes Jahrzehnt eine Niederdurchforstung gemäß der Grundflächenentwicklung der KERN'schen Ertragstafel unter Berücksichtigung der Waldentwicklungstypen und altersstufenspezifischen Baumartenzusammensetzung durchgeführt. Die Endnutzungsflächen werden - unabhängig vom Waldentwicklungstyp und der Ertragsklasse - wieder mit Kiefer in Kultur gebracht. Holzernte, Bestandesbegründung und -pflege erfolgen durch betriebseigene Waldarbeiter; Rückarbeiten werden an Unternehmer vergeben.

*Kahlschlag 284,6:* Variante 'Kahlschlag 284,6' stellt den Versuch einer Annäherung an das reale Nutzungsverhalten in der Kiefernbetriebsklasse Pfälzerwald dar: Die Summarische Endnutzungsplanung ergibt bei Einbeziehung aller Bestände ab dem Alter 91, Umtriebszeiten nach Waldbau-Richtlinie und einem Ausgleichszeitraum von 0 Jahren eine jährlich Endnutzungsfläche von 284,6 ha. Die Endnutzungsfläche wird flächengewichtet auf die Ertragsklassen in den Waldentwicklungstypen verteilt. Die Behandlung der Bestände bis zum Erreichen des Endnutzungsalters erfolgt analog zum Vorgehen in der Variante 'Kahlschlag 321,2'.

### *Simulationsvarianten der Altersstufen 1-9*

#### *- Variante I:*

Jungbestandspflege und Durchforstungen in befahrbaren Lagen und Hanglagen werden von betriebseigenen Waldarbeitern durchgeführt; sämtliche bei den Durchforstungen anfallenden Sortimente werden aufgearbeitet. Das Holz-Rücken erfolgt im Unternehmereinsatz.

- Variante II:

Die Jungbestandspflege wird von eigenen Waldarbeitern durchgeführt. In befahrbaren Lagen erfolgen die Durchforstungen vollmechanisiert im Unternehmereinsatz ('Harvester'). In Hanglagen wird von eigenen Waldarbeitern motormanuell durchforstet, wobei eine Aufarbeitung nur dann erfolgt, wenn ein positiver Deckungsbeitrag I erzielt bzw. ein negativer Deckungsbeitrag durch Nicht-Aufarbeitung vermindert werden kann.

#### **4.7 Die Festlegung des Prognosezeitraums**

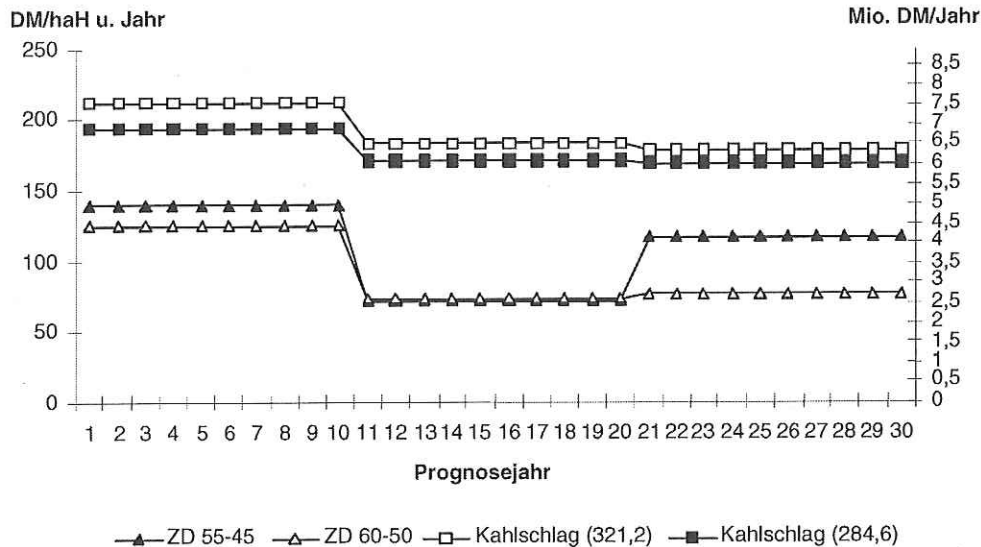
Die Unmöglichkeit einer exakten Abbildung der Realität zwingt dazu, vereinfachende Annahmen zu treffen. So konnte der tatsächliche naturale Zustand der Betriebsklasse nicht mit Hilfe der aus der Forsteinrichtung und den Ertragstafeln abgreifbaren Daten exakt nachgebildet werden. Auch bei der Bestandesgenerierung aus Bestandesmittelwerten und der waldwachstumskundlichen Fortschreibung der Einzelbäume und Bestände durch das Simulationsmodell musste davon ausgegangen werden, dass es zu Abweichungen im Vergleich zur realen Entwicklung der Betriebsklasse kommt. Darüber hinaus stellte die Annahme sich nicht verändernder ökonomischer Kenngrößen eine starke Vereinfachung der Wirklichkeit dar. Diese naturalen und ökonomischen Ungenauigkeiten mussten zwangsläufig zu Differenzen zwischen den prognostizierten Ergebnissen und den realen zukünftigen Ergebnissen in den betrachteten gesamtbetrieblichen Sphären führen, die zudem mit zunehmendem Prognosezeitraum immer größer werden. Auf der anderen Seite sollte die Hauptphase der Überführung der Kiefernbetriebsklassen in einen naturnäheren Zustand durch den Prognosezeitraum abgedeckt werden, d.h. zumindest bis zum Zeitpunkt des Einwachsens der bereits über der durchschnittlichen Umtriebszeit liegenden Bestände in Zielstärkendimensionen. Aufgrund von Voruntersuchungen der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz wurde der Prognosezeitraum als Ergebnis eines Abwägungsprozesses daher auf dreißig Jahre festgelegt.

## **5 Ergebnisse**

### **5.1 Ökonomische Auswirkungen in der Finanzsphäre**

Die nachstehende Abb. 3 zeigt die Entwicklung der erntekostenfreien Erlöse (Deckungsbeitrag I) je Hektar und Jahr bzw. je Jahr der vier unterschiedlichen Endnutzungsvarianten für die Bestände, die zu Beginn der Prognose älter als 91 Jahre sind (Altersstufen 10-18). Die waldbaulichen Vorgaben sahen für alle Varianten Durchforstungseingriffe im Turnus von 10 Jahren, d.h. in jeder zweiten Simulationsperiode, vor, während Endnutzungen in den Kahlschlagsvarianten im 5-jährigen Turnus, d.h. in jeder

Periode, erfolgten. Da in der Realität die Eingriffe und Endnutzung jedoch kontinuierlich geführt werden, wurde der Deckungsbeitrag I als Durchschnittswert für einen Zeitraum von zehn Jahren, d.h. zwei Perioden, errechnet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Altersspreitung innerhalb einer Altersstufe in etwa gleich verteilt ist.



**Abb. 3: Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags I in DM/haH und Jahr bzw. Mio. DM/Jahr für die Altersstufen 10-18**

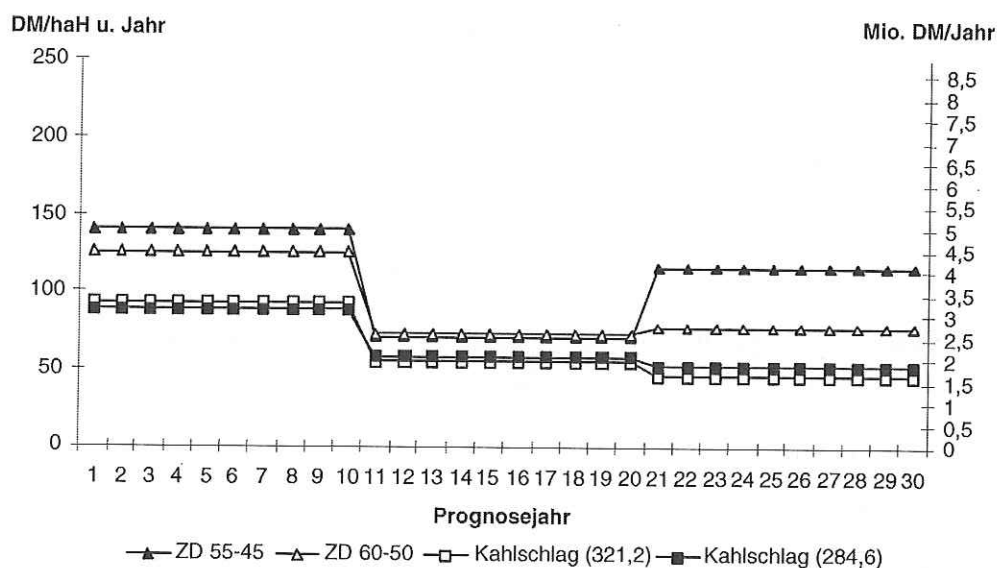
Wie die Abb. 3, oben, zeigt, sind die beiden Kahlschlagsvarianten über den gesamten Simulationszeitraum hinweg den beiden Zieldurchmesservarianten deutlich überlegen. Die Minderung des Deckungsbeitrags I der beiden Kahlschlagsvarianten von  $\pm 200$  DM<sup>13</sup> je Hektar Holzboden und Jahr im ersten Jahrzehnt auf  $\pm 175$  DM je Hektar Holzboden und Jahr im dritten Jahrzehnt erklärt sich zum einen damit, dass mit abnehmendem Alter der endgenutzten Bestände auch der aufstockende Vorrat und der mittlere Durchmesser zurückgeht, und zum anderen, dass dem Altersklassenaufbau folgend die Fläche der verbleibenden Bestände, die weiterhin in zehnjährigem Turnus durchforstet werden, schrumpft.

Die Höhe des erntekostenfreien Erlöses der beiden Zieldurchmesservarianten von 125 bis 140 DM je Hektar Holzboden und Jahr im ersten Jahrzehnt wird vor allem durch die relativ stark geführten Altdurchforstungen in den Altersstufen 10-12 bedingt, die auch flächenmäßig von Bedeutung sind. Im zweiten Jahrzehnt sinkt mit der Eingriffsstärke der Altdurchforstungen auch der durchschnittliche Deckungsbeitrag I der beiden Varianten auf ein einheitliches Niveau ab. Im letzten Prognosejahrzehnt jedoch entwickelt sich der Deckungsbeitrag I in den Varianten unterschiedlich: Bei der Variante ZD 55-45 kommt es

<sup>13</sup> Die Arbeit entstand in den Jahren 1995 bis 1999. Deshalb sind die Werte noch in DM angegeben.

durch das Einwachsen zahlreicher Bestände in die Zieldurchmesserdimensionen zu einem Anstieg des jährlichen Deckungsbeitrags I um 40 DM je Hektar Holzboden und Jahr. Demgegenüber erreichen bei der Variante ZD 60-50 nur einige, flächenmäßig wenig bedeutende Bestände der höchsten Altersstufen die vorgesehene Zielstärke. Der Deckungsbeitrag I steigt daher nur gering.

Die untenstehende Abb. 4 zeigt die Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags II der unterschiedlichen Endnutzungsstrategien für die Altersstufen 10-18. Der Deckungsbeitrag II errechnet sich aus dem Deckungsbeitrag I abzüglich der Kosten für Kulturbegründung und Bestandespflege.<sup>14</sup>



**Abb. 4: Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags II in DM/haH und Jahr bzw. Mio. DM/Jahr für die Altersstufen 10-18**

Für die ZD-Varianten wurde im waldbaulichen Programm unterstellt, dass im Prognosezeitraum von 30 Jahren zunächst keine Kulturpflagemassnahmen anfallen, weshalb sich die Ergebnisse der Berechnung des Deckungsbeitrags I und II entsprechen. In den beiden Kahlschlagvarianten mindern die anfallenden Kosten für Wiederbestockung und Bestandespflege den Deckungsbeitrag II, so dass die Ergebnisse des Deckungsbeitrags II hier deutlich unter die Werte der beiden Zieldurchmesservarianten sinken.

Bei einer unterstellten jährlichen Endnutzungsfläche von 321,2 Hektar (Kahlschlag 321,2) verringert sich der Deckungsbeitrag II gegenüber dem Deckungsbeitrag I im ersten Jahrzehnt um 57 Prozent auf 93 DM je Hektar Holzboden und Jahr, im zweiten Jahrzehnt um 70 Prozent (55 DM/haH und Jahr) und im dritten Jahrzehnt um 75 Prozent (46 DM/haH und

<sup>14</sup> Kosten für Verwaltung, Wegebau, Erholung etc. werden als nicht entscheidungsrelevant betrachtet, da sie unabhängig von der gewählten Strategie anfallen. Ihre Berücksichtigung im Deckungsbeitrag II würde lediglich zu einer parallelen Verschiebung der Ergebnisse führen.

Jahr). Im Vergleich dazu reduziert sich der Deckungsbeitrag II bei einer jährlichen Endnutzungsfläche von 284,6 Hektar (Kahlschlag 284,6) nur um 55 Prozent (88 DM/haH und Jahr) im ersten Jahrzehnt, sowie um 67 Prozent (58 DM/haH und Jahr) bzw. 70 Prozent (52 DM/haH und Jahr) in den beiden folgenden Jahrzehnten. Es fällt auf, dass in beiden Kahlschlagvarianten das Absinken des Deckungsbeitrags II vom ersten Jahrzehnt zum zweiten Jahrzehnt besonders deutlich ausfällt. Der Grund dafür ist darin zu sehen, dass die Endnutzungsbestände im ersten Jahrzehnt im Durchschnitt älter und damit vorratsreicher sind als die zur Endnutzung anstehenden Bestände im zweiten Jahrzehnt und gleichzeitig die Aufwendungen für Kulturen und Bestandespflege aufgrund des kontinuierlichen Flächenzuwachses stetig ansteigen. Da - neben ökonomischen Effekten - diese gegenläufigen Entwicklungen bei der Variante Kahlschlag 284,6 durch die geringere jährliche Endnutzungsfläche gedämpft wird, ist der Deckungsbeitrag II dieser Variante bereits im zweiten Jahrzehnt höher als derjenige der Variante 321,2 mit der größeren jährlichen Endnutzungsfläche.

In der untenstehenden Tab. 11 sind die jährlichen Deckungsbeiträge der Altersstufen 1-9 für die Variante I (motormanuelle Aufarbeitung) und die Variante II (Harvester-Einsatz und teilweise Nicht-Aufarbeitung) aufgeführt:

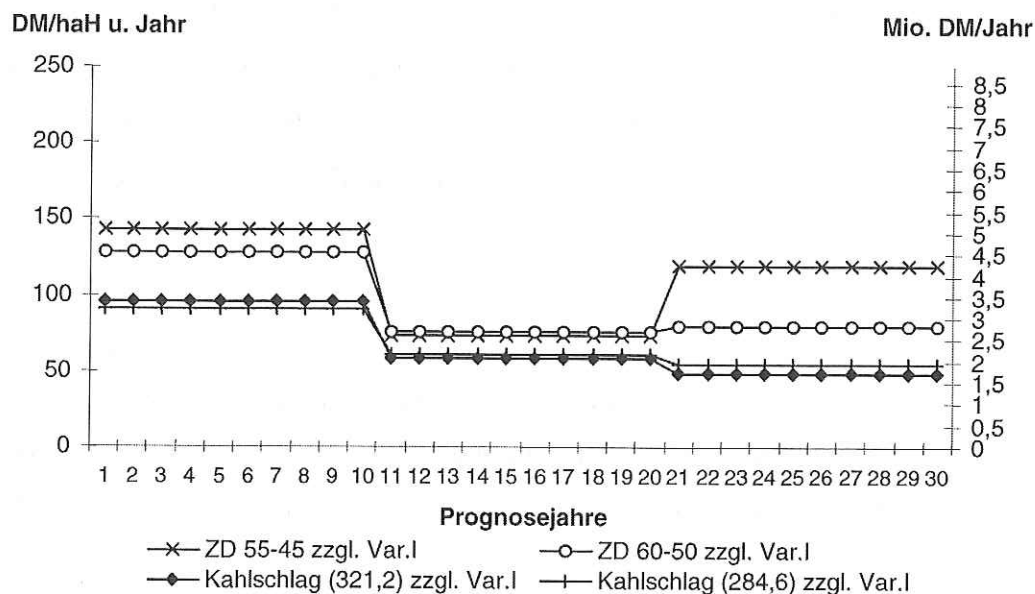
**Tab. 11: Jährlicher Deckungsbeitrag I der Altersstufen 1-9 in DM/haH und Jahr bzw. DM/Jahr**

	<b>Variante I</b> (DM / haH u. Jahr)	<b>Variante I</b> (DM / Jahr)	<b>Variante II</b> (DM / haH u. Jahr)	<b>Variante II</b> (DM / Jahr)
<b>befahrbare Lagen</b>	3,52	125.154	5,91	210.261
<b>Hanglagen</b>	-0,73	-25.894	0,26	9.231
<b>Summe:</b>	<b>2,79</b>	<b>99.260</b>	<b>6,17</b>	<b>219.492</b>

Deutlich wird, dass durch eine mechanisierte Holzernte in befahrbaren Lagen sowie durch das Nicht-Aufarbeiten von Holz in Hanglagen, wo kein Deckungsbeitrag erzielt werden kann, der jährliche Deckungsbeitrag in diesen Beständen mehr als verdoppelt werden kann.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Aufgrund der Programmierung der waldbaulichen Behandlungsstrategien für die Durchforstungsbestände bis zum Alter 90 können für diese sinnvollerweise nur Durchschnittswerte über den gesamten Prognosezeitraum angegeben werden.

