

# Rheinland-Pfalz



## Eiche im Pfälzerwald

Mitteilungen aus der  
Forschungsanstalt für Waldökologie  
und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz  
Nr. 63/07



**Autorenkollektiv:**

**Phan Hoang Dong (Hrsg.), Joachim Block, Walter Eder, Burghard von Lüpke,  
Michael Muth, Julius Schuck, Thomas Seifert und Heinrich Spiecker**



**Traubeneiche mit Buchen-Unterstand im Forstamt Kaiserslautern**

# **Eiche im Pfälzerwald**

**Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd**  
*Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft*  
*Rheinland-Pfalz, Trippstadt 2007*

ISSN 0931-9662 Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und  
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 63/07

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der  
Übersetzung vorbehalten

Herausgeber: Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd  
Forschungsanstalt für Waldökologie und  
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Verantwortlich: Der Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und  
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

Dokumentation: Mitteilung FAWF, Trippstadt  
Nr. 63/07, 150 Seiten

zu beziehen über die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-  
Pfalz, Schloss, D-67705 Trippstadt, Tel.: 0049-6306-911-0, Telefax: 0049-6306-911-200  
e-mail: [ZDF.FAWF@wald-rlp.de](mailto:ZDF.FAWF@wald-rlp.de)

## Inhaltsverzeichnis / Contents

	<b>Seite Page</b>
EGIDI, H. <b>Vorwort</b> <i>Preface</i>	1
DONG, P. H., MUTH, M. und EDER, W. <b>Eichen-Nesterpflanzungsversuche in Rheinland-Pfalz</b> <i>Oak Nest-planting-Trial in Rhineland-Palatinate</i>	4
LÜPKE, B. von <b>Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes</b> <i>Influence of various cutting types on natural regeneration of a sessile oak-beech mixed stand</i>	23
DONG, P. H., EDER, W. und MUTH, M. <b>Traubeneichen-Läuterungsversuche im Pfälzerwald</b> <i>Tending Experiments in Young Oak Stands in the Palatinate Forest</i>	57
SPIECKER, H. <b>Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung wertvoller Trauben- und Stieleichen</b> <i>Controlling diameter growth and natural pruning of valuable Sessile and Pedunculate oaks</i>	78
DONG, P. H., EDER, W. und MUTH, M. <b>Traubeneichen-Durchforstungsversuche im Pfälzerwald</b> <i>Thinning Experiments in Oak Stands in the Palatinate Forest</i>	96
BLOCK, J., SCHUCK, J. UND SEIFERT, T. <b>Einfluss der waldbaulichen Behandlung und der Holznutzung auf den Nährstoffhaushalt von Traubeneichen-ökosystemen</b> <i>Effects of forest management and wood harvest on the nutrient of sessile oak ecosystems</i>	117

<b>Vorwort</b> .....	<b>1</b>
----------------------	----------

## **Eichen-Nesterpflanzungsversuche in Rheinland-Pfalz**

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Versuchskonzept, Versuchsanlagen und Aufnahmemethodik</b> .....	<b>6</b>
2.1 Versuchskonzept .....	6
2.2 Die Versuchsanlagen .....	7
2.3 Aufnahmemethodik .....	8
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>10</b>
3.1 Ergebnisse der waldwachstumskundlichen Aufnahmen .....	10
3.2 Ergebnisse der Qualitätsbeurteilung.....	12
3.3 Ergebnisse der Aufnahmen der Begleitbaumarten .....	14
3.4 Wachstum der Nestereichen in verschiedenen Nestgrößen .....	16
3.5 Wachstums- und Qualitätsvergleich zwischen Trauben- und Stieleichen .....	17
<b>4 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>19</b>
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>21</b>
<b>6 Literatur</b> .....	<b>22</b>

## **Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Trauben-Buchen-Mischbestandes**

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>25</b>
<b>2 Material und Methoden</b> .....	<b>26</b>
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>31</b>
3.1 Masten, Alterszusammensetzung der Verjüngung .....	31
3.2 Strahlung und Überschildung .....	32
3.3 Dichte der Verjüngung .....	35
3.4 Höhenentwicklung .....	38
3.5 Höhengsummenentwicklung .....	38
3.6 Rehwildverbiss .....	40
3.7 Baumartenzusammensetzung und Höhendominanz in den Probekreisen im Herbst 2002 .....	41
<b>4 Diskussion</b> .....	<b>43</b>
4.1 Methodik .....	43
4.2 Effekte der Überschildung .....	43
4.3 Effekte der Beschattung .....	44
4.4 Effekte der Hiebsformen .....	46
<b>5 Schlussfolgerungen für die Praxis</b> .....	<b>50</b>
<b>6 Zusammenfassung</b> .....	<b>52</b>
<b>7 Literatur</b> .....	<b>54</b>

## **Traubeneichen-Läuterungsversuche im Pfälzerwald**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>57</b>
<b>2</b>	<b>Pflegeeingriffe in Eichen-Jungbeständen</b> .....	<b>58</b>
<b>3</b>	<b>Versuchskonzept</b> .....	<b>60</b>
3.1	Behandlungsvarianten .....	60
3.2	Eingriffturnus und -stärke .....	61
<b>4</b>	<b>Die Versuchsfelder</b> .....	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>Entwicklung der Ausleseebäume</b> .....	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>Ästung bei der Eiche</b> .....	<b>71</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b> .....	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>76</b>

## **Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung wertvoller Trauben- und Stieleichen**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>80</b>
<b>2</b>	<b>Zur Steuerung des Dickenwachstums</b> .....	<b>81</b>
<b>3</b>	<b>Zur Steuerung der Astreinigung</b> .....	<b>82</b>
<b>4</b>	<b>Das zweiphasige Pflegekonzept</b> .....	<b>86</b>
4.1	Pflegephase 1: Förderung der natürlichen Astreinigung .....	86
4.2	Pflegephase 2: Förderung des Dickenwachstums der Z-Bäume .....	87
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>93</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>95</b>

## **Traubeneichen-Durchforstungsversuche im Pfälzerwald**

<b>1</b>	<b>Ziele</b> .....	<b>96</b>
<b>2</b>	<b>Eichenwirtschaft in Rheinland-Pfalz</b> .....	<b>97</b>
<b>3</b>	<b>Versuchskonzept</b> .....	<b>99</b>
3.1	Behandlungsvarianten .....	99
3.1.1	Referenzfläche (herkömmliche Durchforstung) .....	99
3.1.2	Auslederdurchforstung (Variante mit 80, 100 und 120 Z-Bäume/ha) .....	99
3.2	Durchforstungsturnus und -stärke .....	99
<b>4</b>	<b>Die Versuchsfelder</b> .....	<b>100</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>101</b>
5.1	Bestandesentwicklung .....	101
5.2	Entwicklung der Z-Bäume .....	105

5.3	Kronenschirmflächen und Zuwachs .....	108
5.3.1	Kronenschirmfläche (KSF) und Durchmesser (BHD) .....	108
5.3.2	Jährlicher Grundflächenzuwachs (ig) und Kronenschirmfläche (KSF) .....	110
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>112</b>
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>115</b>

## **Einfluss der waldbaulichen Behandlung und der Holznutzung auf den Nährstoffhaushalt von Traubeneichenökosystemen**

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>119</b>
<b>2</b>	<b>Ziele .....</b>	<b>121</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchungsbestände und Methodik .....</b>	<b>121</b>
3.1	Methodischer Ansatz .....	121
3.2	Untersuchungsbestände, Probebaumauswahl sowie Mess- und Beprobungskonzept .....	122
3.3	Simulationsmethodik .....	128
3.4	Durchforstungsszenarien .....	130
3.5	Kalkulation der Biomassenutzung vor Alter 55 .....	132
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>133</b>
4.1	Verteilung der Biomasse und der Nährstoffe in den Beprobungsbeständen ..	133
4.2	Biomasse- und Nährstoffentzug bei unterschiedlicher Behandlung .....	136
4.3	Biomasse- und Nährstoffentzug bei unterschiedlicher Nutzungsintensität ....	137
4.4	Ökosystemare Nährstoffbilanz bei unterschiedlicher Nutzungsintensität .....	139
<b>5</b>	<b>Diskussion und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>142</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>146</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>148</b>

## **Vorwort**

Rheinland-Pfalz ist das Land mit der größten absoluten Eichenfläche in Deutschland. Mit nahezu 158.000 ha liegt ihr Anteil nach den Ergebnissen der Bundeswaldinventur-2 bei über 18 %. Dieser Wert zeigt zugleich, dass der Erhalt der Eiche in einem Land, dessen natürliche Waldgesellschaften überwiegend von Buche dominiert werden, ganz maßgeblich durch Bewirtschaftung und besondere forsthistorische Entwicklungen geprägt ist.

Als Lichtbaumarten sind die Eichen durch Niederwaldwirtschaft über Jahrhunderte begünstigt worden, wodurch sich ihr hoher Anteil in den Genossenschafts- und Gemeindewäldern im Norden des Landes erklären lässt. Doch auch die umfangreichen Waldumbauprogramme nach den Stürmen 1984 und 1990 haben der Traubeneiche und der Stieleiche nennenswerte Areale gesichert. Das „Fenster für die Eiche“ öffnet sich sehr oft in der Katastrophe.

Das allseits bekannte Markenprodukt „Pfälzerwald-Eiche“ im Südteil des Landes, hier insbesondere in den großen zusammenhängenden Staatswaldblöcken im inneren Pfälzerwald sowie der Südwest- und Südpfalz, reicht in den Ursprüngen in die vornapoleonische Zeit zurück. Während der bayerischen Zeit wurde das Produktionsprogramm zur Erzeugung von Werteichen weiter entwickelt und in Regelwerken verankert.

Mit gut 26.000 ha ist die Eichenfläche im Staatswald des Landes vergleichsweise gering. Dennoch ist die wirtschaftliche Bedeutung dieser Baumart – im Pfälzerwald meist die Traubeneiche – von besonderem Gewicht. Mit einem Anteil von 7,5 % am Gesamteinschlag im Staatswald werden über 12 % aller Holzverkaufseinnahmen realisiert. Die Sorten Furnier und Teilfurnier tragen hierbei zu 35 % aller Eichen-Erlöse bei. Im Forstamt Johanniskreuz, im Zentrum des Pfälzerwaldes gelegen, werden mit rund 1 % des Holzaufkommens 15 % aller Einnahmen erzielt. Dies zeigt, welche Potentiale in der Eichenwertholzproduktion liegen und es aller Mühe Wert ist, Konzepte zu entwickeln, dieses Marktsegment effizient auszubauen und weiterhin nachhaltig dieses Produkt zu liefern.

Doch nicht nur als Wirtschaftsgut, sondern auch als Kultur- und Naturgut hat die Eiche im Pfälzerwald eine herausragende Stellung. Ihre Habitateigenschaften sind äußerst vielfältig, ganze Lebensgemeinschaften finden sich in ihrer Krone und auf ihrer Rinde. In der Zersetzungsphase bieten die Stämme diversen Käfern und Pilzen Raum. Durch ihre langfristigen Lebenszyklen haben Eichen eine besondere Bedeutung für Habitatkontinuität in der Fläche.

Die Ziele einer naturnahen, nachhaltigen und werterzeugenden Eichenwirtschaft sind daher gleichermaßen reizvoll wie hoch. Und: Die Betriebe müssen viele strukturelle Probleme



meistern. Die Nutzung der Alteichen soll maßvoll vonstatten gehen. Gleichzeitig müssen Licht- und Wildstandssituationen geschaffen werden, die die erfolgreiche Verjüngung der Wälder ermöglichen. Wälder hinter Zäunen und die Etablierung von Wäldern auf künstliche Art - um welchen Preis? – sind Aspekte oft sehr emotional geführter Diskussionen. Darüber hinaus steht die traditionelle Produktionsdauer von bis zu 300 Jahren zur Disposition. Rechnet sich Eichenwirtschaft in solch langen Zeiträumen? Sind die Eichen für ihr Alter zu dünn? 11% des Vorrates sind landesweit über 160 Jahre alt. Aber nur gut 4% haben einen BHD von 70 cm erreicht.

Die nachfolgende Arbeit gibt Antworten auf viele dieser Fragen. Die Reihenfolge der Beiträge orientiert sich dabei an der natürlichen Altersentwicklung beginnend bei Etablierung und Generationenwechsel, Jungwald-, Dimensions- und Wertentwicklung bis hin zu ökosystemaren Aspekten nachhaltiger Nutzung.

So beschreiben DONG, MUTH und EDER zunächst die Ergebnisse aus den seinerzeit mit großen Hoffnungen angelegten Eichen-Nesterpflanzungen, die wichtige Hinweise für die Fortentwicklung des punktwirksamen Arbeitens geben. Äußerst aktuell sind auch die Auswertungen zu verschiedenen Verjüngungsverfahren, die von LÜPKE beschreibt. Der richtige Einstieg in den Generationenwechsel prägt den Erfolg und die erforderlichen Investitionen der nächsten Jahrzehnte. Angesichts effizient einzusetzender Ressourcen gewinnt die Möglichkeit der Naturverjüngung von Eiche eine zentrale Bedeutung für die Sicherung des Anteils dieser Baumart. Vitalität und Wertentwicklung sind die Ziele eines schmalen Grades, dessen Richtung sich in der Jungwaldentwicklung manifestiert. Wie weit es hilfreich ist, steuernd einzugreifen und zu welcher Zeit sich welcher Einsatz bewährt, zeigen DONG, EDER und MUTH im dritten Beitrag auf. Hieran anschließend stellt SPIECKER dar, welche Eingriffe in welcher Dynamik erforderlich sind, um Wertholz in kürzeren Produktionszeiträumen zu erzeugen und DONG, EDER und MUTH beschreiben die im Pfälzerwald angelegten Durchforstungsversuche. Nachhaltige Bewirtschaftung bedeutet aber auch, die Bewirtschaftungsform auf die jeweiligen Standortspotentiale auszurichten. Die Untersuchungen von BLOCK, SCHUCK und SEIFERT stellen die Beziehungen zwischen Nährstoffhaushalten und waldbaulicher Behandlung dar. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass insbesondere in den Traubeneichenökosystemen auf den armen Buntsandsteinstandorten mit großer Sensibilität gearbeitet werden muss.

Jeder waldbauliche und waldwachstumskundliche Versuch ist durch Langfristigkeit geprägt. So wird auch in der vorliegenden Arbeit deutlich, dass die Beurteilung der Fragen nach

wirtschaftlich optimierter Nachzucht und Verkürzung der Produktionszeit von einem sich über Jahre erstreckenden Herantasten an neue Standards geprägt ist und von verschiedenen Überarbeitungsstufen der Waldbaurichtlinien begleitet wurde. Viele der vorgestellten Versuchsanlagen sind in einer Zeit „gestartet“, in der die Ausrichtung auf den Einzelbaum und punktwirksamen Ansatz erst begann. Den Autoren gilt besonderer Dank, dass sie diese Entwicklung aufgreifen und die Ergebnisse in den Bezug zu aktuellen Richtlinien und Diskussionen stellen.

Maßgeblicher Initiator der Untersuchungsreihe war Dr. WALTER EDER, der über viele Jahre als Waldbau- und Forschungsreferent des Landes Rheinland-Pfalz die Aufnahmen angestoßen und Ideen gegeben hat. Die vorliegende Arbeit trägt seine persönliche Note. Sie spiegelt wichtige Abschnitte seines Einsatzes für den Erhalt und die Entwicklung der Eiche im Pfälzerwald wider, wofür ihm großer Dank gebührt.

**Dr. H. Egidi**

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz

# **Eichen - Nesterpflanzungsversuche in Rheinland - Pfalz**

## **- Ergebnisse eines 15jährigen Beobachtungszeitraums -**

**P. H. Dong<sup>1</sup>, M. Muth<sup>1</sup> und W. Eder<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Abteilung für Waldwachstum – Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

<sup>2</sup> Ministerialrat a. D. Dr. Walter Eder, Kirchheimbolanden

### **Abstract**

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

#### **Oak Nest planting-Trial in Rhineland-Palatinate**

Besides the traditional procedure of establishing oak stands by seeds and planting, stand formation was tested by applying the oak nest planting method on the different sites in Rhineland-Palatinate. In the period of 1988-1994 oak nest plantings were realized by the Research Institute for Forest Ecology and Forestry (FAWF). After 15 years of observation, experience could be gained which might be meaningful for forest practice when establishing oak mixed stands by extensive tending measures.

The results of the observation for 15 years indicate the suitability of the oak nest planting method for extensively establishing oak stands with options for high-quality performance. The advantages of oak nest planting do not concern the reduction in cultivation costs but rather the tending and the silvicultural utilization of natural succession.

This study, however, could prove neither any distinct qualification of sessile oak (*Quercus robur*) or pedunculate oak (*Quercus petraea*) nor nests sized 1 m<sup>2</sup> or 4 m<sup>2</sup>.