In der untenstehenden Abb. 5 ist die Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags II für die gesamte Betriebsklasse bei unterschiedlichen Endnutzungsstrategien und motormanueller Durchforstung der Bestände bis zum Alter 90 dargestellt:

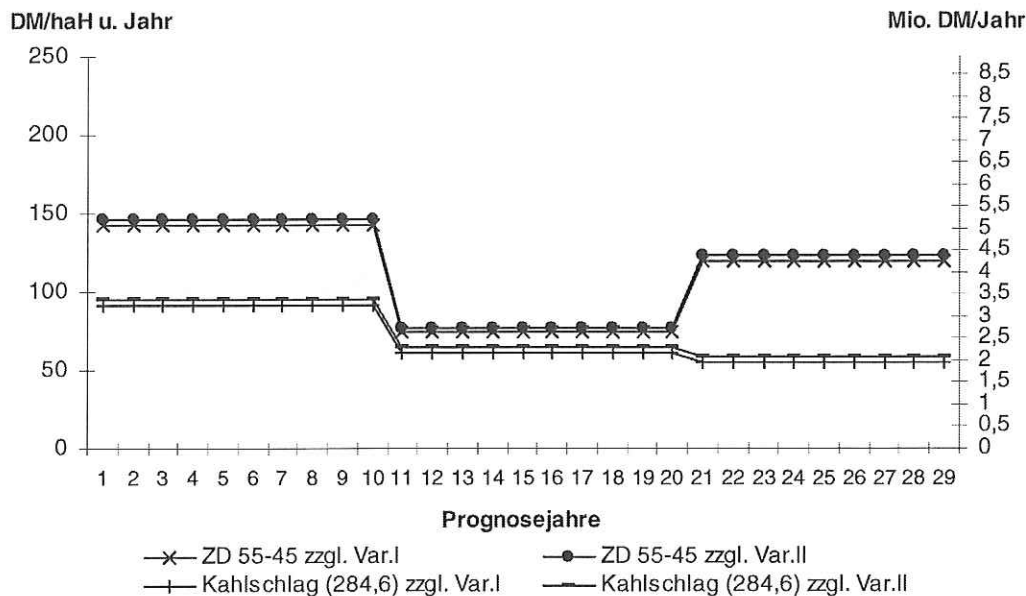


**Abb. 5: Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags II für die gesamte Betriebsklasse bei traditioneller Durchforstung (Var. I) der Altersstufen 1-9 in DM/haH und Jahr bzw. Mio. DM / J.**

Durch die Zusammenführung der Ergebnisse sämtlicher Altersstufen wird deutlich, wie sehr das finanzielle Ergebnis der Betriebsklasse von der Wahl der Endnutzungsstrategie abhängt. Dabei ist zu beachten, dass je nach Behandlung der Altbestände die Bestände der Altersstufen 1-9 insgesamt nur einen Beitrag von 2 Prozent bis 6 Prozent zum Deckungsbeitrag II der gesamten Betriebsklasse zu leisten vermögen, wobei der relative Beitrag im dritten Jahrzehnt bei der Variante mit höherer jährlicher Endnutzungsfläche am höchsten und im ersten Jahrzehnt der Variante mit den niedrigeren Zieldurchmessern am geringsten ist.

Die untenstehende Abb. 6 zeigt die Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags II der gesamten Betriebsklasse für die Kahlschlagvariante 284,6 und die Zieldurchmesservariante 55-45 in Kombination mit den beiden Aufarbeitungsvarianten für Bestände bis zu einem Alter von 90 Jahren. Auch hier wird deutlich, dass die Wahl des Aufarbeitsverfahrens in den Durchforstungsbeständen auf den Gesamtdeckungsbeitrag II nur einen vergleichsweise geringen Einfluss hat.





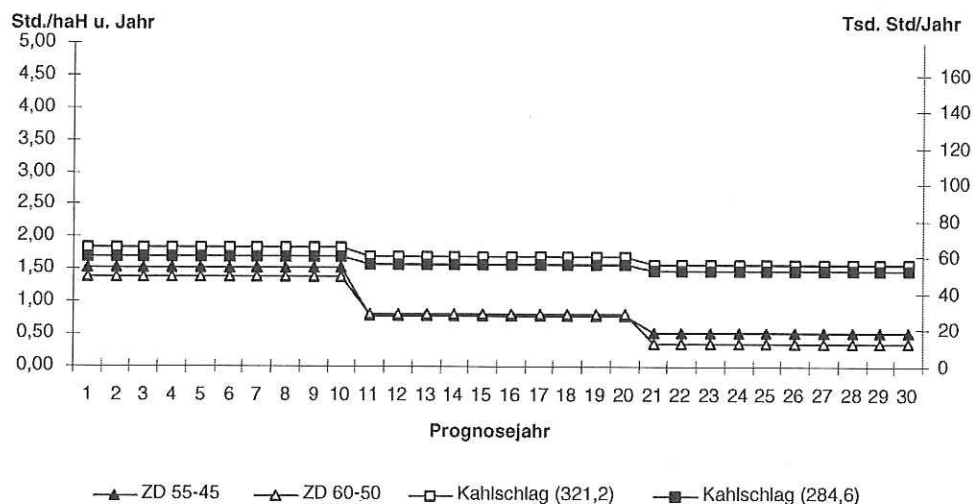
**Abb. 6: Entwicklung des jährlichen Deckungsbeitrags II für die gesamte Betriebsklasse in DM/haH bzw. Mio. DM/Jahr: Kahlschlag (284,6) und ZD 55-45 in den Altersstufen 10-18 kombiniert mit den Varianten I und II in den Altersstufen 1-9**

Selbst die Kombination der Variante II - Harvestereinsatz und Nicht-Aufarbeitung defizitärer Sortimente - mit der Kahlschlagvariante erreicht nicht den niedrigen jährlichen Deckungsbeitrag einer Zielstärken-orientierten Nutzung der Altbestände mit motormanueller Durchforstung (Variante I) der jüngeren Bestände im zweiten Jahrzehnt. Immerhin ließe sich der Anteil der Altersstufen 1-9 am Deckungsbeitrag II für die gesamte Betriebsklasse mit Hilfe der Variante II durchweg mehr als verdoppeln und je nach gewählter Endnutzungsstrategie bis auf 11 Prozent steigern.

## 5.2 Auswirkungen auf das Arbeitsvolumen

Die Berechnungen zur Entwicklung des künftigen Arbeitsvolumens berücksichtigen analog zum Vorgehen bei der Deckungsbeitragsberechnung nur Veränderungen in denjenigen forstbetrieblichen Bereichen, die direkt von einer Umstellung waldbaulicher bzw. nutzungstechnischer Vorgaben betroffen sind. Es handelt sich dabei um die Bereiche Holzernte, Kulturen und Bestandespflege. Die anderen Bereiche forstbetrieblicher Tätigkeit, wie beispielsweise Wegebau, Jagd und Erholung, werden unabhängig von der Nutzungsstrategie als konstant betrachtet. Sie würden im Falle einer Berücksichtigung in allen Varianten Effekte in gleichem Ausmaß zeigen.

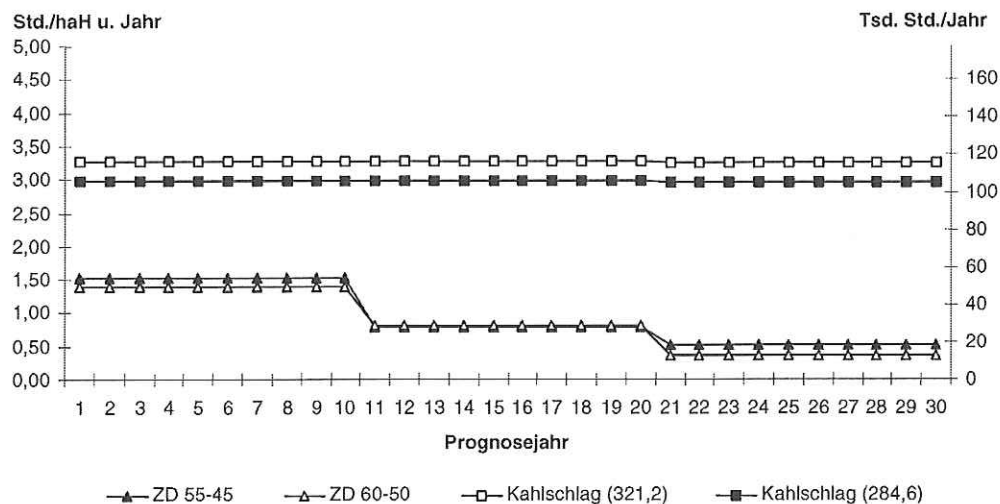
Die untenstehende Abb. 7 zeigt die Entwicklung des jährlichen Arbeitsvolumens für den Bereich Holzernte in den Altersstufen 10-18 für den gesamten Prognosezeitraum.



**Abb. 7: Entwicklung des jährlichen Arbeitsvolumens (Holzernte) in Std./haH bzw. Tsd. Std./Jahr für die Altersstufen 10-18**

Im ersten Jahrzehnt zeigt das errechnete Arbeitsvolumen der vier Endnutzungsvarianten noch keine großen Abweichungen: Die Kahlschlagvariante 321,2 erreicht mit 1,82 Stunden je Hektar Holzboden und Jahr den Höchstwert, während die Zieldurchmesservariante 60-50 sich durch den niedrigsten Wert von 1,40 Stunden je Hektar Holzbodenfläche und Jahr auszeichnet. Mit dem zeitlichen Fortschritt der Prognose vergrößert sich die Differenz zwischen den Kahlschlags- und Zieldurchmesservarianten. Das Arbeitsvolumen der Kahlschlagsvarianten sinkt bis zum dritten Jahrzehnt um 13 Prozent auf die Werte 1,58 (Kahlschlag 321,2) bzw. 1,48 (Kahlschlag 284,6) Stunden je Hektar Holzbodenfläche und Jahr. Deutlich ist der Rückgang in den beiden Zieldurchmesservarianten: Nach Durchführung der arbeitsintensiven Altdurchforstungen im ersten Jahrzehnt fällt das Arbeitsvolumen um 74 Prozent (ZD 60-50) bzw. 65 Prozent (ZD 55-45) auf die geringen Werte von 0,37 (ZD 60-50) bzw. 0,53 (ZD 55-45) Stunden je Hektar Holzboden und Jahr im dritten Jahrzehnt.

Werden bei der Betrachtung der Arbeitsvolumenentwicklung für die Altersstufen 10-18 über den Prognosezeitraum neben dem Bereich Holzernte außerdem die Bereiche Kulturen und Bestandespflege mit einbezogen, wird die Differenz zwischen den Kahlschlagsvarianten und den Zieldurchmesservarianten nochmals deutlich vergrößert.



**Abb. 8: Entwicklung des jährlichen Arbeitsvolumens (Holzernte, Kulturen, Bestandespflege) in Std./haH bzw. Tsd. Std./Jahr für die Altersstufen 10-18**

Wie bereits erwähnt, wurde unterstellt, dass bei den Zieldurchmesservarianten aufgrund der waldbaulichen Vorgaben keine Maßnahmen und damit keine Arbeitszeiten in den Bereichen Bestandesbegründung und -pflege anfallen.

Anders stellt sich die Situation in den Kahlschlagsvarianten dar: Durch die Berücksichtigung der Bereiche Kulturen und Bestandespflege kommt es zu einem deutlichen Anstieg des zu erwartenden Arbeitsvolumens, wobei der Bestandespflege in den neu entstehenden Beständen offensichtlich eine ausgleichende Funktion zukommt. Während das Arbeitsvolumen für die Bestandesbegründung konstant und das in der Holzernte über die Zeit leicht rückläufig ist, steigt das Arbeitsvolumen im Bereich der Bestandespflege im Prognoseverlauf durch den stetigen Flächenzuwachs (kontinuierliche Endnutzungen) an. Je Hektar Holzbodenfläche und Jahr bewegt sich das Gesamtarbeitsvolumen im Prognosezeitraum zwischen 3,24 und 3,28 Stunden für die Variante Kahlschlag 321,2 und 2,95 und 2,98 Stunden für die Variante Kahlschlag 284,6. Insgesamt wird das Arbeitsvolumen durch die Bereiche Kulturen und Bestandespflege um 79 Prozent im ersten auf 105 Prozent im dritten Jahrzehnt für die Variante 321,2 bzw. um 74 Prozent im ersten auf 99 Prozent im dritten Jahrzehnt für die Variante Kahlschlag 284,6 gesteigert.

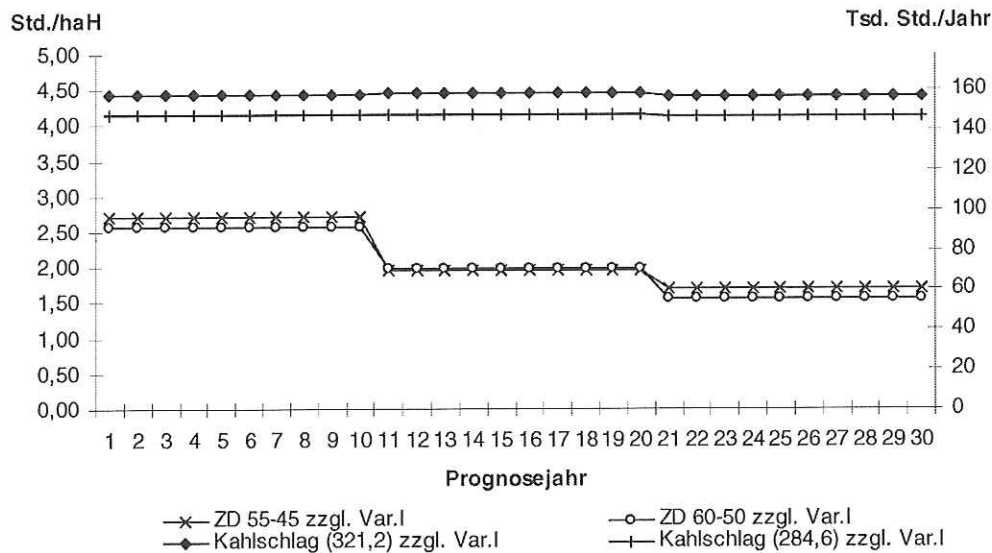
Je nach Variantenvergleich liegt das Arbeitsvolumen für die Kahlschlagsvarianten gegenüber den Zieldurchmesservarianten im dritten Jahrzehnt um das 5,6-fache bis 8,7-fache höher.

**Tab. 12: Jährliches Arbeitsvolumen in Stunden/haH und Jahr bzw. Stunden/Jahr in den Altersstufen 1-9**

	<b>Variante I</b> Std./haH u. Jahr	<b>Variante I</b> Std./Jahr	<b>Variante II</b> Std./haH u. Jahr	<b>Variante II</b> Std./Jahr
<b>Befahrbare Lagen</b>	0,61	21.742	0,05	1.910
<b>Hanglagen</b>	0,57	20.157	0,43	15.116
<b>Summe</b>	1,18	41.899	0,48	17.026

In der obenstehenden Tab. 12 ist das jährliche Arbeitsvolumen in den Altersstufen 1-9 für die Varianten I und II angegeben. Es zeigt sich, dass durch den Unternehmereinsatz mit Vollerntern in befahrbaren Lagen sowie durch das Nicht-Aufarbeiten in Hangbeständen, in denen der Deckungsbeitrag I der Durchforstung negativ ist, das Arbeitsvolumen um 59 Prozent im Vergleich zur motormanuellen Aufarbeitung (Eigene Waldarbeiter) zurückgeht. Bei der Variante II werden in den befahrbaren Lagen lediglich Bestandespflegearbeiten (Jungbestandespflege und Astung) von eigenen Waldarbeitern durchgeführt. In den Hanglagen erfolgen zwar weiterhin die anfallenden Bestandespflege- und Durchforstungsmaßnahmen in Regie, doch wird das Arbeitsvolumen durch einfaches Umsägen und Liegenlassen in einem Teil der Bestände um rund ein Viertel reduziert.

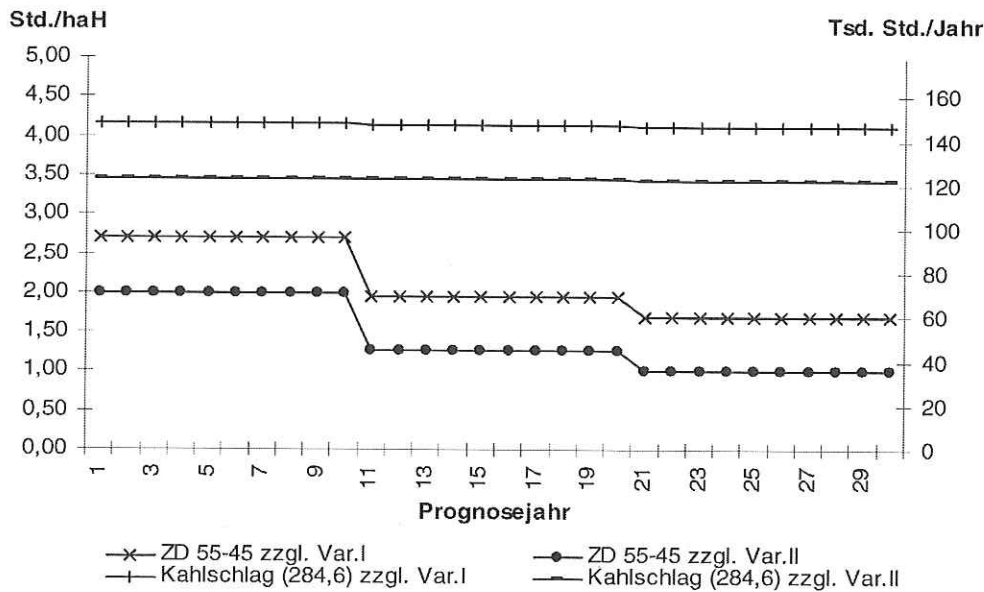
In der untenstehenden Abb. 9 ist die Entwicklung des jährlichen Arbeitsvolumens der gesamten Betriebsklasse für die unterschiedlichen Endnutzungsstrategien in Verbindung mit motormanuellen Durchforstung (Variante I) der Altersstufen 1-9 dargestellt.



**Abb. 9: Entwicklung des jährlichen Arbeitsvolumens für die gesamte Betriebsklasse bei traditioneller Durchforstung (Var. I) der Altersstufen 1-9 in Std./haH bzw. Tsd. Std./Jahr**

Bei einer jährlichen Endnutzungsfläche von 321,2 Hektar und den damit verbundenen Arbeiten in den Bereichen Kulturen und Jungbestandspflege sowie einer vollständigen motormanuellen Aufarbeitung in den Durchforstungsbeständen steigt das Arbeitsvolumen auf den Höchstwert von 4,46 Stunden je Hektar Holzboden und Jahr im zweiten Jahrzehnt. Bei gleicher Aufarbeitungsintensität in den Beständen bis zum Alter 90 und der Zieldurchmesservariante 60-50 in den Altbeständen sinkt das Arbeitsvolumen im dritten Jahrzehnt mit 1,55 Stunden je Hektar Holzboden und Jahr auf seinen niedrigsten Stand.

Bei vollmechanisierter Aufarbeitung in den Durchforstungsbeständen und ökonomisch bedingter Rationalisierung in den Hanglagen wird das jährliche Arbeitsvolumen für die gesamte Betriebsklasse deutlich abgesenkt.



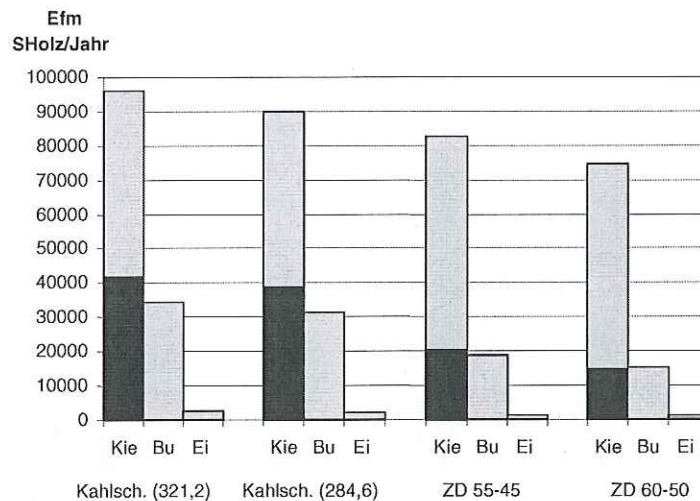
**Abb. 10: Entwicklung des jährlichen Arbeitsvolumens für die gesamte Betriebsklasse in Std./haH bzw. Tsd. Std./Jahr: Kahlschlag (284,6) und ZD 55-45 in den Altersstufen 10-18 kombiniert mit den Varianten I und II in den Altersstufen 1-9**

Bei einer Kombination von zielstärkenorientierter Nutzung mit Zieldurchmessern von 55-45 cm o.R. für die Kiefer in den Altbeständen und rationalisierter Behandlung der Durchforstungsbestände sinkt das jährliche Arbeitsvolumen je Hektar Holzboden von rund zwei Stunden im ersten Jahrzehnt auf etwa eine Stunde im dritten Jahrzehnt und liegt damit um 26 Prozent bzw. 40 Prozent niedriger als bei einer motormanuellen Durchforstung (Variante I) der jüngeren Bestände. Bei einer Behandlung der jüngeren Bestände nach Variante II und einer Endnutzung im Kahlschlag mit anschließender Pflanzung von 284,6 Hektar liegt das jährliche Arbeitsvolumen über den gesamten Prognosezeitraum knapp unterhalb von 3,5 Stunden je Hektar Holzboden, d.h. auf einem 16 Prozent niedrigeren Wert als bei einer Durchforstung der Altersstufen 1-9 nach Variante I.

### 5.3 Auswirkungen auf das Holzaufkommen

#### *Holzaufkommen im ersten Prognosejahrzehnt in den Altersstufen 10-18*

Die untenstehende Abb. 11 zeigt das jährliche *Stammholzaufkommen* der Holzarten Kiefer, Buche und Eiche im ersten Jahrzehnt der Prognose in den Beständen der Altersstufen 10-18.



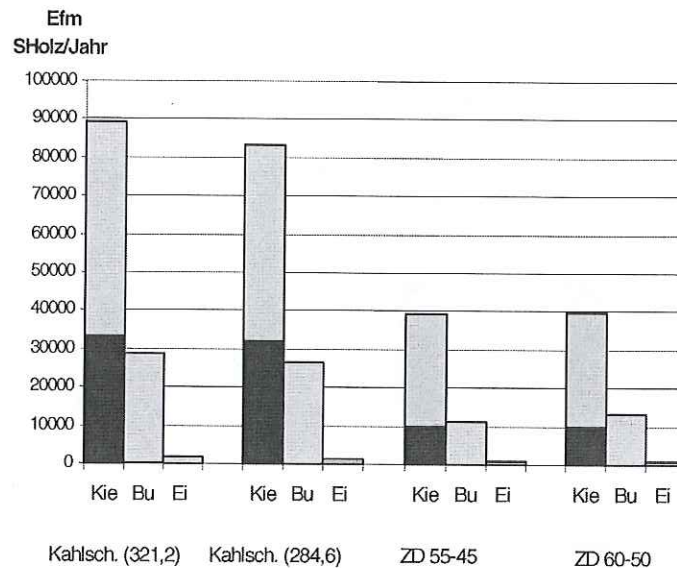
**Abb. 11: Jährliches Stammholzaufkommen von Kiefer, Buche und Eiche für die Altersstufe 10-18 im 1. Jahrzehnt (Leitsortiment L3 bei Kiefer dunkel hervorgehoben)**

Das Kiefern-Stammholzaufkommen in den beiden Zieldurchmesservarianten liegt gegenüber der Kahlschlagvariante 321,2 um 14 Prozent (ZD 55-45) bzw. 22 Prozent (ZD 60-50) niedriger. Obwohl die Endnutzungsfläche der Kahlschlagvariante 284,6 für das ganze Jahrzehnt 12 Prozent (366 Hektar) geringer ist, wird das Stammholzaufkommen der Kiefer um lediglich 9 Prozent vermindert. Bei den Holzarten Buche und Eiche zeigt sich bei den Varianten mit Einzelbaum-orientierten Eingriffen ein deutlich anderes Bild. Gegenüber der Kahlschlagvariante 321,2 wird das Stammholzaufkommen der Buche um 46 Prozent (ZD 55-45) bzw. 57 Prozent (ZD 60-50) und das der Eiche bei beiden Varianten um 48 Prozent vermindert. Der Anfall von Buchen- und Eichen-Stammholz bei einem jährlichen Kahlschlag auf 284,6 Hektar (Kahlschlag 284,6) verringert sich demgegenüber recht moderat um 9 Prozent bei der Buche und 17 Prozent bei der Eiche.

Das *Industrieholzaufkommen* im ersten Jahrzehnt in den Altersstufen 10-18 schwankt bei der Kiefer für alle Varianten um ca. 5.000 Efm o.R. je Jahr, wobei die Variante 55-45 mit einer Differenz von rund 200 Efm o.R. je Jahr über der Kahlschlagvariante 284,6 liegt. Ein Variantenvergleich des Industrieholzaufkommens bei der Buche und der Eiche ergibt ein ähnliches Bild wie der Vergleich des Stammholzaufkommens. Vor allem bei den Zieldurchmesservarianten reduziert sich der Anfall an Buchen- und Eichen-Industrieholz um 48 Prozent bis 58 Prozent.

#### *Holzaufkommen im zweiten Prognosejahrzehnt in den Altersstufen 10-18*

Im zweiten Jahrzehnt des Prognosezeitraums geht das jährliche *Stammholzaufkommen* der Altersstufen 10-18 in allen Varianten für sämtliche Holzarten zurück.



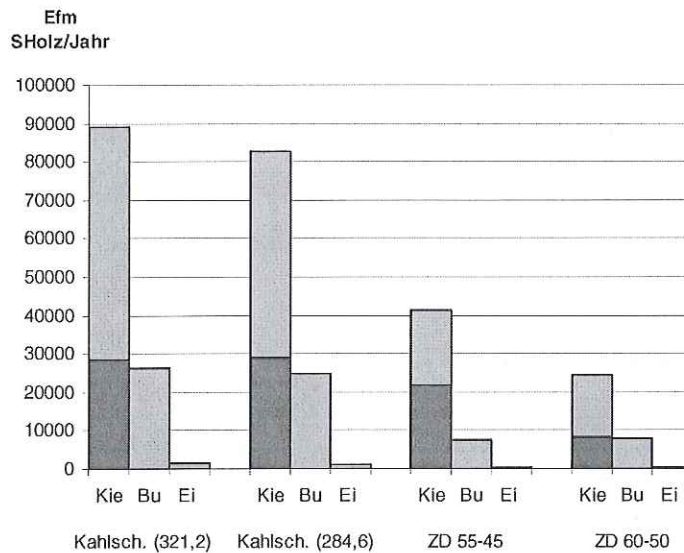
**Abb. 12: Jährliches Stammholzaufkommen von Kiefer, Buche und Eiche für die Altersstufe 10-18 im 2. Jahrzehnt (Leitsortiment L3 bei Kiefer dunkel hervorgehoben)**

Auffällig ist vor allem der Rückgang des Kiefern-Stammholzaufkommens auf rund 40.000 Efm o.R. in den beiden Zieldurchmesservarianten. Gegenüber dem ersten Jahrzehnt sinkt damit der Anfall von Kiefernstammholz um 47 Prozent (ZD 60-50) bzw. 53 Prozent (ZD 55-45). Der Rückgang von Buchen und Eichenstammholz in diesen beiden Varianten variiert zwar in einem breiten Rahmen, fällt jedoch zum Teil deutlich geringer aus als beim Kiefernstammholz. Im Vergleich zum Stammholzaufkommen der Kahlschlagvariante 321,2 im zweiten Jahrzehnt vermindert sich das Holzaufkommen der Zieldurchmesservarianten bei allen Holzarten zwischen 47 Prozent (Eiche bei ZD 55-45) und 61 Prozent (Buche bei ZD 55-45) und im Durchschnitt rund 55 Prozent. Der Anfall von Kiefernstammholz sinkt in den beiden Kahlschlagsvarianten gegenüber dem ersten Jahrzehnt um 7 Prozent. Das Aufkommen an Buchen- und Eichenstammholz geht in beiden Varianten deutlich stärker zurück: Beim Buchenstammholz um ca. 16 Prozent und beim Eichenstammholz um etwa 30 Prozent. Wie zu erwarten war, entwickelt sich das *Industrieholzaufkommen* für alle Holzarten und Endnutzungsstrategien im Vergleich zum ersten Jahrzehnt ähnlich wie das des Stammholzaufkommens.

#### *Holzaufkommen im dritten Prognosejahrzehnt in den Altersstufen 10-18*

Bei der Betrachtung des *Stammholzaufkommens* im dritten Jahrzehnt fällt vor allem die uneinheitliche Entwicklung sowohl zwischen den Baumarten wie auch der Endnutzungsvarianten im Vergleich zum ersten und zweiten Jahrzehnt auf.





**Abb. 13: Jährliches Stammholzaufkommen von Kiefer, Buche und Eiche für die Altersstufe 10-18 im 3. Jahrzehnt (Leitsortiment L3 bei Kiefer dunkel hervorgehoben)**

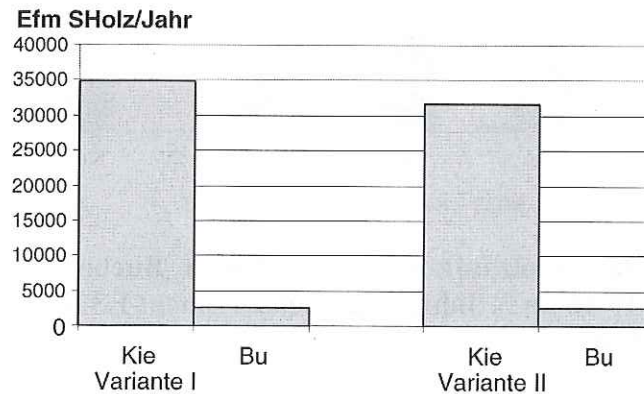
Während sich das Kiefern-Stammholzaufkommen in den beiden Kahlschlagsvarianten auf dem Niveau des zweiten Jahrzehnts bewegt, steigt es in der Zieldurchmesservariante 55-45 aufgrund des Einwachsens der Bestände in die gewünschten Dimensionen etwas an, sinkt hingegen in der Variante 60-50 nochmals deutlich ab. Gänzlich anders ist auch die Entwicklung beim Buchen- und Eichenstammholz. In den beiden Kahlschlagsvarianten ist gegenüber dem zweiten Jahrzehnt ein Rückgang des Buchenstammholzes um ca. 8 Prozent zu verzeichnen, während das Eichenstammholz um rund 17 Prozent zurückgeht. Das Buchen- und Eichenstammholzaufkommen sinkt bei den Zieldurchmesservarianten im Vergleich zum zweiten Jahrzehnt mit 32 Prozent bis 45 Prozent deutlich stärker.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass das Stammholzaufkommen der Zieldurchmesservarianten im dritten Jahrzehnt deutlich unter dem der Kahlschlagsvarianten liegt, allerdings steigen in beiden Zieldurchmesservarianten die Anteile höherer Stärkeklassen für alle Holzarten deutlich an.

Die Entwicklung des Industrieholzaufkommens in den Endnutzungsvarianten verläuft im Vergleich zum zweiten Jahrzehnt ähnlich wie beim Stammholz. Besonders auffällig ist hier das extreme Absinken des Kiefern-Industrieholzanfalls in den Zieldurchmesservarianten gegenüber der Kahlschlagvariante 321,2. Dieses sinkt bei der Variante ZD 55-45 um 72 Prozent und bei der Variante mit höherem Zieldurchmesser sogar um 80 Prozent. Das Buchen-Industrieholz in den Zieldurchmesservarianten fällt auf rund 30 Prozent und das Eichen-Industrieholz auf ca. 38 Prozent der Werte der Variante Kahlschlag 321,2 zurück.

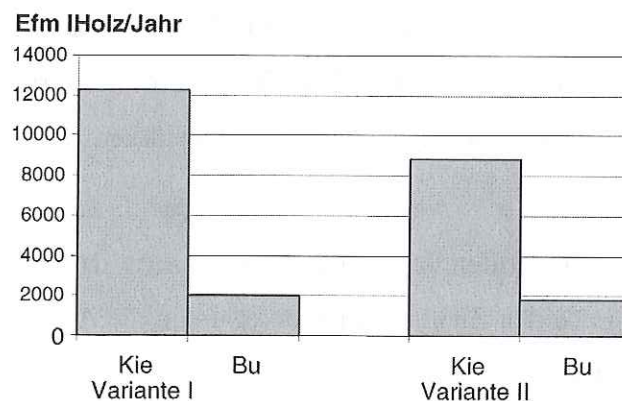
### Jährliches Holzaufkommen in den Altersstufen 1-9

In untenstehenden Abb. 14 ist das jährliche Stammholzaufkommen der Holzarten Kiefer und Buche für die Altersstufen 1-9 getrennt nach den Durchforstungsvarianten während des gesamten Prognosezeitraums dargestellt. Während sich das Buchen-Stammholzaufkommen praktisch nicht verändert, geht das Stammholzaufkommen der Kiefer bei Variante II im Vergleich zur Variante I um 10 Prozent zurück.