### **1. Einleitung**

Zur Wiederbestockung von standörtlich geeigneten Freiflächen sollen in Rheinland-Pfalz bevorzugt die Traubeneiche und in geringerem Umfang die Stieleiche eingesetzt werden. Vor allem nach den Stürmen Vivian und Wiebke im Februar 1990 wurde deshalb nach extensiveren, aber erfolgversprechenden Verfahren zur Bestandesbegründung gesucht, die zudem geeignet sein sollten, arbeitsaufwändige und damit kostenintensive Pflegemaßnahmen zu reduzieren.

Ein entsprechend geeignet erscheinendes Begründungsverfahren der Pflanzung von Eichen in sog. „Nestern“ wird in der Literatur von OGJEWSKI (1911), CEITEL und SZYMANSKI (1975) sowie SZYMANSKI (1986, 1994) beschrieben:

Das Verfahren nimmt sich die Entwicklung in natürlichen Eichenwäldern zum Vorbild, in denen der Oberboden plätzeweise von Wildschweinen aufgebrochen wird. Dadurch entstehen

nach Darstellung der Autoren ideale Keimbedingungen für die Eicheln aus Eichenmasten. Der dann örtlich konzentriert dicht aufwachsende Jungwuchs stellt eine Art biologischer Schutzgemeinschaft dar und beschattet den Boden innerhalb der Gruppe so stark, dass Konkurrenzvegetation zurückgehalten wird. Gleichzeitig stehen die Eichen miteinander in so intensiver Konkurrenz, dass ein günstiges Mikroklima innerhalb des Nestes entsteht und eine frühzeitige Differenzierung und Astreinigung erfolgt. Als weitere Hypothese wird genannt, dass die Eichen im Inneren des Nestes durch die Randeichen vor dem Verbiss durch Rehwild geschützt werden.

SZYMANSKI, 1975 empfiehlt (auf nährstoffreichen, wüchsigen Standorten) die Pflanzung von 21 Eichen auf einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> im Pflanzverband 25 x 25 cm und einem Abstand zwischen den Nestern von 4 x 4 oder 5 x 8 m. Im Alter von 30 Jahren soll nach seinem Modell eine Eiche pro Nest als Z-Baum (ZB) – Option übrig bleiben.

In Anlehnung an dieses Konzept wurden in Rheinland-Pfalz bereits 1988 erste Versuche mit Eichen-Nesterpflanzungen angelegt. In der Folgezeit wurden bis 1994 auf Sturmschadensflächen weitere Versuche der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (FAWF) in den heutigen Forstämtern Bienwald, Dhronneck, Johanniskreuz und Rennerod sowie durch das Waldbauinstitut der Universität Freiburg in den Forstämtern Simmern und Soonwald begründet. Über die seit 15 Jahren gesammelten Ergebnisse und Erfahrungen mit den Eichen-Nesterpflanzungen auf den verschiedenen Standorten von Rheinland-Pfalz soll hier berichtet werden.

Erfahrungen über die Eichen-Nesterpflanzungen in Deutschland wurden von MANGOLD (1988), GUSSONE und RICHTER 1994, KOSS (1995), GUERICKE (1996) und DONG (1999) berichtet. Aufgrund des geringen Alters der Versuche konnten bis jetzt nur vorläufige Schlussfolgerungen zur Eignung der Eichen-Nesterpflanzung gezogen werden.



**Abb. 1: Eichennest eingebettet in der Begleitflora (Forstamt Johanniskreuz)**

## **2. Versuchskonzept, Versuchsanlagen und Aufnahmemethodik**

### **2.1 Versuchskonzept**

Das Versuchskonzept dient der Klärung folgender Fragen:

- Eignet sich das Verfahren der Eichen-Nesterpflanzung zur extensiven Begründung von Eichenbeständen mit Wertleistungsoptionen?
- Wie groß ist der Einfluss der Begleitflora aus natürlicher Sukzession auf die qualitative Entwicklung der Nester-Eichen?
- Wie hoch ist der Pflegeaufwand zur Qualitätssteuerung der Nester-Eichen?
- Ist eine waldbauliche Einbeziehung und Pflege von Bäumen (Birke, Lärche, Fichte, Buche usw.) aus natürlicher Sukzession in den Zwischenfeldern möglich bzw. sinnvoll?

Dabei werden die Maßnahmen nach folgendem Ablauf durchgeführt:

- In den ersten Jahren (1. bis 4. Jahr) nach der Begründung sind die Eichen-Nester je nach Konkurrenzstärke der Sukzessionsflora insbesondere von eingeflogenen anderen Baumarten zu befreien.
- Wird die Frage nach Einbeziehung und Pflege der Bäume aus natürlicher Sukzession bejaht, so sind etwa 10 Jahre nach der Begründung der Nester Eingriffe im Zwischenfeld und die Auswahl sowie Pflege der gut veranlagten Bäume aus natürlicher Sukzession vorgesehen, um einen zielgerechten, gesicherten Eichen-Mischbestand zu gewährleisten.
- Etwa 15 Jahre nach der Begründung werden die Eichen-Nester von 21 Eichen auf 3-5 beste Eichen reduziert. Zudem erfolgt eine weitere Förderung der gut veranlagten Bäume im Zwischenfeld.
- Etwa 30 Jahre nach der Begründung wird die Anzahl der Eichen pro Nest auf eine beste Eiche reduziert. Somit stehen nach 30 Jahren im günstigsten Fall bis zu 204 gute Eichen auf dem Hektar. Wenn im Endbestand 70-80 Eichen/ha stehen sollten, würde eine stehende gute Eiche pro Nest für eine genügende Reserve für eine weitere Behandlung darstellen.

Mit Ausnahme der Versuchsfläche im Forstamt Bienwald (Tab. 2) wurde neben 2 Nestgrößen (1m<sup>2</sup> und 4m<sup>2</sup>) und 2 Pflanzverbänden (0,25 x 0,25m bzw. 0,5 x 0,5m) ein einheitlicher Nestverband (7 x 7m) und immer die gleiche Pflanzenzahl (21) pro Nest gewählt.

## 2.2 Die Versuchsanlagen

Wie ausgeführt, wurden die Versuchsanlagen zwischen 1988 und 1994 in den Forstämtern Bienwald, Johanniskreuz, Dhronencken, Rennerod, Simmern und Soonwald angelegt. Die Tabelle 1 enthält Angaben über Lage, Klima und Boden.

**Tab. 1: Standort der Eichen-Nesterpflanzungen**

Forstamt	Abt.	Höhe ü. NN (m)	Klimawerte (1988-2005)		Böden
Bienwald	VIII 3b <sup>1</sup>	105	a) 10,8 b) 16,3	c) 737 d) 348	wechselfrische eiszeitliche Sande
Johanniskreuz	II 9d <sup>1</sup>	520	a) 9,7 b) 15,1	c) 960 d) 420	mesotrophe, mäßig frische Braunerde
Dhronencken	107d	640	a) 7,2 b) 12,3	c) 1100 d) 477	Verwitterungslehm – Pseudogley
Rennerod	19a	420	a) 8,6 b) 13,8	c) 885 d) 423	Braunerde aus Basaltverwitterung
Simmern	134, 139	440	a) 6,6 b) 12,2	c) 900 d) 423	Skelettarmer Pseudogley
Soonwald	35, 40	390	a) 6,9 b) 12,2	c) 734 d) 383	Braunerde-Pseudogley

a) Temperaturmittel im Jahr (° C)

b) Temperatur in der Vegetationszeit (° C)

c) Niederschläge im Jahr (mm)

d) Niederschläge in der Vegetationszeit (mm)

Die Versuchsflächen decken die wesentlichsten Standortsspektren von Rheinland-Pfalz ab (Forstamt Bienwald, Wuchsgebiet Oberrheinisches Tiefland über das Wuchsgebiet Pfälzer-

wald (Forstamt Johanniskreuz) zu den Pseudogley-Standorten des Wuchsgebietes Hunsrück (Forstamt Dhronecken)). Tabelle 2 enthält die detaillierten Angaben über die Versuchsanlagen der Eichen-Nestpflanzungen.

**Tab. 2: Versuchsanlagen in Rheinland-Pfalz**

<b>Nestpflanzungsversuche der FAWF in Rheinland-Pfalz (Stand: August 2006)</b>										
<b>Forstamt (früher)</b>	<b>Parz.- Nr.</b>	<b>Nest- größe</b>	<b>Nest- verband</b>	<b>Pflanz- Verband</b>	<b>Eichen/ Nest</b>	<b>Anzahl Nester</b>	<b>Baum- art</b>	<b>Pflanz- art</b>	<b>Pflanz- jahr</b>	<b>Alter</b>
		M <sup>2</sup>	m	cm	Stück	Stück	*)	**)		Jahr
<b>Bienwald</b> (Hagenbach)	2, 4	1	10 x 10	0,25 x 0,25	21	50	SEi 2+1	LP	2001	9
	5	1	5 x 5	0,25 x 0,25	21	113	SEi 1+1	PE	1988	20
	6	1	6 x 4	0,33 x 0,33	12	157	SEi 1+1	PE	1988	20
<b>Dhronecken</b> (Morbach)	9,11,13	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	147	TEi 1+0	LP	1994	13
	8,10,12	4	7 x 7	0,50 x 0,50	21	147	TEi 3+0	LP	1993	16
<b>Johanniskreuz</b>	10	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	25	TEi 1+0	PE	1991	16
	11	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	54	TEi 1+0	KS	1991	16
	12	4	7 x 7	0,50 x 0,50	21	56	TEi 5+0	WP	1991	20
<b>Rennerod</b>	2	1	in Lücken	0,25 x 0,25	21	29	SEi 2+0	LP	1992	16
	3	1	in Lücken	0,25 x 0,25	21	17	SEi 2+0	LP	1992	16
<b>Simmern</b> (Kirchberg) Vorwald- Versuch der Uni. Freiburg	1203	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	SEi 2+0	WP	1991	17
	2203	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	SEi 2+0	WP	1991	17
	1313	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	SEi 3+0	LP	1991	18
	2313	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	SEi 3+0	LP	1991	18
	401	4	7 x 7	0,50 x 0,50	21	49	SEi 2+2	LP	1991	19
	402	4	7 x 7	0,50 x 0,50	21	49	SEi 2+2	LP	1991	19
<b>Soonwald</b> (Entenpfuhl) Vorwald- Versuch der Uni. Freiburg	403	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	SEi 2+0	WP	1991	17
	1203	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	TEi 2+0	WP	1991	17
	2203	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	TEi 2+0	WP	1991	17
	601	4	7 x 7	0,50 x 0,50	21	49	TEi 2+3	LP	1991	20
	602	4	7 x 7	0,50 x 0,50	21	49	TEi 2+3	LP	1991	20
603	1	7 x 7	0,25 x 0,25	21	49	TEi 2+0	WP	1991	17	
<b>Summe: 1383</b>										

\*) SEi = Stieleiche, TEi = Traubeneiche

\*\*\*) LP = Lochpflanzung, PE = Pfälz. Eisen, KS = Klemmspaten, WP = Winkelpflanzung

### 2.3 Aufnahmemethodik

15–20 Jahre nach der Pflanzung heben sich 3–5 Eichen pro Nest in ihrem Wachstum erheblich vom Restkollektiv ab, sodass eine erste vorsichtige Qualitätsbewertung von vitalen Eichen und damit der potentiellen ZB – Optionen möglich wurde.

Bei der umfassenden Aufnahme aller Nesterpflanzungsversuche im Jahre 2006 wurden folgende Parameter erhoben:

- **Gesamtkollektiv aller Eichen im Nest :**

Mortalität, BHD und Position aller Eichen im Nest (Rand - oder Kerneiche)

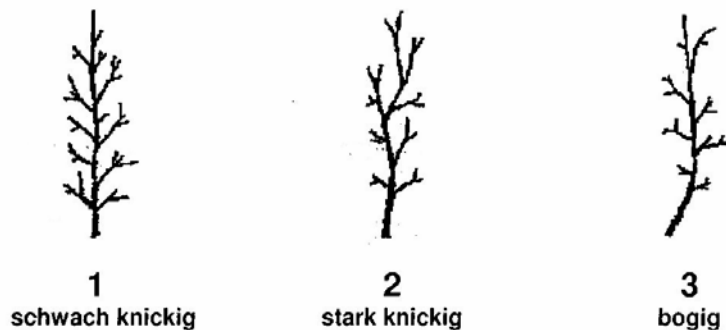
- **Kollektiv der 3 – 5 vitalsten Eichen in einem Nest:**

Baumhöhe, h/d-Wert, Länge der Totastzone, Durchmesser des ersten Grünastes, Anzahl von ZB – Optionen pro Nest.

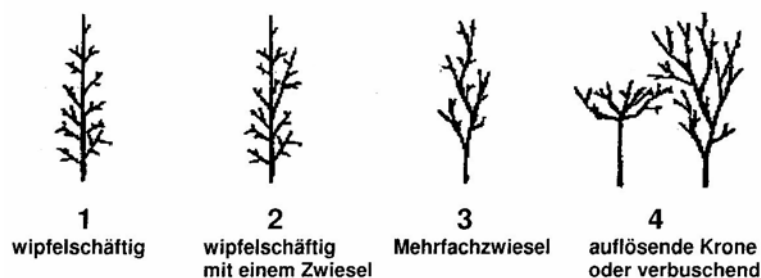
- **Stamm – u. Kronenform nach folgenden Kriterien:**

Stammform: schwach knickig (Sf 1), stark knickig (Sf 2) und bogig (Sf 3) (Abb. 2)

Kronenform: wipfelschäftig (Kf 1), wipfelschäftig mit einem Zwiesel (Kf 2), Mehrfachzwiesel (Kf 3) und auflösende Krone oder verbuschend (Kf 4) (Abb. 3)



**Abb. 2: Stammformen der Eiche (modifiziert nach GOCKEL, 1994)**



**Abb. 3: Kronenformen der Eiche (modifiziert nach GOCKEL, 1994)**

Die Versuchsflächen der FAWF waren von Versuchsbeginn an alle gezäunt, während in den Forstämtern Simmern und Soonwald (Versuchsflächen der Universität Freiburg) nur Teilflächen eingezäunt wurden. Eichennester auf Teilflächen, die nicht geschützt waren, sind durch Wildverbiss stark geschädigt und in einem Fall (Parz. 603, FA Soonwald) völlig untergegangen. Diese Nester und einzelne Nester auf kleinflächig stark vernässten Standorten



wurden daher nicht in die Auswertung mit einbezogen. Die von uns nicht geteilte Hoffnung, in der Mitte des Nestes würden Pflanzen unbeschädigt bleiben, hat sich wohl auch auf Grund der Flächengröße der Nester nicht bewahrheitet.

Zusätzlich erfolgte eine Aufnahme der Begleitbaumarten an den Stichprobenpunkten der Zwischenfelder (Baumart, Anzahl, BHD und Baumhöhe). Aufgrund der hohen Anzahl an Nestern wurde in jeder zweite Reihe jedes zweite Nest gemessen (Stichprobenumfang: 18%).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Ergebnisse der waldwachstumskundlichen Aufnahmen

Ergebnisse der Aufnahme im Jahr 2006 über Ausfall, BHD des Gesamtkollektivs, Höhe und BHD des Kollektivs der vitalen Eichen und deren h/d-Werte sind in der Tab. 3 ersichtlich

**Tab. 3: Waldwachstumskundliche Daten der Eichen-Nesterpflanzung (Aufnahme 2006)**

Forstamt	Parz.	Alter	Baumart	Eck-Pflanzen	Nestgrösse	Ausfall	BHD-Gesamtkollektiv	Kollektiv der vitalen Eichen		
								Höhe	BHD	h/d
		Jahr	*)	**)	m <sup>2</sup>	%	cm	m	cm	
<b>Bienwald</b>	5	20	SEi		1	72	3,7	8,1	6,1	133
	6	20	SEi		1	61	4,0	9,2	6,2	148
<b>Dhronecken</b>	8	16	TEi		4	11	2,8	5,7	4,8	119
	9	13	TEi		1	36	2,3	4,5	4,1	110
	10	16	TEi		4	18	2,9	5,4	4,8	113
	11	13	TEi		1	39	1,9	4,7	3,4	138
	12	16	TEi		4	28	3,3	5,5	5,0	110
	13	13	TEi		1	29	2,2	4,7	3,4	138
	10	16	TEi		1	37	3,7	7,2	6,5	111
<b>Johanniskreuz</b>	11	16	TEi		1	47	2,7	6,4	4,5	142
	12	20	TEi	4 Buchen	4	42	3,8	8,1	6,5	125
	401	17	SEi	4 Buchen	4	19	2,9	7,4	6,4	116
<b>Simmern</b>	402	17	SEi		4	25	3,8	6,3	6,4	98
	403	17	SEi	8 Buchen	1	31	3,2	6,2	5,2	119
	1203	17	SEi		1	28	4,2	6,6	7,5	88
	1313	17	SEi	4 Erlen	1	22	3,4	6,1	6,1	100
	2203	17	SEi		1	30	3,1	7,2	5,8	124
	2313	17	SEi	4 Erlen	1	22	4,2	6,3	7,6	83
	601	20	TEi	4 Buchen	4	62	3,0	6,4	5,6	114
<b>Soonwald</b>	602	20	TEi		4	50	2,8	6,4	4,4	145
	1203	17	TEi		1	49	3,0	6,2	6,2	100
	2203	17	TEi		1	40	2,0	5,9	5,5	107
	<b>Mittelwerte</b>					<b>36</b>	<b>3,1</b>	<b>6,4</b>	<b>5,5</b>	<b>116</b>

\*) SEi = Stieleiche, TEi = Traubeneiche

\*\*) Zusätzliche Pflanzung von Buchen oder Erlen an den Ecken der Eichen-Nester

Die Ergebnisse der Tabelle 3 zeigt, wie sehr sich das Kollektiv der vitalen Eichen (VK) zum Gesamtkollektiv (GK) differenziert hat ( $BHD_{VK} = 5,6\text{cm}$  im Vergleich zu  $BHD_{GK}$  von  $3,2\text{cm}$ ).