**Abb. 14: Jährliches Stammholzaufkommen von Kiefer und Buche für die Altersstufe 1-9**

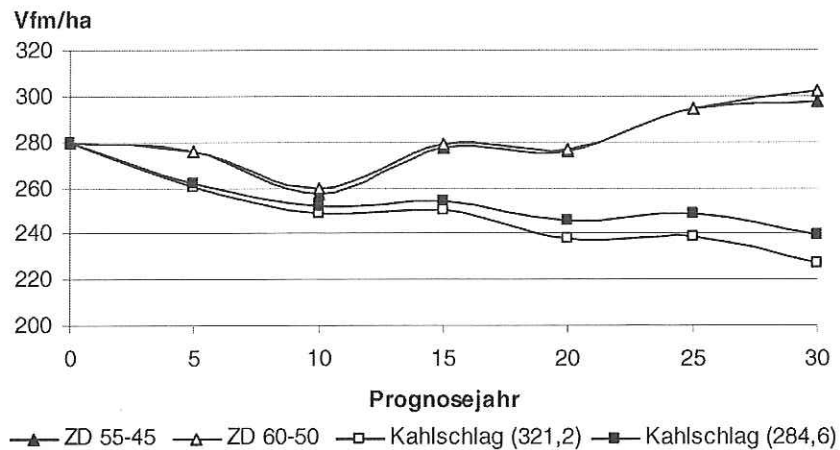
Ein deutlich stärkeres Absinken des Holzaufkommens kann beim Vergleich der beiden Durchforstungsstrategien für das Industrieholz festgestellt werden. Bei der Variante II liegt das Industrieholzaufkommen der Kiefer um 28 Prozent und das der Buche um 11 Prozent niedriger als bei Variante I.



**Abb. 15: Jährliches Industrieholzaufkommen von Kiefer und Buche für die Altersstufe 1-9**

### 5.4 Auswirkungen auf die Vermögenssphäre

Die untenstehende Abb. 16 zeigt die Entwicklung des verbleibenden Vorrats für die Betriebsklasse über den 30-jährigen Prognosezeitraum bei unterschiedlichen Endnutzungsstrategien:



**Abb. 16: Vorratsentwicklung der Betriebsklasse (Vfm/ha) über den gesamten Prognosezeitraum**

Zu Beginn der Prognose liegt der Vorrat je Hektar bei 280 Vfm. Bereits nach der ersten Fünfjahres-Periode zeigen sich die Effekte der flächigen Endnutzungen in den Kahlschlagsvarianten und lassen den durchschnittlichen Hektarvorrat deutlich unter den der Zieldurchmesservarianten absinken. Nach zehn Jahren kommt es allerdings auch bei den Varianten mit Zielstärkennutzung aufgrund der relativ starken Altdurchforstungseingriffe zu einem Vorratsrückgang auf ca. 260 Vfm je Hektar. Während sich in den folgenden Perioden die beiden Zieldurchmesservarianten fast gleich entwickeln und durch eine kontinuierliche Vorratsanreicherung - mit Ausnahme einer geringen Depression nach 20 Jahren - auszeichnen, sinkt der Vorrat bei den Kahlschlagsvarianten ebenso kontinuierlich. Dabei entfernen sich die Hektarvorräte der beiden Varianten mit zunehmender Prognosedauer immer weiter voneinander.

Während die Kahlschlagvariante 321,2 nach 30 Jahren über 50 Vfm je Hektar eingebüßt hat, liegt die Kahlschlagvariante 284,6 'nur' 40 Vfm je Hektar unter dem Wert zu Beginn der Prognose. Die Zieldurchmesservarianten erreichen am Ende des Prognosezeitraums einen Wert von ca. 300 Vfm je Hektar, wobei die Variante 60-50 der Variante 55-45 um rund 5 Vfm je Hektar überlegen ist.

## 6 Grenzen des Simulationsmodells

Bei der dargestellten Modellanalyse zur Kiefernbetriebsklasse des Pfälzerwaldes mussten - wie für derartige Untersuchungen üblich - mangels vollständiger Informationen zahlreiche Annahmen getroffen werden, bezüglich

- der naturalen Erfassung des Ausgangszustandes der Kiefernbetriebsklasse,
- der ökonomischen Eingangsgrößen,

- der zeitlichen Begrenzung der Prognose,
- der Operationalisierung der untersuchten Bewirtschaftungsstrategien sowie
- der im Output erfassten gesamtbetrieblichen Auswirkungen.

Die Ergebnisse der Modellanalyse sind darüber hinaus vom eingesetzten Prognoseinstrument, dem Wachstumsmodell SILVA 2.2, bzw. von den diesem Instrument implementierten Modellen beeinflusst. Nachfolgend sollen diese Annahmen eingehender problematisiert und ihr Einfluss auf die Modellanalyse kritisch geprüft werden.

### **6.1 Problematik der Erfassung des Ausgangszustandes der Betriebsklasse**

Bereits bei der Erfassung des Ausgangszustandes treten nur schwer überwindbare Schwierigkeiten auf. So werden die in der Forsteinrichtung erhobenen Bestandesdaten bis zu 80 Prozent mit Hilfe von Schätzverfahren erhoben. Dadurch ergeben sich Unsicherheiten darüber, inwieweit Diskrepanzen zwischen dem in der Forsteinrichtung beschriebenen und dem in der Realität tatsächlich gegebenen Zustand der Kiefernbetriebsklasse bestehen. Vergrößert wird diese Ungewissheit zwangsläufig durch die Verwendung von Ertragstafeln bei fehlenden Kenngrößen der Forsteinrichtung zur Einsteuerung der Bestände im Wachstumsmodell. Eine Quantifizierung der Auswirkungen dieses pragmatischen Vorgehens ist nicht möglich, da kaum Versuchsflächendaten verfügbar waren und ohnehin nur ein kleiner Teil der zu simulierenden Modellbestände hätte abgedeckt werden können. Es kann demnach nur vermutet werden, dass die Mehrzahl der Bestände bis zur Umstellung der Behandlungsstrategie ähnlich der den Ertragstafeln zugrundeliegenden Behandlungskonzeptionen durchforstet worden sind. Darauf weisen zumindest die heute noch anzutreffenden Bestandesstrukturen und Durchmesserverteilungen hin (vgl. DONG und ROEDER 1995).

Eine weitere Abweichung zwischen Modellbeschreibung und realem Zustand der Betriebsklasse bei Zugrundelegung der Forsteinrichtungsergebnisse ergibt sich aus den unterschiedlichen Einrichtungsstichtagen der Forstämter des Projektgebietes. Dadurch kommt es z.B. zu Abweichungen bezüglich der Altersstruktur der abgebildeten Betriebsklasse. Eine einfache Altersfortschreibung aller Bestände auf einen zeitnahen Forsteinrichtungsstichtag hätte - zwischenzeitlich erfolgte Endnutzungen und Verjüngungen vernachlässigend - den Anteil der Altbestände überschätzt, den Anteil der ersten Altersstufe dagegen unterschätzt. Dies hätte unweigerlich zu einer Erhöhung der Deckungsbeiträge, des verbleibenden Vorrats und des Rohholzaufkommens geführt. Zur Verminderung dieser Problematik wurde ein

flächengewichteter Forsteinrichtungstichtag ermittelt, der den Beginn der Simulation auf das Jahr 1993 zurücksetzt.

## **6.2 Problematik statischer ökonomischer Grundlagendaten**

Ob überhaupt und wenn, in welchem Ausmaß ein verändertes Waldnutzungskonzept zu Veränderungen in der Finanz- und Vermögenssphäre führt, hängt ganz wesentlich von den in der Untersuchung unterstellten ökonomischen Annahmen ab. Die in den Vorabschnitten vorgestellten Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen besitzen nur bei zukünftig gleich bleibenden Preis-Kosten-Relationen Gültigkeit. Die ökonomische Überlegenheit der Zielstärken-orientierten Endnutzungsvarianten ist zum einen das Resultat der Höherbewertung stärkerer Stammholzdimensionen. Zum anderen sind sie das unmittelbare Resultat geringerer unterstellter Arbeitskosten in den Kostenstellen Kulturen, Jungbestandspflege und Holzernte im Vergleich zu den Kahlschlagsvarianten. Möglicherweise würden Sensitivitätsanalysen zeigen, dass Modifikationen der unterstellten Rahmenbedingungen - beispielsweise eine Verschiebung der Preis-Stärkeklassen-Relation zugunsten schwächerer Dimensionen sowie abnehmende Arbeitskosten durch einen Rationalisierungsfortschritt - zu möglicherweise anderen, eventuell sogar gegensätzlichen Aussagen führen könnten. Fraglich bliebe allerdings, ob derartige Sensitivitätsanalysen die Aussagekraft der vorgestellten Ergebnisse verbessern würden. Konnten die Entwicklungen der Holzpreise, der Produktionskosten und der Produktivitäten in der Vergangenheit bereits kaum prognostiziert werden, wird dies künftig aufgrund der zunehmend schnelleren Veränderung der ökonomischen Umwelt und der sich weiter verstärkenden Abhängigkeit der Forstwirtschaft von dieser noch weniger möglich sein.

## **6.3 Problematik der zeitlichen Fixierung und des Flächenbezugs der Prognose**

Wie in Abschnitt 4.7 dargestellt wurde, stellt die Entscheidung, den Prognosezeitraum auf dreißig Jahre zu beschränken, das Ergebnis eines Abwägungsprozesses dar. Vor allem die Unmöglichkeit der exakten Abbildung zukünftiger Realitäten zwingt dazu, den Prognosezeitraum zu begrenzen. Aus Gründen der Seriosität verbietet sich eine Simulation über eine große Zeitspanne, wie z.B. einer Umtriebszeit, was technisch problemlos möglich wäre.

Wie sich bei der Simulation zeigte, sind in einigen Modellbeständen die angestrebten Zielstärken zwar erreicht worden, doch wurde während des Prognosezeitraums von keinem Bestand die Phase der Zieldurchmesserernte mit anschließender Räumung vollständig durchlaufen. Dies hat dazu geführt, dass das Arbeitsvolumen bei einer Umstellung auf eine

naturnahe Bewirtschaftung kontinuierlich sinkt, weil aufgrund der waldbaulichen Vorgaben keine Jungbestandspflegemaßnahmen in den erwarteten Naturverjüngungen anfallen. Erst nach dem gewählten Prognosezeitraum wird es also zu Pflegemaßnahmen kommen, die unweigerlich zu Effekten in allen betrieblichen Bereichen führen werden. Diese können aufgrund der zeitlichen Beschränkung der Prognose jedoch nicht annähernd quantifiziert werden.

Zu den Problemen der zeitlichen Beschränkung der Prognose treten Schwierigkeiten, die sich aus der Betrachtungsebene selbst ergeben. Durch die Beschränkung der Untersuchung auf die Kiefernbetriebsklasse können nur zum Teil Aussagen zu gesamtbetrieblichen Auswirkungen veränderter Nutzungsstrategien auf der Unternehmensebene des Staatsforstbetriebes Rheinland-Pfalz gemacht werden. Unerwünschte Effekte im Hinblick auf das unternehmerische Zielsystem, die bei einer Bewirtschaftungsänderung der Kiefernbetriebsklasse auftreten, könnten bei einer unternehmerischen Gesamtbetrachtung, also bei Berücksichtigung sämtlicher Unternehmensteile, unter Umständen ausgeglichen werden.

#### **6.4 Problematik der Referenzfestlegung**

Eng verbunden mit der Wahl der Betrachtungsebene ist die Problematik der Referenzfestlegung. Um Aussagen über gesamtbetriebliche Auswirkungen durch veränderte Nutzungsstrategien machen zu können, ist eine Referenz notwendig. Mit welchen Unsicherheiten die Referenzfestlegung behaftet ist, hat sich auch in der vorliegenden Untersuchung gezeigt. Hier wurde als Referenz eine Kombination aus traditioneller Bewirtschaftung, d.h. Niederdurchforstung in den Altbeständen und Endnutzung im Kahlschlag mit anschließendem Anbau, und neuen Jungbestandspflege- und Durchforstungskonzeptionen in den jüngeren Beständen gewählt. Bei der Prognose der Referenz ist davon ausgegangen worden, dass die Fläche der Betriebsklasse konstant bleibt. Eine Flächenkonstanz der Betriebsklasse gibt es in der Realität jedoch nicht. Je nach waldbaulicher Zielsetzung kann sich die Betriebsklasse flächenmäßig vergrößern oder, wie dies bei der Kiefernbetriebsklasse in der Vergangenheit der Fall war, verkleinern. Dies kann zumindest aus den Flächenanteilen der jüngsten Altersstufen geschlossen werden. Ebenso wie sich zukünftig die Fläche der Kiefernbestände zugunsten von Buchenbeständen verringern wird, geschah dies unter anderen waldbaulichen Zielsetzungen bereits in den vergangenen Jahrzehnten durch die Wiederbestockung ehemaliger Kiefernflächen vor allem mit Douglasie. Ein anderer Grund für Flächenverschiebungen auf Betriebsklassenebene ist die stichtagsbezogene Zustandserfassung der Forsteinrichtung, die, je nach erfolgter Behandlung

im abgelaufenen Forsteinrichtungszeitraum, Bestände als Folge einer veränderten Baumartenzusammensetzung einer anderen Betriebsklasse zuordnet. Erschwerend kommt hinzu, dass bei einer erneuten Einrichtung sowohl Bestandesabgrenzung wie auch Bestandesbenennung wechseln können.<sup>16</sup> Daraus ergibt sich das Problem, dass selbst bei einem enormen Datenpool der Forsteinrichtung, wie im vorliegenden Fall, die jährliche Endnutzungsfläche nicht exakt ermittelt werden kann. Für die Untersuchung ergab sich daraus die Notwendigkeit, zumindest zwei Referenzkalkulationen durchzuführen. Die Kahlschlagvariante 321,2 stellt dabei eine Extremvariante dar, die das höchstmögliche Endnutzungspotential nach den Vorgaben der Waldbau-Richtlinien zugrunde legt, dabei jedoch als wenig realitätsnah bezeichnet werden muss. Dies zeigt im Übrigen auch der starke Abfall des verbleibenden Vorrats bei dieser Variante, wonach eine nachhaltige Bewirtschaftung der Kiefernbetriebsklasse nicht zu erwarten wäre. Als realitätsnäher kann hingegen die zweite Referenzkalkulation bezeichnet werden, bei der die jährliche Endnutzungsfläche von 284,6 Hektar mit Hilfe der summarischen Endnutzungsplanung bestimmt wurde. Zwar sinkt auch hier der verbleibende Vorrat während des Prognosezeitraums, allerdings in einem deutlich geringeren Ausmaß als bei der anderen Referenzkalkulation. Darüber hinaus kann bei beiden Varianten nicht bestimmt werden, welchen Einfluss die unterstellten stärkeren Durchforstungen in den jüngeren Beständen auf das Niveau des hektarbezogenen verbleibenden Vorrats haben, d.h. ob der Festmeterwert des verbleibenden Vorrats zu Beginn der Prognose nicht deutlich niedriger anzusetzen wäre, wenn bereits früher stärker in die Durchforstungsbestände eingegriffen worden wäre.

### **6.5 Kritische Betrachtung des Wachstumsmodells SILVA 2.2**

Auch wenn waldwachstumskundliche Zusammenhänge untrennbar mit waldbaulichen, forsteinrichtungstechnischen und ökonomischen Fragestellungen verknüpft sind, konnte es nicht Ziel der Untersuchung sein, waldwachstumskundliche Auswirkungen durch veränderte Bewirtschaftungskonzepte zu erfassen. Bei der Prognose der Kiefernbetriebsklasse mit Hilfe des Wachstumsmodells SILVA 2.2 war es jedoch möglich, die ertragskundlichen Veränderungen bei einer Umstellung der Bewirtschaftung insofern zu berücksichtigen, als die Simulationsergebnisse auch Resultat der waldwachstumskundlichen Veränderungen sind und nicht nur Resultat der getroffenen ökonomischen und waldbaulichen Vorgaben.

---

<sup>16</sup> Das Problem der sich ändernden Bestandesabgrenzungen und -benennungen konnte bei der Untersuchung zur durchschnittlichen Umtriebszeit der Kiefernbestände durch einen Abgleich der Betriebskarte mit dem Einrichtungswerk des jeweiligen Forsteinrichtungszeitraums behoben werden, hätte jedoch auf Betriebsklassenebene zu einem unverhältnismäßigen Aufwand geführt.

Natürlich drängt sich in diesem Zusammenhang die Frage auf, wie realitätsnah das Wachstum der Kiefer und der in den Kiefernbeständen vorkommenden Mischbaumarten überhaupt simuliert werden kann. Zu Beginn der Untersuchung lag keine Parametrisierung von SILVA 2.2 für die Baumarten Kiefer und Eiche vor. Die Parametrisierung dieser beiden Baumarten am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde erfolgte parallel zum Fortschritt der vorliegenden Untersuchung und konnte somit kritisch begleitet werden. Darüber hinaus konnte die bereits existierende Datengrundlage für eine Parametrisierung der Kiefer durch Versuchsflächendaten aus dem Pfälzerwald erweitert werden.<sup>17</sup> Dazu wurden speziell für die vorliegende Untersuchung Versuchsflächen vom Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, München, und vom Institut für Forstökonomie, Freiburg, angelegt. Zusätzlich wurden Versuchsflächendaten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz zur Parametrisierung der Kiefer herangezogen. Für eine Pfälzerwald-spezifische Regionalparametrisierung war die Datenbasis allerdings dennoch zu gering.