Von den ursprünglich gepflanzten Eichen sind im Durchschnitt 36 % (Tab. 3) ausgefallen.

Der durchschnittlichen h/d-Wert der vitalen Eichen von 117 kann als für das erreichte Alter typisch angesehen werden (Tab. 3).

Interessant ist die Qualifizierung der vitalen Eichen, die eine ZB-Option erfüllen. Demnach konnten in 59% der aufgenommenen Nester ein oder mehrere ZB-Optionen gefunden werden. Allerdings werden in 7 von 19 beurteilten Parzellen keine 100 ZB-Optionen erreicht. Bis auf eine Ausnahme im Forstamt Johanniskreuz (Parz. 11) waren diese Parzellen sämtlich ohne einen schützenden Zaun. Dies bedeutet, dass mit der beschriebenen Nester-Begründung von Eichenbeständen nur mit Zaunschutz genügend wertzielentsprechende Optionen zu finden sind (Tab. 4).

**Tab. 4: Waldwachstumskundliche Daten der Z-Baumoptionen (Aufnahme 2006)**

Forstamt	Parz.	Alter	Baumart	Nestgrösse	Anzahl der Nester	Anzahl der ZB-Optionen	Kollektiv der ZB-Optionen		
							Höhe	BHD	h/d
		Jahr	*)	m <sup>2</sup>	Nester/ha	Stück/ha	m	cm	
<b>Bienwald</b>	5	20	SEi	1	400/204	294/150**)	9,7	6,8	143
	6	20	SEi	1	278/204	150/110**)	9,6	6,7	143
<b>Dhronen</b>	8	16	TEi	4	204	204	6,1	5,3	115
	9	13	TEi	1	-	-	-	-	-
	10	16	TEi	4	204	204	5,6	5,0	112
	11	13	TEi	1	-	-	-	-	-
	12	16	TEi	4	204	159	6,1	5,6	109
	13	13	TEi	1	-	-	-	-	-
<b>Johanniskreuz</b>	10	16	TEi	1	204	173	7,3	6,8	107
	11	16	TEi	1	204	69	7,9	6,4	123
	12	20	TEi	4	204	137	9,3	7,1	131
<b>Simmern</b>	401	17	SEi	4	204	69	7,9	6,7	118
	402	17	SEi	4	204	137	6,7	6,0	112
	403	17	SEi	1	204	69	7,3	7,3	100
	1203	17	SEi	1	204	91	7,2	7,3	99
	1313	18	SEi	1	204	91	5,9	5,7	104
	2203	17	SEi	1	204	137	7,4	5,5	135
<b>Soonwald</b>	2313	18	SEi	1	204	143	6,5	7,4	88
	601	20	TEi	4	204	204	6,6	5,6	118
	602	20	TEi	4	204	204	6,4	4,4	145
	1203	17	TEi	1	204	46	7,0	5,4	130
	2203	17	TEi	1	204	23	6,7	7,2	93
<b>Mittelwerte</b>					<b>127</b>	<b>7,2</b>	<b>6,2</b>	<b>117</b>	

\*) SEi = Stieleiche, TEi = Traubeneiche

\*\*\*) Anzahl der ZB-Optionen auf Nestverband 7 x 7 m gerechnet.

### 3.2 Ergebnisse der Qualitätsbeurteilung

Zur Beurteilung des qualitativen Zustandes der vitalen Nestereichen in Abhängigkeit zur Dichte der natürlichen Sukzession wurde das Kollektiv der 16 bzw. 18jährigen Eichen herangezogen. Dazu wurden die 6 Parzellen mit der niedrigsten Dichte (ND-Parzellen: 1.060 Bäume/ha) mit 6 Parzellen der höchsten Dichte an Begleitbaumarten (HD-Parzellen: 3.285 Bäume/ha) miteinander verglichen. Aus der Tab. 5 sind die Ergebnisse der Aufnahme im Jahr 2006 zu Stammform und Kronenform sowie zur Astreinheit der Nestereichen-Schäfte zu ersehen.

**Tab. 5: Qualitätsbeurteilung des Kollektivs der vitalsten Eichen (Aufnahme 2006)**

Forstamt	Parz.	Alter	Höhe	Ast-reiner Schaft	ZB-Option	Stammform			Kronenform			
						Sf 1	Sf 2	Sf 3	Kf 1	Kf 2	Kf 3	Kf 4
			m	m	St./ha	%	%	%	%	%	%	%
<b>Versuchspartellen mit höchster Dichte an Begleitbaumarten (HD-Parzellen)</b>												
<b>Dhronecken</b>	8	16	6,1	3,0	204	69	17	14	41	52	0	7
	10	16	5,6	3,2	204	74	21	5	58	32	0	11
	12	16	6,1	3,3	159	57	20	23	51	43	0	6
<b>Johanniskreuz</b>	10	16	7,3	2,8	173	78	3	19	43	49	5	3
	11	16	7,9	2,6	69	71	9	21	47	50	0	3
<b>Simmern</b>	2203	17	7,4	1,6	137	29	52	19	19	29	43	10
<b>Mittelwert</b>			<b>6,7</b>	<b>2,7</b>	<b>158</b>	<b>64</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
<b>Versuchspartellen mit niedrigster Dichte an Begleitbaumarten (ND-Parzellen)</b>												
<b>Simmern</b>	403	17	7,3	1,1	69	47	20	33	27	33	27	13
	1203	17	7,2	1,0	91	23	43	33	17	17	43	23
	1313	18	5,9	1,0	91	67	17	17	17	33	50	0
	2313	18	6,5	1,1	143	37	44	19	11	41	48	0
<b>Soonwald</b>	1203	17	7,0	1,6	46	46	38	17	17	50	29	4
	2203	17	6,7	1,7	23	22	16	61	0	28	44	28
<b>Mittelwerte</b>			<b>6,8</b>	<b>1,3</b>	<b>77</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>13</b>

*Stammform:* Sf 1: schwach knickig, Sf 2: stark knickig, Sf 3: bogig (Abb. 1)

*Kronenform:* Kf 1: wipfelschäftig, Kf 2: wipfelschäftig mit einem Zwiesel, Kf 3: mehrfach-Zwiesel, Kf 4: auflösende Krone oder verbuschend (Abb. 2)

### **3.2.1 Natürliche Astreinigung**

Die Daten der Tab. 5 zeigen eindrucksvoll, dass der Abschnitt des astreinen Schaftes der Nestereichen in den Versuchspartellen mit höchster Dichte an Begleitbaumarten mehr als doppelt so lang (2,7 m im Vergleich zu 1,3 m) wie der der Nestereichen in den Versuchspartellen mit niedrigster Dichte an Begleitbaumarten ist. Dies macht deutlich, von welcher entscheidender Bedeutung das Aufkommen der Begleitbaumarten für die natürliche Astreinigung und damit für die Qualifizierung der Nestereichen ist.

Neben dem Aufkommen der Baumarten aus natürlicher Sukzession spielen auch Art und Umfang von Pflegemaßnahmen eine wichtige Rolle für die Qualitätsentwicklung der Nestereichen. Während auf den Versuchsflächen der FAWF (Bienwald, Dhroncken und Johanniskreuz) nur alle 3-4 Jahre punktuelle Eingriffe zur Förderung einzelner bedrängter Nester erfolgten, wurden auf den Versuchsflächen der Universität Freiburg (Simmern und Soonwald) zumindest einmal (1995) alle „*verholzte Begleitvegetation*“ entfernt und 2001 alle Nester im Radius vom 1 m „*ausgekesselt*“. Diese Pflegemaßnahmen hemmen zusätzlich das Fortschreiten der natürlichen Astreinigung (Tab. 5).

### **3.2.2 Stamm- und Kronenform**

So ist nicht nur die natürliche Astreinigung in den HD-Versuchspartellen im Vergleich zu den ND-Versuchspartellen viel weiter fortgeschritten, auch die Stamm- und Kronenformen sind bei den Versuchspartellen mit höchster Dichte an Begleitbaumarten wesentlich besser (Tab. 5). Während in den ND-Parzellen nur 36% der Eichen in Sf 1 (gerade und schwach knickig) und 30% in Sf 3 (bogig) eingestuft werden konnten, betragen diese bei den HD-Parzellen in Sf 1 68% und in Sf 3 nur 18% (Tab. 5). Die hohe Anzahl der Bäume mit guten Stamm- und Kronenformen ermöglicht eine große Auswahl an ZB-Optionen

### **3.2.3 Anteil von ZB-Optionen**

Ähnlich wie bei der natürlichen Astreinigung und bei der Stamm- wie Kronenform konnten in den HD-Parzellen die doppelte Anzahl von ZB-Optionen gefunden werden (158 ZB-Optionen/ha) wie in den ND-Parzellen, die dort 77 ZB-Optionen/ha (Tab. 5) betrug. Soll von einer Anzahl von etwa 70 guten Eichen/ha im Endbestand ausgegangen werden, bieten die Versuchspartellen mit ausreichend angekommenen Begleitbaumarten eine große Auswahl an guten Eichen.

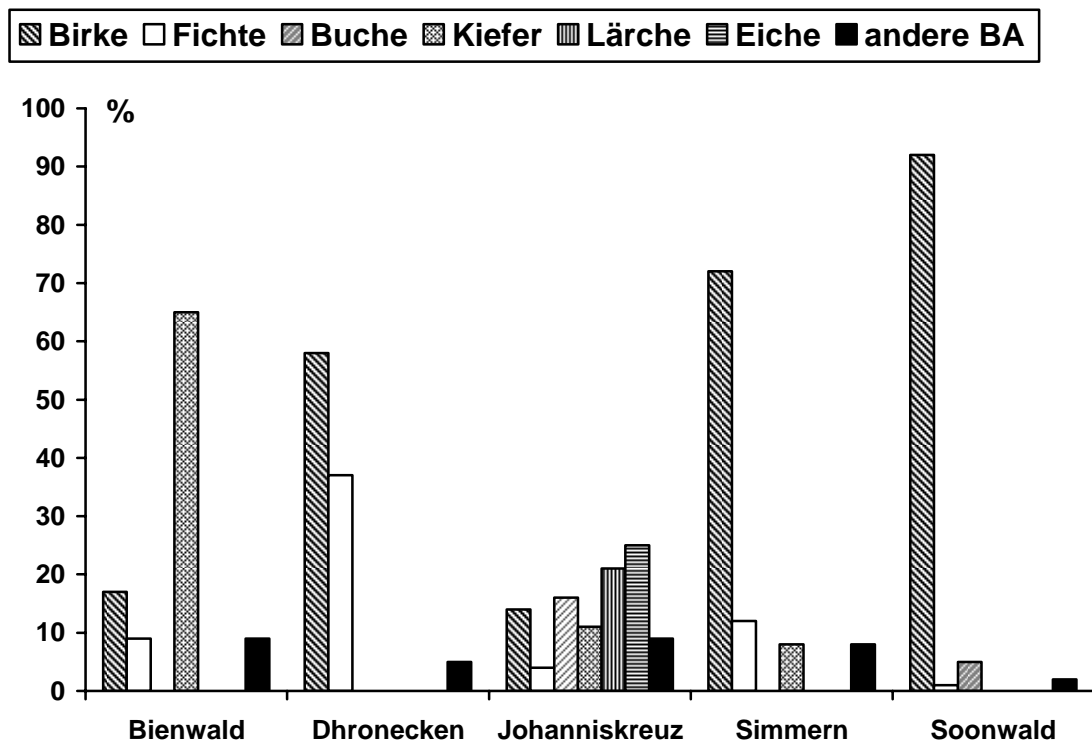
### 3.3 Ergebnisse der Aufnahmen der Begleitbaumarten

Auf allen Versuchsflächen haben sich die Begleitbaumarten, allerdings in sehr unterschiedlicher Dichte, eingefunden. In einigen Versuchsflächen (Forstamt Simmern, Soonwald) wurde die Begleitbaumarten bei den dem Versuchsprogramm der Universität Freiburg entsprechenden Pflegemaßnahmen sogar entfernt.

Die Zahlen in Tab. 6 geben den derzeitigen Zustand wieder.

**Tab. 6: Anzahl der Begleitbaumarten aus der natürlichen Sukzession (Aufnahme 2006)**

Forstamt	Birke	Fichte	Buche	Kiefer	Lärche	Eiche	andere Baumarten	N / ha
<b>Bienwald</b>	1.488 17%	833 9%		5774 65%			754 9%	8.849 100%
<b>Dhronecken</b>	1.945 58%	1.238 37%					186 5%	3.369 100%
<b>Johanniskreuz</b>	465 14%	128 4%	552 16%	371 11%	720 21%	868 25%	297 9%	3.401 100%
<b>Simmern</b>	1.004 72%	163 12%		114 8%			114 8%	1.395 100%
<b>Soonwald</b>	2.320 92%	38 1%	114 5%				57 2%	2.529 100%



**Abb. 4: Graphische Darstellung der Verteilung von Begleitbaumarten in den verschiedenen Forstämtern**

Demnach dominiert auf den Versuchsflächen im Hunsrück (Forstamt Dhronen) klar die Pionierbaumart Birke, gefolgt von der Fichte. Im Forstamt Bienwald ist die Kiefer am häufigsten vertreten, während sich im Forstamt Johanniskreuz eine „bunte“ Mischung aus Birke, Lärche, Kiefer, Eberesche und Salweide natürlich eingefunden hat (Tabelle 6), deren vitalsten und qualitativ besten Exemplare, geastet und freigestellt wurden, wie die Abb. 4 und 5 zeigen.



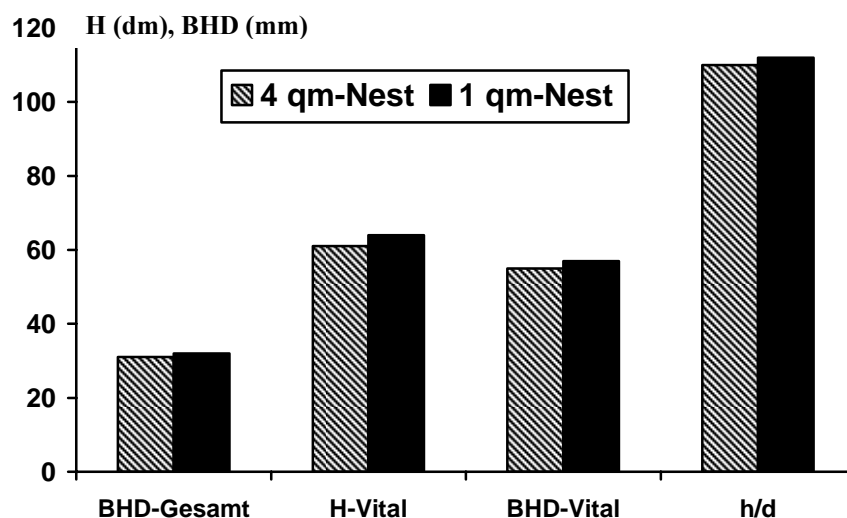
**Abb. 5: Begleitbaumarten in der Eichen-Nesterpflanzung im Forstamt Johanniskreuz**

### 3.4 Wachstum der Nestereichen in verschiedenen Nestergrößen

Um die Wirkung unterschiedlicher Pflanzverbände und der Nestergrößen auf das Wachstum und die Qualitätsentwicklung der Eichen zu prüfen, wurden das vitalste Kollektiv der 5 Versuchsparzellen mit der Nestergröße von 1 m<sup>2</sup> mit dem der 5 gleich alten Parzellen mit der Nestergröße von 4 m<sup>2</sup> verglichen (Tab. 7 und Abb. 6).