Während der Parametrisierungsphase erfolgte kontinuierlich eine 'qualitative Plausibilitätsprüfung' der waldwachstumskundlichen Simulationsergebnisse durch Mitarbeiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz sowie durch den Verfasser. Darüber hinaus wurden vor allem die Auswertungsroutinen einer Prüfung unterzogen, da deren Ergebnisse für weitere Berechnungen über die Bestandesebene hinaus verwendet wurden. Die Simulationsergebnisse waren, trotz aller waldwachstumskundlichen Unkenntnis, wie einzelne Bäume und Bestände auf bestimmte waldbauliche Eingriffe reagieren, zumindest plausibel.<sup>18</sup>

Mit abnehmender Ertragsklasse zeigte sich jedoch deutlich, dass die Simulation von Kiefernkulturen und -jungwüchsen nicht zu plausiblen Ergebnissen führte. Da diese Bestände aufgrund fehlender Eingangsgrößen aus den Ertragstafeln ohnehin nicht mit dem Wuchsmodell simuliert werden konnten, waren diese Implausibilitäten von minderm Interesse.

---

<sup>17</sup> Das Datenmaterial für die Parametrisierung entstammt vor allem dem langfristigen Versuchsflächennetz des Münchener Lehrstuhls für Waldwachstumskunde in Bayern, umfasst jedoch auch noch Versuchsflächen in anderen Bundesländern, wie z.B. Niedersachsen (vgl. KAHN & PRETZSCH 1998: 19).

<sup>18</sup> Zur Parametrisierung und Validierung sowie zu Prognosefehlern des Wuchsmodells siehe KAHN & PRETZSCH (1998). Die vorliegende Fallstudie betrachtet die Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungskonzepte auf der Grundlage jeweils nur eines Simulationslaufes. Dieses Vorgehen ist nicht unproblematisch, da auch bei identischen Einsteuervariablen die Ergebnisse aufgrund stochastischer Modellkomponenten nicht bei jedem Simulationslauf gleich sind. Je konkreter die waldbaulichen Vorgaben jedoch definiert werden, desto geringer sind die Unterschiede bei den Ergebnissen. Die Ergebnisdifferenzen müssen durch eine ganze Serie von Simulationsläufen für jede untersuchte Variante erfasst und durch eine anschließende statistische Auswertung aufbereitet werden. Ein solches Vorgehen hätte den Rahmen der vorliegenden Untersuchung gesprengt. Für die Fallstudie bedeutet dies, dass die aus dem Wuchsmodell abgeleiteten Ergebnisse nicht als statistisch abgesichert gelten können.



Die unterstellte Mortalitätsfunktion der Kiefer muss zumindest als problematisch angesehen werden, wenngleich zugegeben werden muss, dass es keinerlei Erfahrungen über das Mortalitätsverhalten der Kiefer in extrem hohen Altern vorliegen. Das Modell scheint bislang nicht in der Lage, die Absterbeprozesse - auch hier wiederum in den schlechteren Bonitäten - realistisch abbilden zu können. Ein Grund könnte darin zu sehen sein, dass sich die älteren Bestände der Kiefernbetriebsklasse im Extrapolationsbereich des Mortalitätsmodells befinden (DURSKY 1999, mündliche Mitteilung). Es kann lediglich festgestellt werden, dass der Ausfall von Kiefern in Abhängigkeit von Bonität und Baumartenmischung zum Teil erstaunlich hoch war. Sollte die tatsächliche Mortalität der Kiefer geringer sein als im Modell, würde dies vor allem zu einer Veränderung der Ergebnisse der beiden Zieldurchmesservarianten mit Effekten in vermutlich allen betrieblichen Bereichen führen.

Insgesamt kritisch muss der Einsatz des Wachstumsmodells für größere Betriebseinheiten unter Zuhilfenahme der Betriebsroutine gesehen werden. Die Möglichkeit der Einsteuerung zahlreicher, die Ergebnisse beeinflussender Parameter müsste dringend erweitert werden, denn bei der vorliegenden Version der Betriebsroutine können betriebsspezifische Gegebenheiten und Konzepte zum Teil nur schwer oder nicht berücksichtigt werden. Ohne spezielle Programmierungen des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde in München hätten etwa die vorgesehenen unterschiedlichen waldbaulichen Konzepte für die Kiefernbestände nicht abgebildet werden können. Darüber hinaus wäre eine externe Datei zur Berücksichtigung betriebsspezifischer ökonomischer Variablen wünschenswert. Stimmt die Kostenstruktur eines zu analysierenden Betriebes nicht mit der im Wachstumsmodell implementierten Kostenstruktur überein, können die Ergebnisse nicht ohne weiteres aus den Ergebnisdateien übernommen werden. So wichtig und faszinierend der Einsatz von Wachstumsmodellen zur Entscheidungsfindung sein kann, so stehen einem Einsatz auf Betriebsebene zusätzlich praktische Schwierigkeiten entgegen: Einerseits sind die hohen Anforderungen in Bezug auf die Verfügbarkeit notwendiger Daten zu beachten, andererseits stellt die Anwendung der Betriebsroutine und die Auswertung der Modellergebnisse eine Aufgabe dar, die ohne ausreichende und zeitaufwendige Einarbeitung in die Thematik nicht möglich ist.

## **6.6 Fehlende vermögensrelevante Größen**

Bei der vorliegenden Untersuchung sind, mit Ausnahme der im Modell implementierten Mortalität von Einzelbäumen, keine weiteren Risikofaktoren in die Ergebnisse eingeflossen. Über den Einfluss des Risikos bei einem Waldumbau von Kieferbestandestypen liegen derzeit

weder auf Bestandesebene noch auf Betriebsklassenebene Informationen vor.<sup>19</sup> Es musste damit in dieser Untersuchung unterstellt werden, dass das Risiko bei der traditionellen und der veränderten Bewirtschaftung gleich ist. Es kann daher lediglich vermutet werden, dass Risiken durch eine Verlängerung der Umtriebszeit und eine damit einhergehende Flächenreduzierung von möglicherweise überdichten jüngeren Kiefernbeständen, die besonders durch Nassschnee gefährdet sind, verringert werden können.

Unberücksichtigt musste auch bleiben, wie sich die Wertentwicklung der aus Naturverjüngung hervorgegangenen Jungwüchse unter Schirm bei den beiden Zieldurchmesservarianten vollzieht. Derzeit ist es nicht möglich, mit Hilfe des Simulationsmodells den Wuchsverlauf speziell von aus Naturverjüngung hervorgegangenen Kiefern abzubilden und ökonomisch zu bewerten. Grundsätzlich ist festzustellen, dass über Differenzierungsabläufe unter Schirm allgemein wenig bekannt ist. "Bei den Schattbaumarten mögen vielleicht noch einige Erfahrungen vorliegen. Bei den Lichtbaumarten, die in Zukunft auch zielstärkenorientiert, einzelstammweise geerntet und keinesfalls auf der Freifläche verjüngt werden sollen, endet das Wissen dann endgültig" (EDER 1997).

Die Qualitätsentwicklung des verbleibenden Vorrats konnte ebenfalls aufgrund fehlender empirischer Daten nicht berücksichtigt werden. Aufgrund der Altdurchforstungen, die der Zieldurchmesserernte vorgeschaltet waren, kann jedoch erwartet werden, dass der Vermögenswert der Kiefernbetriebsklasse pro Festmeter Vorrat bei einem Waldumbau im Verlauf des Prognosezeitraums in stärkerem Maße ansteigt, als dies durch den reinen Nachweis des Vorratsanstiegs vom Simulationsmodell abgebildet wird. Diese These beruht auf der Annahme, dass bei den Altdurchforstungen vornehmlich qualitativ nicht befriedigende Bäume entnommen werden.

## 7 Zusammenfassung

Bereits die mögliche Vieldimensionalität forstbetrieblicher Ziele, insbesondere in öffentlichen Betrieben, stellt hohe Anforderungen an die Qualität der forstlichen Planung. Veränderungen der gesellschaftlichen Ansprüche an den Wald, eine durch Stoffeinträge induzierte Standortdrift sowie die zunehmende Globalisierung des Holzmarktes und auch der forstpolitischen Zusammenhänge sind Beispiele, welche die Notwendigkeit langfristiger, in die Zukunft gerichteter und damit vorausschauender Planung in Forstbetrieben verdeutlichen.

---

<sup>19</sup> Das Risiko auf Bestandesebene (vgl. DEEGEN 1994) ist noch schwieriger zu fassen als auf der Ebene der Betriebsklasse. Einen Ansatz für eine Risikoanalyse auf Betriebsklassenebene bietet die Ableitung von Übergangswahrscheinlichkeiten aus altersstufenweise ermittelten Kalamitätsanfällen (vgl. HANEWINDEL 1996; OESTEN & KLOCEK 1991; MÖHRING 1986).

Neben der operativen Planung gewinnt damit auch in Forstbetrieben strategische Planung zunehmend an Bedeutung. Ziel strategischer Planung ist der Aufbau, die Pflege und die Sicherung zukünftiger forstbetrieblicher Erfolgspotentiale.

Die vorliegende Arbeit thematisiert die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Betriebssimulatoren als Instrument der strategischen forstbetrieblichen Planung.

Am Beispiel der Kiefernbetriebsklasse des Pfälzerwaldes wird mit Hilfe des Betriebssimulators SILVA 2.2 das strategische Entscheidungsfeld betrachtet, das sich durch den großflächig geplanten Übergang von der traditionellen Kahlschlagwirtschaft zu einer Zieldurchmesser-orientierten Bewirtschaftungsform eröffnet. Im Vordergrund der Betrachtung stehen dabei die unmittelbaren betrieblichen Steuerungsgrößen - gesellschaftliche Zusammenhänge finden im Rahmen der Fallstudie nur indirekt Berücksichtigung. Über einen dreißigjährigen Prognosezeitraum werden die infolge der Bewirtschaftungsumstellung zu erwartenden Effekte innerhalb der Finanz- und Vermögenssphäre sowie des Rohholzaufkommens näherungsweise quantifiziert. Die kritische Analyse der Betriebssimulation zeigt deutlich auf, in welchem erheblichem Umfang die bei der Modellierung zu treffenden waldwachstumskundlichen, waldbaulichen und ökonomischen Annahmen die Ergebnisse der Simulationsläufe beeinflussen. Es wird verdeutlicht, dass die auf Basis von Simulationsläufen ermittelten Prognosen keinesfalls unmittelbar in die strategische Planung als 'prognostizierte Realität' aufgenommen oder als deren Grundlage verwendet werden können.

## 8 Literatur

- BIBER, P.; DURSKY, J.; POMMERENING, A., 1998: Der Waldwachstumssimulator SILVA - Allgemeine Konzeption und Einsatzmöglichkeit zur Fortschreibung von Forstbetrieben und Regionen. Unveröffentlichter Vortrag anlässlich der Tagung 'Überführung von Altersklassenwäldern in Dauerwälder' am 03./04.12.1996 in Freiburg im Breisgau.
- DEEGEN, P., 1994: Beitrag zur Analyse und Berechnung von Risiko am Einzelbestand. In: Forstarchiv, 65. (1994) 6: 280-285.
- DONG, P. H.; ROEDER, A., 1995: Z-Baumorientierte Jungbestandspflege bei Kiefer. In: Allgemeine Forstzeitschrift, 5. (1995) 2: 64-66.
- DURSKY, J., 1997: Modellierung der Absterbeprozesse in Rein- und Mischbeständen aus Fichte und Buche. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 168. (1997) 6-7: 131-134.
- DURSKY, J., 1998: Optimierung und Fortschreibung der Naturalproduktion von Waldbeständen für einen Forstbetrieb auf der Basis von Inventurdaten. In: KENK, G. (Hrsg.) [1998] Beiträge zur Jahrestagung 1998 der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Versuchsanstalten. S. 52-67.
- EDER, W., 1997: Aufgaben der Waldwachstumsforschung aus der Sicht der forstwirtschaftlichen Praxis. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 168. (1997) 10: 177-182.
- ERLER, J., 1997: Überleben als Forstbetrieb - Überleben als Branche. In: Forst und Holz, 52. (1997) 20: 593-598.
- HANEWINKEL, M., 1996: Konzept zur Überführung einschichtiger Fichtenwälder in Dauerwälder. (Arbeitsberichte des Instituts für Forstökonomie; 23-1996) Freiburg: Institut für Forstökonomie.
- HANEWINKEL, M., 1998b: Nutzung von Betriebsmodellen und Wachstumssimulatoren für Überführungsvorhaben. In: Forst und Holz, 53. (1996) 22: 681-682.
- HUSS, J., 1997: Neue Konzepte zur Pflege von Kiefernjungbeständen. In: DEUTSCHER FORSTVEREIN e.V. (Hrsg.) [1997] Jahresbericht 1996. Niedenstein: Deutscher Forstverein. S. 150-164.
- KAHN, M., 1995a: Die Fuzzy Logik basierte Modellierung von Durchforstungseingriffen. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 166. (1995) 9/10: 169-176.
- KAHN, M., 1995b: Quasikausale Modellierung des Standort-Leistung-Bezugs als Voraussetzung zum Aufbau flexibler Mischbestandsmodelle. In: Forstwissenschaftliches Centralblatt 114. (1995) 175-184.
- KAHN, M., 1995c: Die Nachbildung von Durchforstungseingriffen in Rein- und Mischbeständen mit dem Wachstumssimulator SILVA 2.2. In: DEUTSCHER VERBAND DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALTEN - SEKTION ERTRAGSKUNDE (Hrsg.) [1995] Jahrestagung 1995. S. 151-165.
- KAHN, M., 1996: Optimierung eines hochparametrisierten Fuzzy Regelsystems mit evolutionären Algorithmen. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 167. (1996) 11: 205-212.
- KAHN, M.; PRETZSCH, H., 1997: Das Wachstumsmodell SILVA - Parametrisierung der Version 2.1 für Rein- und Mischbestände. In: Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung, 168. (1997) 6/7: 115-123.

KAHN, M.; PRETZSCH, H., 1998: Parametrisierung und Validierung des Wachstumsmodells SILVA 2.2 für Rein- und Mischbestände aus Fichte, Tanne, Kiefer, Buche, Eiche und Erle. In: KENK, G. (Hrsg.) [1998] Beiträge zur Jahrestagung 1998 der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten. S. 18-34.

KERN, K.-G., 1958: Untersuchungen über den Wachstumsgang der Kiefer im Buntsandsteingebiet des Pfälzer Waldes. - Ein Vergleich mit der WIEDEMANN'schen Ertragstafel 1948 - mäßige Durchforstung. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 129. (1958) 4/5: 69- 89.

KLOCEK, A.; OESTEN, G., 1991: Zur Bestimmung der optimalen Umtriebszeit im Zielwald. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 162. (1991) 5/6: 92-100.

KUBLIN, E.; SCHARNAGEL, G., 1988: Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT. Freiburg im Breisgau: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1974: Forsteinrichtungs-Anweisung für den Staats- und Körperschaftswald in Rheinland-Pfalz (FA 72). Bekanntgegeben im Ministerialblatt der Landesregierung von Rheinland-Pfalz, 26. (1974) 6 - 113ff, vom 15. Februar 1974.

LANDESFORSTVERWALTUNG RHEINLAND-PFALZ, 1997: Leitbild der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz. I. und II. Teil. Mainz: Selbstverlag der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz.

MAG, W., 1989: Entscheidungstechniken. In: SZYPERSKI, N. (Hrsg.) [1989] Handwörterbuch der Planung. Stuttgart: Poeschel. Spalte 390-395.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN (Hrsg.) [1980] Hilfstafeln für die Forsteinrichtung (zur FA 72), Ausgabe 1980.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN (Hrsg.), 1983: Waldbau-Richtlinien für die Wälder in Rheinland-Pfalz, 2. Teil, Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, WEINBAU UND FORSTEN (Hrsg.), 1992: Waldbau-Richtlinien für die Wälder in Rheinland-Pfalz, 2. Teil, Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz (in Teilen erneuert).

MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN (Hrsg.), 1994: Forstatlas. Mitteilungen der Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz, Nr. 12.

MÖHRING, B., 1986: Dynamische Betriebsklassensimulation. Ein Hilfsmittel für die Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Dissertation am Institut für forstliche Betriebswirtschaftslehre. Universität Göttingen.

PALMER, S., 1996: Der Waldentwicklungstyp - eine neue Betrachtungsebene für die Forsteinrichtung. In: ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG - ARBEITSKREIS ZUSTANDSERFASSUNG UND PLANUNG (Hrsg.) [1996] Bericht über die Jahrestagung am 10. und 11. Oktober 1996 in Weingarten bei Ravensburg, Baden-Württemberg.

POMMERENING, A., 1998: Fortschreibung von Stichprobendaten mit positionsabhängigen Wachstumsmodellen. In: KENK, G. (Hrsg.) [1998] Beiträge zur Jahrestagung 1998 der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten. S. 35-49.

POTT, M., 1998: Verbindung Wachstumsmodell - Geographisches Informationssystem als Beitrag für ein Betriebsinformationssystem. In: KENK, G. (Hrsg.) [1998] Beiträge zur Jahrestagung 1998 der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten. S. 68-77

PRETZSCH, H., 1992: Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. (Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Band 115.) München.

PRETZSCH, H., 1993: Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Versuche mit dem Strukturgenerator STRUGEN. (Schriften aus der Forstlichen Fakultät Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt; Band 114.) Frankfurt am Main: Sauerländer's.

PRETZSCH, H., 1995: Zum Einfluss des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. In: Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 166. (1995) 9-10: 190-201

PRETZSCH, H.; KAHN, M., 1996: Wachstumsmodelle für die Unterstützung der Wirtschaftsplanung im Forstbetrieb. In: Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald, 51. (1996) 25: 1414-1419.

PRETZSCH, H.; KAHN, M.; DURSKY, J., 1998: Stichprobendaten für die Entwicklungsprognose u. Nutzungsplanung. In: Allgemeine Forstzeitschrift / Der Wald, 53. (1998) 25: 1552-1554.

SELING, I., 1996: Zur Überführung von Altersklassenwald in Dauerwald: Versuch einer wirtschaftsempirischen Analyse im Forstamt Erdmannshausen (Arbeitsberichte aus dem Institut für Forstökonomie, Nr. 22-1996.) Freiburg: Institut für Forstökonomie.

SPEIDEL, G., 1972: Planung im Forstbetrieb: Grundlagen und Methoden der Forsteinrichtung. Hamburg, Berlin: Parey.

SPELLMANN, H., 1997: Begründung, Pflege und Entwicklung von Kiefern-Reinbeständen aus niedersächsischer Sicht. In: DEUTSCHER FORSTVEREIN e.V. (Hrsg.) [1997] Jahresbericht 1996. S. 119-131.

# **Kiefernjungbestände aus natürlicher, ungelenkter Sukzession**

## **- zwei Fallbeispiele -**

**von P. H. Dong und A. Roeder**

Abteilung Waldwachstum

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

### **1 Einleitung**

Kiefern-Reinbestände werden seit langem überwiegend durch Pflanzung begründet, obwohl sich die Kiefer auf vielen Standorten im Pfälzerwald natürlich verjüngt. Nach KERN (1976) kommt die Naturverjüngung zur Bestandesbegründung in der Regel nur auf Standorten ohne wirtschaftliche Produktionsziele in Betracht, da sich daraus nach Erfahrungen keine genügend geschlossenen, gleichwüchsigen Kulturen erzielen lassen. Systematische Verjüngungs- und Strukturuntersuchungen liegen für den Pfälzerwald jedoch nicht vor.

Ziel dieser Untersuchung ist es, an zwei gezielt ausgewählten, bisher unbehandelten Naturverjüngungsbeständen zu prüfen, in wieweit sie die Anforderungen der Waldbaurichtlinien (EDER 1990) erfüllen. Gleichzeitig sollte die Frage geprüft werden, ob sich wesentliche Strukturunterschiede zu vergleichbaren Beständen aus **Pflanzung** erkennen lassen.

### **2 Methode**

Die Gelegenheit zu orientierenden Strukturuntersuchungen bot sich in den Forstämtern Otterberg und Bad Bergzabern. Im Sommer 1993 wurden zwei bisher nicht geläuterte 14jährige (Forstamt Otterberg) bzw. 48jährige (Forstamt Bad Bergzabern, ab 2004 Annweiler) Kiefern-Jungbestände aus Naturverjüngung aufgenommen.

Darüber hinaus wurden gleiche Merkmale in zwei Beständen aus Pflanzung erhoben, die ebenfalls bisher ihrer natürlichen Entwicklung überlassen waren und hinsichtlich Alter und Standort ähnlich erschienen, um einige vergleichende Orientierungsdaten für Wachstum und Qualität zu erhalten.

#### **2.1 Untersuchungsbestände**

Alle Bestände stocken auf trockenen, armen Sanden des mittleren Buntsandstein. Der durchschnittliche Jahresniederschlag in Otterberg (Wuchsbezirk Nördlicher Pfälzerwald) liegt mit 675-750 mm deutlich unter dem Jahresniederschlag in Bad Bergzabern (südlicher Pfälzerwald) mit 750-950 mm.

Die Entstehungsgeschichte der Naturverjüngungsbestände belegt in beiden Fällen die ungelenkte Sukzession auf Kahlschlagflächen.

Im Forstamt Otterberg handelt es sich um den Aufhieb einer Autobahntrasse (1978) in einem Kiefern-Buchen-Altholz auf ca. 4 ha. Der Vergleichsbestand entstand 1982 durch Pflanzung von 2/0 Kiefern-Sämlingen im Verband 1,5 x 0,6 m nach riefenweiser Bodenbearbeitung.

Im Forstamt Bad Bergzabern wurde vermutlich durch kriegsbedingten Aufhieb einer Schußschneise eine ca. 0,6 ha große Fläche in einem Kiefernbestand kahlgelegt.

Der Vergleichsbestand entstand 1952 durch Pflanzung im Verband 1,2 x 0,3 m nach hangparallelen Riefen. Über die Ausgangsbedingungen (z. B. Bodenverwundung, Bodenvegetation) in den Sukzessionsflächen waren leider keine Unterlagen verfügbar.

## **2.2 Aufnahmemethode**

Die Strukturdaten in Otterberg (**junge** Variante) wie Stammzahl, Durchmesser und Höhe wurden repräsentativ auf systematisch verteilten Probekreisen von 100 m<sup>2</sup> Größe erfaßt. In dem älteren Naturverjüngungsbestand in Bad Bergzabern (**alte** Variante) wurde angesichts der geringen Flächengröße eine Kernfläche von 1700 m<sup>2</sup> vollgekluppt. Im Vergleichsbestand erfolgte eine Aufnahme auf 250 m<sup>2</sup> großen Probekreisen. Innerhalb der Probekreise wurde jeder lebende Baum in Brusthöhe gekluppt. Auf den Probekreisen bzw. -fläche wurden die Z-Baumanwärter bzw. (in den älteren Beständen) Z-Bäume nach Vitalität und Schaftqualität ausgewählt. Die Verteilung der Z-Baumanwärter bzw. Z-Bäume wurde durch ihren Abstand zum nächsten Zukunftsbaum charakterisiert.

Über alle Probeflächen und Durchmesserklassen hinweg wurden an 30-40 repräsentativen Bäumen die Brusthöhe, Höhe und Kronenansatz gemessen. Als Kriterium für den Kronenansatz gilt der erste grüne Ast (KRAMER und DONG 1985). Die Dicke des stärksten Astes je Quirl wurde an den abgesägten Ästen mit einer Schieblehre 1 cm vom Astansatz entfernt gemessen. In den jungen Beständen wurden die Quirle in 2 und 3 m, in den älteren Beständen in 3, 4 und 5 m Höhe untersucht.

## **3 Ergebnisse und Diskussion**

Wegen der gezielten Auswahl und der geringen Zahl von Untersuchungsbeständen kommt den Ergebnissen lediglich orientierender Charakter zu. Sie dürfen keinesfalls verallgemeinert werden.

### **3.1 Die Bestandesstruktur**

Die Stammzahl der Naturverjüngungsbestände ist nach heutigen waldbaulichen Standards (EDER 1990) völlig ausreichend (Tabelle 1) und spiegelt im wesentlichen die Baumzahl-



reduzierung infolge natürlicher Mortalität wieder. Dies zeigt sich auch andeutungsweise im Vergleich mit den jeweiligen Pflanzbeständen.

Tab. 1: **Kenndaten für die Naturverjüngungsbestände bzw. (grau unterlegt) für die Bestände aus Pflanzung.**

N/ha = Anzahl der lebenden Bäume je ha

Dg, Hg = Durchmesser bzw. Höhe des Grundflächenmittelstammes

Alter (Jahre)	Ekl.	N/ha (Stück)	Hg (cm)	Dg (m)	Kronen- prozent (%)	max. Aststärke (cm)	h/d	h/d500 (Otterberg) bzw. h/d300 (Bad Bergzabern)
<b>OTTERBERG</b>								
14	-	6980	5,9	5,5	71	2,1 ±0,7	107	64
13	-	11840	4,4	4,2	65	1,7 ±0,6	105	70
<b>BAD BERGZABERN</b>								
48	III.0	5429	11,9	12,2	27	1,9 ±0,6	98	72
42	I,5	2916	15,6	13,6	23	2,0 ±0,6	115	84

Kronenprozent und Schlankheitsgrad sind offenbar Ergebnis erheblichen Konkurrenzdrucks und zeigen im Naturverjüngungs- wie Pflanzbestand ähnliche Werte. Ein Blick sowohl auf die durchschnittlichen als auch auf die auf das stärkere Baumkollektiv bezogenen Schlankheitsgrade ( $d_{500}$  bei den jüngeren,  $d_{300}$  bei den älteren Beständen) zeigt, daß zwar insgesamt ein hohes Gefährdungspotential gegen Scheebruch besteht ( $h/d \geq 100$ ) (ABETZ und PRANGE 1976), dass sich offenbar aber bereits durch Selbstdifferenzierung ein stabiles Teilkollektiv herausgebildet hat. Hier bestehen zweifellos aussichtsreiche Ansatzpunkte für die Entwicklung eines genügend stabilen Bestandes durch gezielte Bestandespflege.

Die maximalen Aststärken liegen ebenfalls im heute tolerierten Bereich und unterscheiden sich in den beiden Begründungsarten, Pflanzung und Sukzession, nicht bedeutsam.

Bemerkenswert ist, dass in den beiden Sukzessionsflächen kein oder nur ein verschwindend kleiner Anteil von Mischbaumarten vorhanden ist.

### 3.2 Die Z-Baum-Anwärter bzw. Z-Bäume

Für die Stabilitäts- und Qualitätsbeurteilung eines Bestandes sind Anzahl und Verteilung der zukünftigen Zuwachs- und Wertträger ausschlaggebend.

Die Anzahl der Z-Baumanwärter im jungen Bestand (Otterberg) (vgl. Tab. 2) ist völlig ausreichend, um nach heutiger Auffassung ein genügend großes Kollektiv zur Z-Baumauswahl für spätere Pflegeeingriffe zu gewährleisten. Diese Eingriffe sehen bei einer Oberhöhe von 10-12 m die Auswahl und Förderung von 100-200 Z-Bäumen vor (EDER 1990). Auch zeigt das h/d-Verhältnis, dass die Auswahl der Z-Baumanwärter die Stabilitätsanforderungen voll berücksichtigt und erfüllt hat. In dem stammzahlreicheren Vergleichsbestand sind die Auswahlmöglichkeiten deutlich höher, was auf eine größere Homogenität des Bestandes schließen läßt. Dies wird ebenfalls bestätigt durch Hinweis auf die mittleren Stammabstände, die im Pflanzbestand sehr dicht an das Ideal der Gleichverteilung herankommen, während diese für die Naturverjüngung deutlich niedriger liegen und Klumpungen anzeigen (Tab. 2).

Die Anzahl der Z-Bäume im älteren Bestand (Bad Bergzabern) gewährleistet ebenfalls noch eine genügende Auswahl geeigneter Bestandesglieder bei angemessener Stabilität. Auch hier ist die Differenzierung offensichtlich stärker als im Vergleichsbestand, was ein Vergleich der h/d-Werte und der mittleren Stammabstände nahe legt.

Tab. 2: **Kenndaten für die Z-Baumanwärter bzw. Z-Bäume in den Naturverjüngungsbeständen bzw. (grau unterlegt) für die Bestände aus Pflanzung.**

$N_{ZB} / ha$  = Anzahl der Z-Baumanwärter bzw. Z-Bäume je ha

$a_{1t}$  bzw.  $a_{1i}$  = Abstand zum nächsten Nachbarn tatsächlich bzw. ideal

<b>OTTERBERG</b>				
Alter (Jahre)	$N_{ZB} / ha$ (Stück)	h/d	$a_{1t}$ (m)	$a_{1i}$ (m)
14	430	73	2,73	3,33
13	680	77	2,60	2,65
<b>BAD BERGZABERN</b>				
48	241	78	3,71	4,45
42	292	90	4,17	4,04

Berechnung des mittleren Abstandes:

$$a_1^2 = \frac{4775}{N/ha} \quad (\text{HAUSBURG 1962})$$

### 3.3 Ergebnisse der wiederholten Aufnahmen der Verjüngungsfläche im FA Otterberg

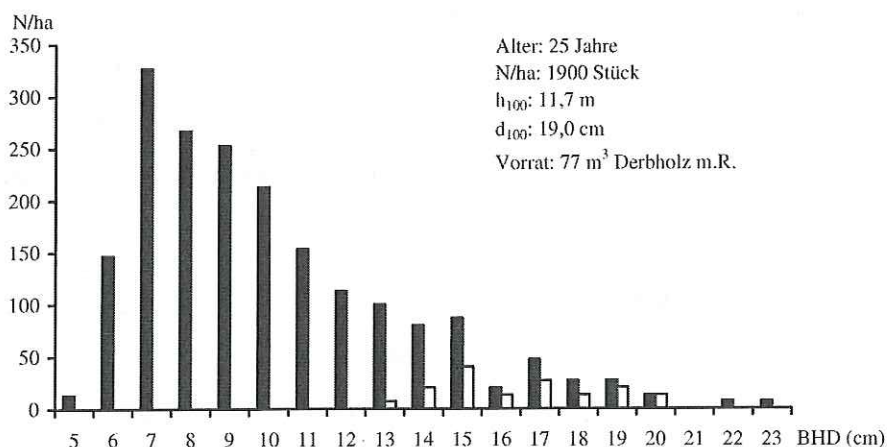
6 Jahre nach der ersten Aufnahme wurde der Naturverjüngungsbestand im Herbst 1998 zum zweiten Mal waldwachstumskundlich aufgenommen. Zwei Versuchspartellen (Null- und

Auslesedurchforstungsfläche) wurden mit einer Parzellengröße von 0,15 ha angelegt. In der Auslesedurchforstungsfläche (Parz. 01) wurden 150 Z-Bäume/ha ausgewählt und Bedränger entnommen. Die Z-Bäume wurden auf 6 m mit der Stangensäge geästet. Als Vergleichsmaßstab wurden in der Nullfläche (Parz. 02) ebenfalls 150 Z-Bäume/ha ausgewählt; sie sind nicht freigestellt und nicht geästet. Im Herbst 2003 wurde der Verjüngungsbestand erneut aufgenommen. Die wichtigsten Kenndaten des verbleibenden und ausscheidenden Bestandes der beiden Versuchspartellen im Alter 20 und 25 sind in der Tab. 3 enthalten.

**Tab. 3: Waldwachstumskundliche Daten der Versuchspartellen im FA Otterberg**

Parz.-Nr.	verbleibender Bestand									aussch. Bestand			Zuwachs		
	Alter (J.)	Ekl.	N/ha (St.)	Hg (m)	Dg (cm)	H <sub>ZB</sub> (m)	D <sub>ZB</sub> (cm)	G/ha (m <sup>2</sup> )	V/ha (m <sup>3</sup> )	Hg (m)	Dg (cm)	V/ha (m <sup>3</sup> )	GWL (m <sup>3</sup> m.R.)	LZ (m <sup>3</sup> /ha/J.)	dGz (m <sup>3</sup> /ha/J.)
01	20	0,5	3893	8,6	8,3	10,1	14,0	20,8	78	9,3	10,3	28	106	-	5,3
	25	0,9	1900	10,4	10,7	11,4	16,7	17,0	77	10,4	10,8	30	135	6,0	5,4
02	20	0,2	3807	9,1	9,6	10,0	13,4	27,4	109	-	-	-	109	-	5,5
	25	0,6	2820	11,1	11,7	11,6	15,3	30,1	145	-	-	-	145	7,0	5,8

Als Beispiel wird die Verteilung der Durchmesserstufen von der Parzelle 01 in der Abb. 1 graphisch dargestellt. Danach zeigte der Kiefern-Jungbestand in dieser Parzelle eine relativ große Heterogenität (Variationskoeffizient der Brusthöhendurchmesser (V%) lag bei 34%). Der mittlere h/d Wert der 100 stärksten Kiefern von 62 und eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 5 und 23 cm zeigten, dass die Kiefern sich trotz hoher Stammzahl/ha deutlich differenziert haben.



**Abb. 1: Durchmesserverteilung des verbleibenden Bestandes der Parzelle 01 im Alter 25 (schwarz: Gesamtbestand; weiß: Z-Baumkollektiv)**

Von den 430 Z-Baumanwärtern/ha im Alter 14 (1993) konnten in den beiden Versuchspartellen 01 und 02 im Alter 20 ohne Schwierigkeiten 150 Z-Bäume/ha mit relativ guter Verteilung gewählt werden. Zwischen den Aufnahmen im Jahr 1998 und 2003 verschlechtern sich die beiden Versuchspartellen um 0,4 Bonitätstufe. Der jährliche Durchmesserzuwachs beträgt bei der Durchforstungsfläche im Mittel 0,54 cm (entspricht einer Jahrringbreite von 2,7 mm) und bei der Nullfläche im Mittel 0,38 cm (entspricht einer Jahrringbreite von 1,9 mm). Die h/d-Werte des Z-Baumkollektivs der Auslesedurchforstungsfläche entwickeln sich im Durchschnitt von 72 auf 68, während sich die h/d-Werte der Nullfläche von 75 auf 76 erhöhen (gerechnet aus Tab. 3). Dies zeigt, dass eine Freistellung der Z-Bäume im Gegensatz zur Nullfläche ersichtlich zu höherer Stabilität der Zuwachs- und Wertträger führt. Die h/d-Werte der Auslesedurchforstungsfläche lagen damit deutlich unter dem Grenzwert für die Bestandessicherheit gegenüber Schneebelastungen von 80 (ABETZ und PRANGE 1976, THOMASIIUS 1980 und SPELLMANN et al. 1984). Mit einem dGz im Alter 25 von 5,4 bzw. 5,8 m<sup>3</sup>/ha/Jahr waren die waldwachstumskundlichen Kenndaten des Kiefern-Naturverjüngungsbestandes voll vergleichbar mit den Pflanzbeständen des Versuches zur Jungbestandspflege bei Kiefer in Pfälzerwald (DONG, ROEDER und MUTH 2004).