**Tab. 7: Waldwachstumskundliche Daten der Eichen in den Versuchsf lächen mit den verschiedenen Nestergrößen (Aufnahme 2006)**

Forstamt	Parz.	Alter	Baumart	Nestergröße	BHD-Gesamtkollektiv	Kollektiv der vitalen Eichen		
						Höhe	BHD	h/d
		Jahr		m <sup>2</sup>	cm	m	cm	
<b>Kollektiv der vitalsten Eichen in den Nestergrößen von 4 m<sup>2</sup></b>								
<b>Dhronecken</b>	8	16	TEi	4	2,8	5,7	4,8	119
	10	16	TEi	4	2,9	5,4	4,8	113
	12	16	TEi	4	3,3	5,5	5,0	110
<b>Simmern</b>	401	17	SEi	4	2,9	7,4	6,4	116
	402	17	SEi	4	3,8	6,3	6,4	98
<b>Mittelwerte</b>					<b>3,1</b>	<b>6,1</b>	<b>5,5</b>	<b>110</b>
<b>Kollektiv der vitalsten Eichen in den Nestergrößen von 1 m<sup>2</sup></b>								
<b>Johanniskreuz</b>	10	16	TEi	1	3,7	7,2	6,5	111
	11	16	TEi	1	2,7	6,4	4,5	142
<b>Simmern</b>	403	17	SEi	1	3,2	6,2	5,2	119
	1313	18	SEi	1	3,4	6,1	6,1	100
<b>Sonnwald</b>	1203	17	TEi	1	3,0	6,2	6,2	100
<b>Mittelwerte</b>					<b>3,2</b>	<b>6,4</b>	<b>5,7</b>	<b>112</b>



**Abb. 6: Wachstum der Eichen in verschiedenen Nestergrößen**

Die in der Tab. 7 und der Abb. 6 dargestellten Aufnahmeergebnisse lassen keine Unterschiede im Wachstum der Nestereichen in den verschiedenen Nestergrößen erkennen.

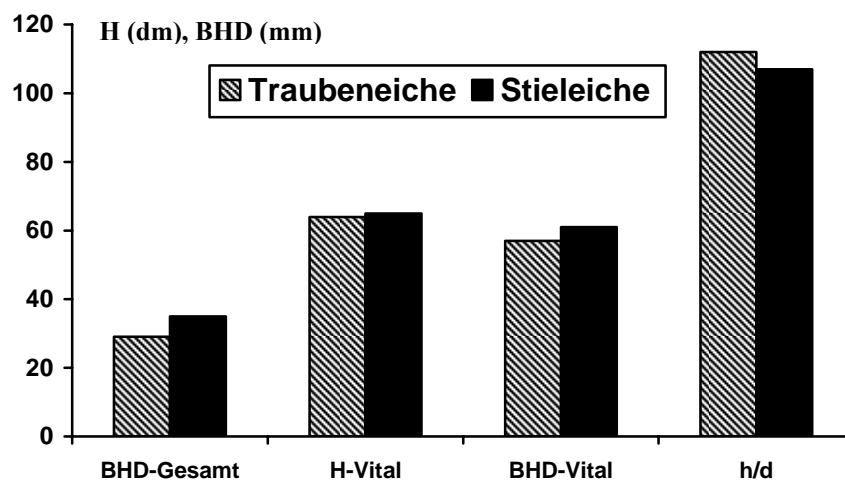
### 3.5 Wachstums- und Qualitätsvergleich zwischen Trauben- und Stieleichen

Zu einem Vergleich des Wachstums und der Qualität der Trauben- und Stieleichen boten sich die Aufnahmedaten der 1m<sup>2</sup>-Nester in der Altersgruppe 16 bis 18jährige Eichen an (wiederum ohne Berücksichtigung der standörtlichen Verschiedenheiten).

Der Vergleich der waldwachstumskundlichen Daten zeigt - bis auf ein geringeres Höhen- und Durchmesserwachstum und einen höheren h/d-Wert der Traubeneichen gegenüber den Stieleichen keine eindeutigen Vorteile bei einer der Eichenarten (Tab. 8 und Abb.7).

**Tab. 8: Waldwachstumskundliche Daten der Eichen in den Versuchsflächen mit den verschiedenen Eichenarten (Aufnahme 2006)**

Forstamt	Parz.	Alter Jahr	Baum- art	Nest- grösse m <sup>2</sup>	BHD- Gesamt- kollektiv cm	Kollektiv der vitalen Eichen		
						Höhe m	BHD cm	h/d
<b>Traubeneiche</b>								
<b>Johanniskreuz</b>	10	16	TEi	1	3,7	7,2	6,5	111
	11	16	TEi	1	2,7	6,4	4,5	142
<b>Soonwald</b>	1203	17	TEi	1	3,0	6,2	6,2	100
	2203	17	TEi	1	2,0	5,9	5,5	107
<b>Mittelwerte</b>					<b>2,9</b>	<b>6,4</b>	<b>5,7</b>	<b>112</b>
<b>Stieleiche</b>								
<b>Simmern</b>	403	17	SEi	1	3,2	6,2	5,2	119
	1203	17	SEi	1	4,2	6,6	7,5	88
	1313	18	SEi	1	3,4	6,1	6,1	100
	2203	17	SEi	1	3,1	7,2	5,8	124
<b>Mittelwerte</b>					<b>3,5</b>	<b>6,5</b>	<b>6,1</b>	<b>107</b>



**Abb. 7: Wachstum der Trauben- und Stieleichen der 1 m<sup>2</sup>-Nester**

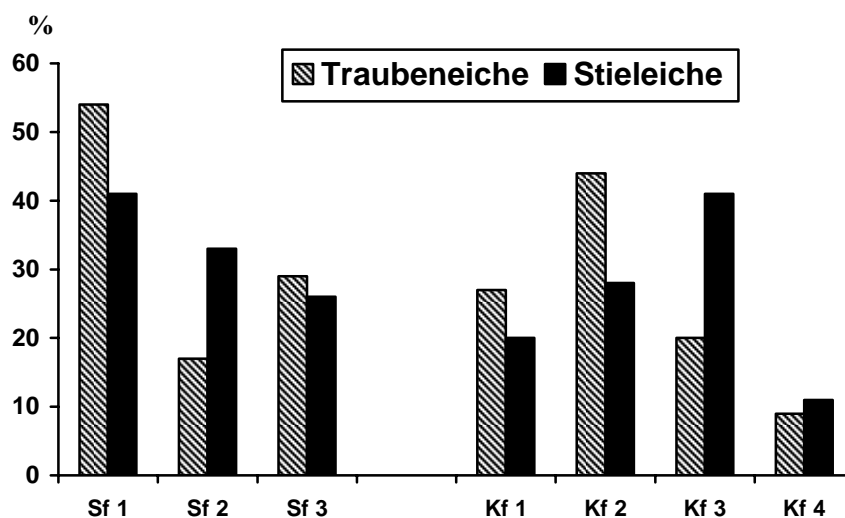


Beim Vergleich der Stamm- und Kronenqualität zwischen Trauben- und Stieleiche liegen die Vorteile eindeutig bei der Traubeneiche.

Die Traubeneichen schneiden bei der Beurteilung der Hauptkriterien: **Stammform:** Sf 1 = gerade und schwach knickig mit 54 % zu 41 % und **Kronenform:** Kf 1 = wipfelschäftig mit 27 % zu 20 % besser ab als die Stieleichen (Tab.9 und Abb.8).

**Tab. 9: Stamm- und Kronenform der Trauben- und Stieleiche**

Forstamt	Parz.	Alter	Baumart	Nestgröße	Stammform			Kronenform			
					Sf 1	Sf 2	Sf 3	Kf 1	Kf 2	Kf 3	Kf 4
				m <sup>2</sup>	%	%	%	%	%	%	%
<b>Traubeneiche</b>											
Johanniskreuz	10	16	TEi	1	78	3	19	43	49	5	3
	11	16	TEi	1	71	9	21	47	50	0	3
Soonwald	1203	17	TEi	1	46	38	17	17	50	29	4
	2203	17	TEi	1	22	16	61	0	28	44	28
<b>Mittelwerte</b>					<b>54</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>44</b>	<b>20</b>	<b>9</b>
<b>Stieleiche</b>											
Simmern	403	17	SEi	1	47	20	33	27	33	27	13
	1203	17	SEi	1	23	43	33	17	17	43	23
	1313	18	SEi	1	67	17	17	17	33	50	0
	2203	17	SEi	1	29	52	19	19	29	43	10
<b>Mittelwerte</b>					<b>41</b>	<b>33</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>41</b>	<b>11</b>



**Abb. 8: Stamm- und Kronenform der Trauben- und Stieleiche der 1 m<sup>2</sup>-Nester**

#### **4. Schlussfolgerungen**

Die Wiederbewaldung von Sturmwurfflächen mit erfolgsversprechendem möglichst extensivem Mitteleinsatz stellt nach unseren aktuellen Ergebnissen heute, aber wohl auch in Zukunft eine waldbaulich bedenkenswerte, ökonomisch günstige Alternative zur herkömmlichen Begründung von Eichennachzuchtflächen auf Freiflächen dar. Auf Störungsflächen findet sich, wenn dies nicht massiv durch Wildfraß verhindert wird, rasch Naturverjüngung von nicht zu weit entfernten Samenbäumen, vor allem aber von Pionierbäumen und -Sträuchern ein. Daraus eröffnen sich spätere Potenziale für eine qualitativ hochwertige Bestockung aus standortgerechten Baumarten.