#### **4 Schlußfolgerungen**

In den beiden untersuchten Flächen stehen eine ausreichende Anzahl von qualitativ guten Z-Baumanwärtern bzw. Z-Bäumen zur Verfügung, die auch den Stabilitätsanforderungen genügen. Die Verteilung dieser Bäume auf der Fläche ist allerdings weniger gleichmäßig als in den untersuchten Pflanzbeständen.

Die ausgewählten Naturverjüngungsbestände sind von ihrer Entstehung her reine Zufallsprodukte. Verallgemeinernde Aussagen lassen sich daher nicht ableiten. Grundsätzlich scheint jedoch Naturverjüngung, gezielt eingesetzt und kontrolliert, durchaus auch für die Kiefer im Pfälzerwald eine Möglichkeit zur erfolgreichen Bestandesbegründung mit Wirtschaftszielsetzung zu sein.

Durch die erneuten Aufnahmen im Jahr 1998 und 2004 im Forstamt Otterberg im Alter 20 und 25 kann bestätigt werden, dass Kiefernbestände aus Naturverjüngung mit ausreichender Stammzahl und genügender Anzahl von guten und vitalen Z-Baumanwärtinnen bzw. Z-Bäumen aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollten.

Für den naturnahen Waldbau mit seiner besonderen Betonung der Naturverjüngung und kahlschlagfreien Konzepten erscheinen systematische Untersuchungen zu den Voraus-

setzungen und Verfahren der Kiefernaturverjüngung erforderlich (vgl. z.B. HERDT 1990). Als vordringlich klärungsbedürftig anzusehen ist die Frage der zweckmäßigen Beimischung, insbesondere von Laubbaumarten, sowie der erforderlichen Auflichtung bei unterschiedlichen Bedingungen hinsichtlich Standort und Konkurrenzflora.

## 5 Literatur

- ABETZ, P. und PRANGE, H., 1976: Schneebruchschäden vom März 1975 in einer Kiefernversuchsfläche mit geometrischen und selektiven Eingriffen in der nordbadischen Rheinebene.  
Allg. Forstzeitschr., 31. Jg., S. 583-586
- DONG, P. H. und ROEDER, A., 1995: Z-baumorientierte Jungbestandspflege bei Kiefer.  
AFZ, S. 64-66
- DONG, P. H., ROEDER, A. und MUTH, M., 2004: Jungbestandspflege bei Kiefer im Pfälzerwald. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
- EDER, W., 1990: Neue Produktionsrichtlinien für die Kiefer in Rheinland-Pfalz.  
Forst und Holz, 45. Jg., S. 205-208
- HAUSBURG, H., 1962: Das Stammabstandsverfahren.  
Allg. Forst- u. J.-Ztg., 133. Jg., S. 19-27
- HERDT, T., 1990: Kiefernaturverjüngung im Forstamt Karlsruhe-Hardt und Möglichkeiten ihrer Übernahme.  
Diplom-Arbeit der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg
- KERN, K. G., 1976: Vorschläge zur künftigen Bewirtschaftung der Kiefer auf den ihr vorbehaltenen Standorten am Ostrand des Pfälzer Waldes.  
Allg. Forst- u. J.-Ztg., 147. Jg., S. 68-71
- KRAMER, H. und DONG, P. H., 1985: Kronenanalyse für Zuwachsuntersuchungen in immissionsgeschädigten Nadelholzbeständen.  
Der Forst- u. Holzwirt, 40. Jg., S. 115-118
- SPELLMANN, H., CASPARI, C. O. u. MICHALEWSKI, R., 1984: Analyse von Schneeschäden in Kiefernbeständen unter besonderer Berücksichtigung der Bestandesstruktur.  
AFJZ, Heft 6, S. 146-164.
- THOMASIUS, H., 1980: Wissenschaftliche Grundlagen der Rahmenrichtlinie zur Behandlung bruchgeschädigter Fichten- und Kiefernbestände.  
Sozialistische Forstwirtschaft, S. 364-373.

**Danksagung:** Herrn Prof. Dr. Huss danken wir für den Hinweis auf die Diplom-Arbeit Herdt



# **Extrapolation der Kiefern-Ertragstafel KERN (1958) für den Altersbereich 120 bis 140 Jahren**

**von P. H. Dong**

Abteilung für Waldwachstum

Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

## **1. Auftrag**

Mit Schreiben vom 05. und 12. November 2002 wurde die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft - Abt. Waldwachstum - vom Ministerium für Umwelt und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz beauftragt, die Möglichkeiten zur Erweiterung der Ertragstafel KERN für Kiefer in dem Altersbereich bis 140 Jahre zu prüfen. Konkreter Anlass ist die Waldbewertung zur Erweiterung des Flughafens Ramstein.

## **2. Methode**

Da keine empirischen Unterlagen (Versuchsdaten) in ausreichender Menge verfügbar sind, kommen lediglich mathematisch-statistische Verfahren in Betracht, die auf der vorgegebenen Ertragstafelstruktur aufbauen. Damit ist gleichzeitig erkennbar, dass die in den Tabellen 2 bis 5 berechnete Ertragstafel lediglich vorläufigen Charakter haben kann, bis eine entsprechende empirisch abgesicherte Grundlage geschaffen ist. Dadurch können sich Veränderungen ergeben, die allerdings in Anbetracht der zugrundgelegten waldwachstumskundlichen Gesetzmäßigkeiten als geringfügig eingeschätzt werden.

Die Extrapolation erfolgt in folgenden Schritten:

- regressionsanalytische Extrapolation der Parameter: Hg, Dg, G/ha und GWL (Abb. 1 - 4)
- lineare Extrapolation des Parameters  $f_{1,3}$  ab Alter 90
- ausgehend von den ausgeglichenen Werten für die vorgenannten Parameter werden die übrigen Parameter (abgeleitete Parameter) streng mathematisch abgeleitet (vergl. Tab. 1)

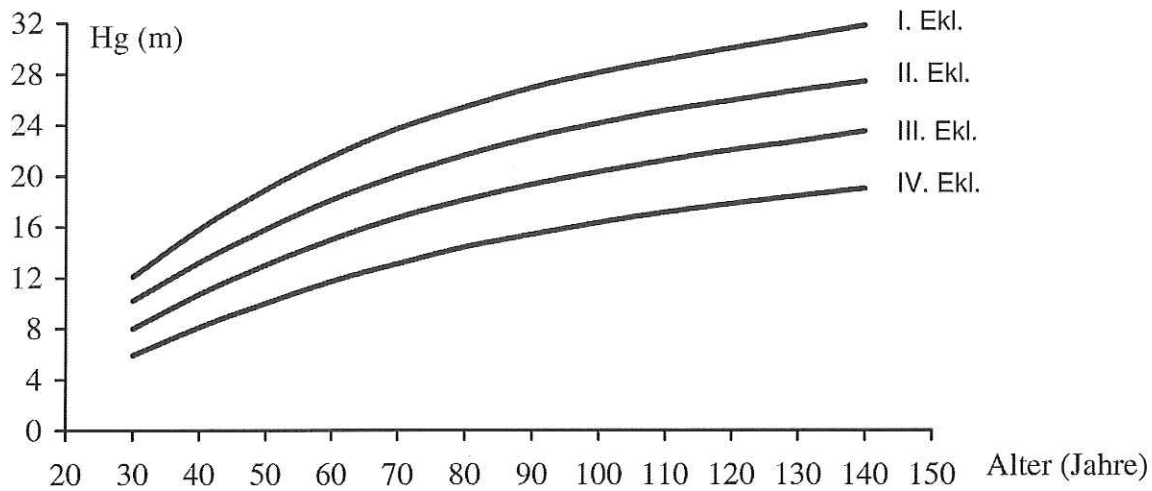
## **3. Ergebnisse**

Die vorläufige Erweiterung der Ertragstafel KERN für Kiefer ist in den Tabellen 2-5 enthalten. Für den Zweck der Waldbewertung zur Erweiterung des Flughafens Ramstein dürfen die gewonnenen Werte ausreichend abgesichert sein.

**Tab. 1: Arbeitsschritte zur Erweiterung der Ertragstafel KERN bis 140 Jahre**

Abgeleitete Parameter	Ausgeglichene und abgeleitete Parameter			Formel
Stammzahl/ha des verbleibenden Bestandes	Grundfläche/ha (G/ha)	Mitteldurchmesser (Dg)		$N/ha (v) = G/ha / g$ $g = \pi * Dg^2/4$
Vorrat/ha des verbleibenden Bestandes	Grundfläche/ha (G/ha)	Mittelhöhe (Hg)	Formzahl (f <sub>1,3</sub> )	$V/ha (v) = G/ha * Hg * f_{1,3}$
Stammzahl/ha des ausscheidenden Bestandes	Stammzahl/ha des verbleibenden Bestandes			N/ha (a) = Differenz N/ha (v) zwischen 2 Perioden
Summe der Vorerträge	Gesamtwuchsleistung (GWL)	Vorrat/ha des verbleibenden Bestandes		$\Sigma Df. = GWL - V/ha (v)$
Masse des ausscheidenden Bestandes	Summe Vorerträge			V/ha (a) = Differenz $\Sigma Df.$ zwischen 2 Perioden
laufender jährlicher Zuwachs (LZ)	Vorrat/ha des verbleibenden Bestandes	Masse des ausscheidenden Bestandes		LZ = Differenz V/ha (v) zwischen 2 Perioden + V/ha (a) / Periodendauer
Summe der Vorerträge/GWL (%)	Summe der Vorerträge	Gesamtwuchsleistung (GWL)		$\Sigma Df. / GWL * 100$
Durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs (dGz)	Gesamtwuchsleistung (GWL)	Alter		$dGz = GWL/Alter$





**Abb. 1: Höhe des Grundflächenmittelstammes (Hg) in Abhängigkeit vom Alter**

**Bonität 1**

$$Hg = -3,1994 + 0,6310 \cdot \text{Alter} - 0,004349 \cdot \text{Alter}^2 + 0,000011636 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 2**

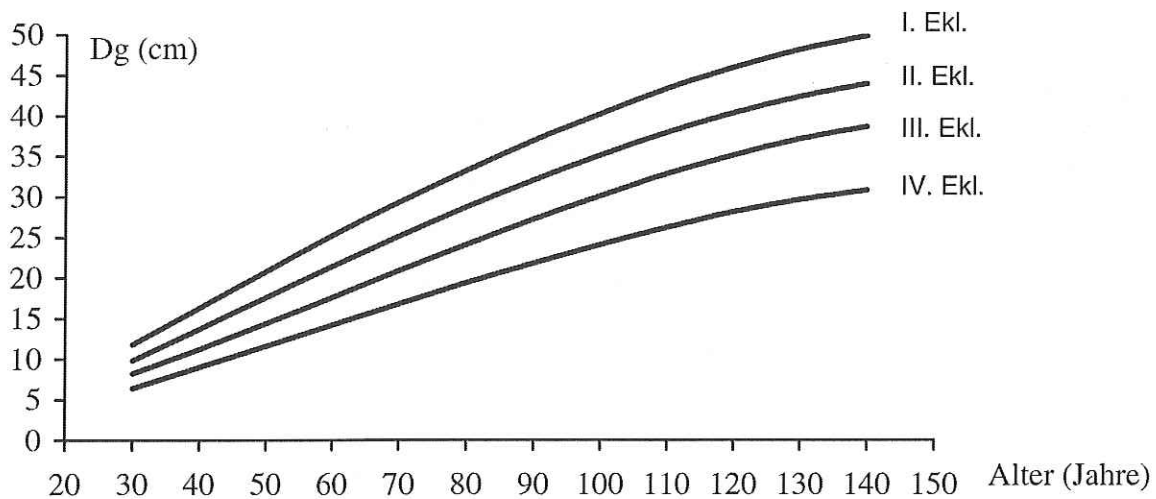
$$Hg = -1,7752 + 0,4788 \cdot \text{Alter} - 0,002867 \cdot \text{Alter}^2 + 0,0000066628 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 3**

$$Hg = -2,8382 + 0,4372 \cdot \text{Alter} - 0,002744 \cdot \text{Alter}^2 + 0,0000068765 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 4**

$$Hg = -2,8176 + 0,3464 \cdot \text{Alter} - 0,002020 \cdot \text{Alter}^2 + 0,0000047009 \cdot \text{Alter}^3$$



**Abb. 2: Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (Dg) in Abhängigkeit vom Alter**

**Bonität 1**

$$Dg = -2,1655 + 0,4615 \cdot \text{Alter} + 0,0003013 \cdot \text{Alter}^2 - 0,0000067600 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 2**

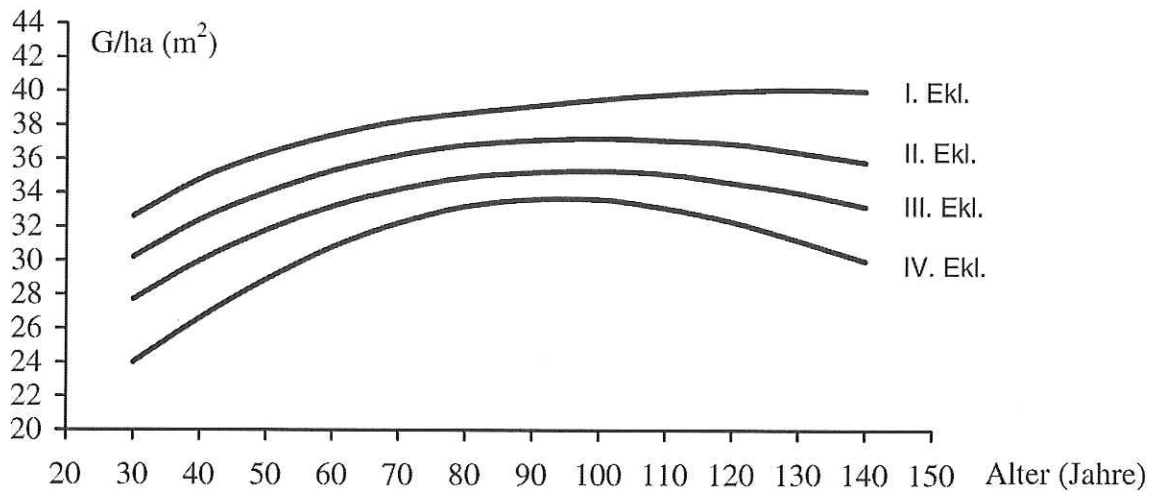
$$Dg = -1,2945 + 0,3472 \cdot \text{Alter} + 0,001031 \cdot \text{Alter}^2 - 0,0000086247 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 3**

$$Dg = 0,6921 + 0,1983 \cdot \text{Alter} + 0,002066 \cdot \text{Alter}^2 - 0,000011053 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 4**

$$Dg = -0,3285 + 0,1946 \cdot \text{Alter} + 0,001247 \cdot \text{Alter}^2 - 0,0000074786 \cdot \text{Alter}^3$$



**Abb. 3: Grundfläche/ha in Abhängigkeit vom Alter**

**Bonität 1**

$$G/ha = 19,8924 + 0,6311 \cdot \text{Alter} - 0,008423 \cdot \text{Alter}^2 + 0,000054264 \cdot \text{Alter}^3 - 0,00000013549 \cdot \text{Alter}^4$$

**Bonität 2**

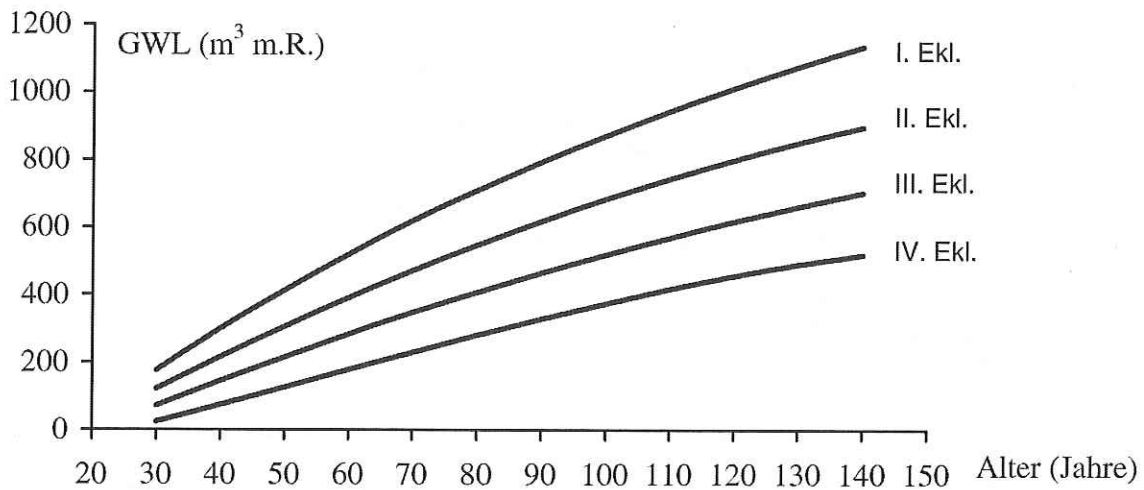
$$G/ha = 20,1303 + 0,4485 \cdot \text{Alter} - 0,004228 \cdot \text{Alter}^2 + 0,000018318 \cdot \text{Alter}^3 - 0,000000037879 \cdot \text{Alter}^4$$

**Bonität 3**

$$G/ha = 17,8309 + 0,4104 \cdot \text{Alter} - 0,002896 \cdot \text{Alter}^2 + 0,0000053613 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 4**

$$G/ha = 15,0727 + 0,2939 \cdot \text{Alter} + 0,0008802 \cdot \text{Alter}^2 - 0,000029312 \cdot \text{Alter}^3 + 0,000000096154 \cdot \text{Alter}^4$$



**Abb. 4: Gesamtwuchsleistung in Abhängigkeit vom Alter**

**Bonität 1**

$$GWL = -257,6909 + 16,1242 \cdot \text{Alter} - 0,05894 \cdot \text{Alter}^2 + 0,00010606 \cdot \text{Alter}^3$$

**Bonität 2**

$$GWL = -192,2364 + 11,1831 \cdot \text{Alter} - 0,024356 \cdot \text{Alter}^2$$

**Bonität 3**

$$GWL = -170,8909 + 8,5514 \cdot \text{Alter} - 0,016553 \cdot \text{Alter}^2$$

**Bonität 4**

$$GWL = -112,8030 + 4,0399 \cdot \text{Alter} + 0,02120 \cdot \text{Alter}^2 - 0,00013335 \cdot \text{Alter}^3 + 0,000000043706 \cdot \text{Alter}^4$$

**Tab. 2: Ertragstafel KERN, I. Ertragsklasse (bis 140 Jahre erweitert)**

Alter	verbleibender Bestand						aussch. Bestand		LZ	Summe Vor-erträge	GWL	Vor-erträge/ GWL	dGz	Alter
	N/ha	Hg	G/ha	Dg	f <sub>1,3</sub>	V/ha	N/ha	V/ha						
Jahre	Stück	m	m <sup>2</sup>	cm	0,...	m <sup>3</sup> m.R.	Stück	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	%	m <sup>3</sup> m.R.	Jahre
30	2990	12,2	32,6	11,8	417	166				9	175	5,1	5,8	30
40	1690	15,7	34,8	16,2	450	246	1300	46	12,6	55	301	18,3	7,5	40
50	1060	18,9	36,3	20,9	444	305	630	55	11,4	110	415	26,5	8,3	50
60	745	21,6	37,4	25,3	440	355	315	55	10,5	165	520	31,7	8,7	60
70	568	23,7	38,2	29,3	436	394	177	59	9,8	224	618	36,2	8,8	70
80	452	25,4	38,7	33,0	434	426	116	59	9,1	283	709	39,9	8,9	80
90	368	26,8	39,1	36,8	432	453	84	57	8,4	340	793	42,9	8,8	90
100	308	28,0	39,5	40,4	431	476	60	56	7,9	396	872	45,5	8,7	100
110	270	29,1	39,8	43,3	430	498	38	51	7,3	447	945	47,4	8,6	110
120	242	30,0	40,0	45,8	429	514	28	50	6,6	497	1011	49,2	8,4	120
130	221	30,9	40,1	48,1	428	530	21	48	6,4	545	1075	50,7	8,3	130
140	205	31,8	40,0	49,8	427	543	16	47	6,0	592	1135	52,2	8,1	140

**Tab. 3: Ertragstafel KERN, II. Ertragsklasse (bis 140 Jahre erweitert)**

Alter	verbleibender Bestand						aussch. Bestand		LZ	Summe Vor-erträge	GWL	Vor-erträge/ GWL	dGz	Alter
	N/ha	Hg	G/ha	Dg	f <sub>1,3</sub>	V/ha	N/ha	V/ha						
Jahre	Stück	m	m <sup>2</sup>	cm	0,...	m <sup>3</sup> m.R.	Stück	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	%	m <sup>3</sup> m.R.	Jahre
30	4020	10,2	30,2	9,8	372	115				4	119	3,4	4,0	30
40	2210	13,2	32,5	13,7	440	189	1810	25	9,9	29	218	13,3	5,5	40
50	1400	15,8	34,0	17,6	452	243	810	36	9,0	65	308	21,2	6,2	50
60	980	18,1	35,2	21,4	446	284	420	43	8,4	108	392	27,6	6,5	60
70	731	20,0	36,2	25,1	439	319	249	43	7,8	151	470	32,2	6,7	70
80	573	21,6	36,8	28,6	437	348	158	46	7,5	197	545	36,2	6,8	80
90	461	22,9	37,2	32,0	437	372	112	47	7,1	244	616	39,6	6,8	90
100	383	24,1	37,2	35,2	435	390	78	49	6,7	293	683	42,8	6,8	100
110	330	25,1	37,1	37,9	434	405	53	46	6,1	339	744	45,6	6,8	110
120	288	25,9	36,9	40,3	433	415	42	45	5,5	384	799	48,2	6,7	120
130	259	26,7	36,4	42,3	432	420	29	45	5,0	429	849	50,5	6,5	130
140	236	27,4	35,8	43,9	431	423	23	44	4,7	473	896	52,8	6,4	140

**Tab. 4: Ertragstafel KERN, III. Ertragsklasse (bis 140 Jahre erweitert)**

Alter	verbleibender Bestand						aussch. Bestand		LZ	Summe Vor-erträge	GWL	Vor-erträge/ GWL	dGz	Alter
	N/ha	Hg	G/ha	Dg	f1,3	V/ha	N/ha	V/ha						
Jahre	Stück	m	m <sup>2</sup>	cm	0,...	m <sup>3</sup> m.R.	Stück	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	%	m <sup>3</sup> m.R.	Jahre
30	5340	8,0	27,5	8,1	311	68				1	69	1,5	2,3	30
40	2970	10,7	30,3	11,4	410	133	2370	12	7,7	13	146	8,9	3,7	40
50	1955	13,0	31,8	14,4	445	184	1015	20	7,1	33	217	15,2	4,3	50
60	1360	15,0	33,0	17,6	451	223	595	27	6,6	60	283	21,2	4,7	60
70	995	16,7	34,1	20,9	450	256	365	30	6,3	90	346	26,0	4,9	70
80	772	18,1	34,9	24,0	445	281	223	35	6,0	125	406	30,8	5,1	80
90	608	19,3	35,3	27,2	441	300	164	39	5,8	164	464	35,4	5,2	90
100	490	20,3	35,3	30,3	440	316	118	39	5,5	203	519	39,1	5,2	100
110	416	21,2	35,1	32,8	439	326	74	41	5,1	244	570	42,8	5,2	110
120	358	22,0	34,6	35,1	437	332	58	41	4,7	285	617	46,3	5,1	120
130	315	22,7	34,0	37,1	436	337	43	39	4,4	324	661	49,0	5,1	130
140	284	23,5	33,2	38,6	435	339	31	39	4,1	363	702	51,7	5,0	140

**Tab. 5: Ertragstafel KERN, IV. Ertragsklasse (bis 140 Jahre erweitert)**

Alter	verbleibender Bestand						aussch. Bestand		LZ	Summe Vor-erträge	GWL	Vor-erträge/ GWL	dGz	Alter
	N/ha	Hg	G/ha	Dg	f1,3	V/ha	N/ha	V/ha						
Jahre	Stück	m	m <sup>2</sup>	cm	0,...	m <sup>3</sup> m.R.	Stück	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	m <sup>3</sup> m.R.	%	m <sup>3</sup> m.R.	Jahre
30	7500	5,9	24,0	6,4	168	24					24		0,8	30
40	4170	8,1	26,5	9,0	342	73	3330	1	5,0	1	74	1,4	1,9	40
50	2750	10,0	29,0	11,6	413	120	1420	5	5,2	6	126	4,8	2,5	50
60	1920	11,7	30,8	14,3	440	159	830	13	5,2	19	178	10,7	3,0	60
70	1455	13,2	32,2	16,8	447	190	465	20	5,1	39	229	17,1	3,3	70
80	1135	14,4	33,1	19,3	451	215	320	25	5,0	64	279	23,0	3,5	80
90	900	15,4	33,6	21,8	452	234	235	31	4,8	95	329	28,9	3,7	90
100	732	16,3	33,6	24,2	451	247	168	32	4,5	127	374	34,0	3,7	100
110	609	17,1	33,1	26,3	450	255	123	35	4,3	162	417	38,9	3,8	110
120	525	17,8	32,3	28,0	447	256	84	38	3,9	200	456	43,8	3,8	120
130	453	18,4	31,2	29,6	446	256	72	34	3,4	234	490	47,8	3,8	130
140	403	19,0	30,0	30,8	445	254	50	31	2,9	265	519	51,1	3,7	140

**Bisher sind folgende Mitteilungen aus der *Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* erschienen:**

54/2004	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	10,--
53/2004	JAHRESBERICHT 2003 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
52/2004	MAURER (Hrsg.) Tagungsband Genressourcen ISSN 1610-7705	15,--
51/2003	JAHRESBERICHT 2002 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
50/2003	MAURER (Hrsg.): Ökologie und Waldbau der Weißtanne – <i>Tagungsbericht zum 10. Internationalen IUFRO Tannensymposium</i> am 16-20. September 2002 an der FAWF in Trippstadt ISSN 1610-7705	15,--
49/2002	MAURER (Hrsg.): Vom genetischen Fingerabdruck zum gesicherten Vermehrungsgut: Untersuchungen zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in Rheinland-Pfalz ISSN 1610-7705	15,--
48/2002	JAHRESBERICHT 2001 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
47/2001	JAHRESBERICHT 2000 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
46/1999	JAHRESBERICHT 1999 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
45/1999	DELB, BLOCK Untersuchungen zur Schwammspinnerkalamität von 1992–1994 in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	13,--
44/1998	JAHRESBERICHT 1998 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
43/1997	JAHRESBERICHT 1997 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
42/1997	BÜCKING, EISENBARTH, JOCHUM Untersuchungen zur Lebendlagerung von Sturmwurfholz der Baumarten Fichte, Kiefer, Douglasie und Eiche ISSN 0931-9662	10,--
41/1997	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Stand der Ursachenforschung zu Douglasienschäden – derzeitige Empfehlungen für die Praxis ISSN 0931-9662	10,--

40/1997	SCHRÖCK (Hrsg.): Untersuchungen an Waldökosystemdauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz – <i>Tagungsbericht zum Kolloquium am 04. Juni 1996 in Trippstadt</i> - ISSN 0931-9662	8,--
39/1997	JAHRESBERICHT 1996 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
38/1996	BALCAR (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Naturwaldreservate in Rheinland-Pfalz: Erste Ergebnisse aus dem Naturwaldreservat Rotenberghang im Forstamt Landstuhl ISSN 0931-9662	13,--
37/1996	HUNKE: Differenzierte Absatzgestaltung im Forstbetrieb - Ein Beitrag zu Strategie und Steuerung der Rundholzvermarktung ISSN 0931-9662	10,--
36/1996	JAHRESBERICHT 1995 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
35/1995	BLOCK, BOPP, BUTZ-BRAUN, WUNN: Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodendegradation durch Luftschadstoffbelastung ISSN 0931-9662	8,--
34/1995	MAURER, TABEL (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Genetik und Waldbau unter besonderer Berücksichtigung der heimischen Eichenarten ISSN 0931-9662	8,--
33/1995	EISENBARTH: Schnittholzeigenschaften bei Lebendlagerung von Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) aus Wintersturmwurf 1990 in Abhängigkeit von Lagerart und Lagerdauer ISSN 0931-9662	6,--
32/1995	AUTORENKOLLEKTIV Untersuchungen an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland- Pfalz ISSN 0931-9662	6,--
31/1995	JAHRESBERICHT 1994 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
30/1994	SCHÜLER: Ergebnisse forstmeteorologischer Messungen für den Zeitraum 1988 bis 1992 ISSN 0931-9662	6,--
29/1994	FISCHER: Untersuchung der Qualitätseigenschaften, insbesondere der Festigkeit von Douglasien-Schnittholz ( <i>Pseudotsuga Menziesii</i> (Mirb.)Franco), erzeugt aus nicht-wertgeästeten Stämmen ISSN 0931-9662	6,--
28/1994	SCHRÖCK: Kronenzustand auf Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz - Entwicklung und Einflußfaktoren - ISSN 0931-9662	6,--
27/1994	OESTEN, ROEDER: Zur Wertschätzung der Infrastrukturleistungen des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	6,--

26/1994	JAHRESBERICHT 1993 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
25/1994	WIERLING: Zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und den Konsequenzen für die Forstwirtschaft am Beispiel des Pfälzerwaldes ISSN 0931-9662	6,--
24/1993	BLOCK: Verteilung und Verlagerung von Radiocäsium in zwei Waldökosystemen in Rheinland-Pfalz insbesondere nach Kalk- und Kaliumdüngungen ISSN 0931-9662	6,--
23/1993	HEIDINGSFELD: Neue Konzepte zum Luftbildeinsatz für großräumig permanente Waldzustandserhebungen und zur bestandesbezogenen Kartierung flächenhafter Waldschäden ISSN 0931-9662	10,--
22/1993	JAHRESBERICHT 1992 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
21/1992	AUTORENKOLLEKTIV: Der vergleichende Kompensationsversuch mit verschiedenen Puffersubstanzen zur Minderung der Auswirkungen von Luftschadstoffeinträgen in Waldökosystemen - Zwischenergebnisse aus den Versuchsjahren 1988 - 1991 - ISSN 0931-9662	6,-- vergriffen
20/1992	JAHRESBERICHT 1991 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
19/1991	AUTORENKOLLEKTIV: Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Sturm- und Immissionsschäden im Vorderen Hunsrück - "SIMS" - ISSN 0931-9662	6,--
18/1991	SCHÜLER, BUTZ-BRAUN, SCHÖNE: Versuche zum Bodenschutz und zur Düngung von Waldbeständen ISSN 0931-9662	6,--
17/1991	BLOCK, BOPP, GATTI, HEIDINGSFELD, ZOTH: Waldschäden, Nähr- und Schadstoffgehalte in Nadeln und Waldböden in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	6,--
16/1991	BLOCK, BOCKHOLT, BORCHERT, FINGERHUT, HEIDINGSFELD, SCHRÖCK: Immissions-, Wirkungs- und Zustandsuntersuchungen in Waldgebieten von Rheinland-Pfalz - Sondermeßprogramm Wald, Ergebnisse 1983-1989 ISSN 0931-9662	6,--
15/1991	JAHRESBERICHT 1990 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
14/1990	BLOCK: Ergebnisse der Stoffdepositionsmessungen in rheinland-pfälzischen Waldgebieten 1984 - 1989 ISSN 0931-9662	6,-- vergriffen
13/1990	SCHÜLER Der kombinierte Durchforstungs- und Düngungsversuch Kastellaun - angelegt 1959 - heute noch aktuell ? ISSN 0931-9662	6,--

12/1990	JAHRESBERICHT 1989 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
11/1989	BLOCK, DEINET, HEUPEL, ROEDER, WUNN: Empirische, betriebswirtschaftliche und mathematische Untersuchungen zur Wipfelköpfung der Fichte ISSN 0931-9662	6,--
10/1989	HEIDINGSFELD: Verfahren zur luftbildgestützten Intensiv-Waldschadenserhebung in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	13,--
9/1989	JAHRESBERICHT 1988 ISSN 0936-6067	
8/1988	GERECKE: Zum Wachstumsgang von Buchen in der Nordpfalz ISSN 0931-9662	13,--
7/1988	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Parkgehölzschadenserhebung (TPGE 1987) ISSN 0931-9662	6,--
6/1988	JAHRESBERICHT 1987 ISSN 0931-9662	
5/1988	Die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Dienste von Wald und Forstwirtschaft - Reden anlässlich der Übergabe des Schlosses Trippstadt als Dienstsitz am 10.04.1987 - ISSN 0931-9662	6,--
4/1987	BEUTEL, BLOCK: Terrestrische Feldgehölzschadenserhebung (TFGE 1986) ISSN 0931-9662	6,-- vergriffen
3/1987	BLOCK, FRAUDE, HEIDINGSFELD: Sondermeßprogramm Wald (SMW) ISSN 0931-9662	6,--
2/1987	BLOCK, STELZER: Radioökologische Untersuchungen in Waldbeständen ISSN 0931-9662	6,--
1/1987	JAHRESBERICHT 1984-1986 ISSN 0931-9662	vergriffen