Das Ankommen der Begleitflora und der von ihr garantierte Pflegeeffekt sind eine entscheidende Voraussetzung für den waldbaulichen Erfolg. Ohne Begleitflora wurde in anderen Versuchen das Entstehen des sogenannten „Blumenstraußeffektes“ beschrieben. In unseren Flächen konnte dieses Phänomen wegen der überall durch intensiven Verbisschutz garantierten ausreichenden Begleitflora nicht beobachtet werden.

Die Vorteile der Eichen-Nesterpflanzung liegen einerseits in der waldbaulichen Nutzung der natürlichen Sukzession und andererseits in der Möglichkeit einer deutlich reduzierten Bestandespflege. Durch die Pflanzung der Eichen in Form von Nestern (nur 2% der Fläche bei den 1m<sup>2</sup>-Nestern bzw. 8% bei den 4 m<sup>2</sup>-Nestern) sind die Pflegemaßnahmen z. B. gegenüber konventioneller Eichen-Pflanzungen auf ein Mindestmaß reduziert. Wichtige Vorteile bei der Arbeitstechnik der Pflegeeingriffe sind die gute Auffindbarkeit der Nester und die Möglichkeit nur punktuell eingreifen zu können.

Die Vorerträge aus der waldbaulichen Nutzung von natürlicher Sukzession auf 92% bzw. 98% der Fläche können, angesichts der langen Produktionsdauer von Werteichen und dem späten Fluss von Erträgen, wirtschaftlich interessant und erwünscht sein. Die Pionierbaumarten Birke, Lärche und Kiefer, aber auch die sich später einfindenden Baumarten wie Fichte und Buchen bieten eine Fülle von Möglichkeiten, mit ihren Erträgen zur Deckung der Kulturkosten und der Pflegemaßnahmen beizutragen. Mit ihren kurzen Produktionszeiten (40-50 Jahre für Birke, 80 Jahre für Lärche und Fichte, 100 Jahre für Kiefer) können sie eine willkommene Zwischennutzung darstellen. Allerdings ist es von Beginn an unerlässlich, sich über die mögliche Anzahl und die notwendigen Abstände diese Zwischennutzungsbäume zur Lichtbaumart Eiche im Klaren zu sein. Zielgerechter Endbestand soll ein Eichen-Buchen-Mischbestand sein.

Nach 15jähriger Beobachtung können die Fragen des Versuchskonzepts noch nicht endgültig beantwortet werden. Die Ergebnisse der aktuellen Aufnahmen der Versuchsflächen der FAWF Rheinland-Pfalz zur Entwicklung der Eichen-Nesterpflanzung auf den verschiedenen Standorten von Rheinland-Pfalz lassen aber als eine erste Schlussfolgerung zu, dass sich die Nesterpflanzung als eine echte Alternative zur herkömmlichen Eichen-Bestandesbegründung anbieten könnte. Besonders auf den Windwurfflächen, die aus Gründen des Bodenschutzes zur Aufarbeitung des Sturmholzes nur auf sorgfältig geplanten Linien befahren werden dürfen, wird der Nesterpflanzung ein hoher Stellenwert beigemessen. Flächenräumungen können unterbleiben.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung können auch wertvolle Hinweise für die in der Etablierungsrichtlinie von Rheinland-Pfalz vorgesehene Pflanzung in großflächigeren „Klumpen“ geben.

Die Eichen-Nesterpflanzung auf den rheinland-pfälzischen Versuchsflächen kann wie folgt charakterisiert werden:

- **naturnah**

- Pflanzung der Eichennester: 2 - 8% der Fläche, ergänzende oder spontane Naturverjüngung: 92 - 98% der Fläche
- ungleichaltriger und stufiger Waldaufbau
- Ausnutzung der natürlichen Sukzession
- einzelstammweise Nutzung

- **Biodiversität und Zukunftsvorsorge**

- aus der Naturverjüngung entstandener Mischbestand aus verschiedenen Baumarten wie Birke, Lärche, Kiefer, Fichte, Eiche und Vogelbeere (Eberesche)
- Biodiversität gewährleistet Schutz gegen biotische und abiotische Schäden und damit
- Zukunftsvorsorge für eine nachhaltige Waldwirtschaft

- **waldbauliche Nutzung** der Baumarten aus natürlicher Sukzession

- die Baumarten aus natürlicher Sukzession haben sich sehr gut entwickelt
- die höchsten Sandbirken erreichen im Alter 13 bereits 14m Höhe bei einem BHD von 20cm
- auch Vogelbeere, Lärche, Fichte und Kiefer zeigen ein gutes Wachstum
- Vorerträge hauptsächlich durch Birke und Lärche können erwartet werden

- **wertholztauglicher Eichen-Mischbestand** unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte
- eine gute Eiche pro Nest (204 Nester/ha) reicht aus, um die Zielsetzung von 70-80 Eichen/ha zu erreichen
- Alternative für eine naturnahe Bestandesbegründung

## **5. Zusammenfassung**

Neben der traditionellen Eichen-Nachzucht aus Saat und Pflanzung wurde auf unterschiedlichen rheinland-pfälzischen Standorten die Bestandesbegründung mit der Eichen-Nesterpflanzung erprobt. Von der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) wurden zwischen den Jahren von 1988 bis 1994 Eichen-Nesterpflanzungen angelegt. Nach etwa 15jähriger Beobachtungszeit konnten Erkenntnisse gewonnen werden, die bei einer Eichen-Mischbestand-Begründung mit extensiven Pflegemaßnahmen für die forstliche Praxis von Bedeutung sein können.

Die Ergebnisse der 15jährigen Beobachtung deuten darauf hin, dass sich das Verfahren der Eichen-Nesterpflanzung zur extensiven Begründung von Eichenbeständen mit Wertleistungsoptionen eignet. Voraussetzungen dafür sind genügende Begleitbaumarten aus natürlicher Sukzession und wirksamer Schutz gegen Wildverbiss.

Die Vorteile der Eichen-Nesterpflanzung liegen nicht bei der Einsparung der Kulturkosten, sondern bei einer kostengünstigen Pflege und der waldbaulichen Nutzung der natürlichen Sukzession.

Eine besondere Eignung von Stiel- oder Traubeneiche sowie von 1m<sup>2</sup>- oder 4m<sup>2</sup>-Nestern konnte mit dieser Untersuchung bisher nicht nachgewiesen werden.

## 6. Literatur

CEITEL, J. und SZYMANSKI, S., 1975: Beurteilung der Natur- und Wirtschaftstauglichkeit angewandter Nesterpflanzung bei Begründung der Eichenmischkulturen. PTPN t. XL. Poznan, Polen (zitiert von SZYMANSKI, 1986)

DONG, P. H., 1999: Möglichkeiten der waldbaulichen Nutzung von Baumarten aus natürlicher Sukzession auf Sturmwurfflächen. Forstliche Forschungsberichte TUM und LWF München, Nr. 176, S. 131-135

GOCKEL, H. A., 1994: Soziale und qualitative Entwicklungen sowie Z-Baumhäufigkeiten in Eichen-Jungbeständen. Die Entwicklung eines neuen Pflanzschemas „Die Trupppflanzung“. Dissertation Göttingen, 168 Seiten

GUERICKE, M., 1996: Versuche zur Begründung von Eichenbeständen durch Nesterpflanzung. Forst und Holz 51, Nr. 17, S. 577-582

GUSSONE, H. A. und RICHTER, A., 1994: Eichen-Nester. Forst und Holz 49, Nr. 11, S. 300-304

HUSS, J., 2007: Langfristige Forschungs Kooperation – Schlussfolgerungen für den Waldbau in Rheinland-Pfalz. (wird in Mitteilungen aus der FAWF Rheinland-Pfalz 2007 veröffentlicht)

KOSS, H., 1995: Nesterpflanzung. Versuche zur Eichen-Nesterpflanzung als Voranbaumaßnahme unter Kiefer. Der Wald, Berlin 45, Nr. 9, S. 312-315

MANGOLD, S., 1988: Versuche mit Eichen-Nesterpflanzungen. Der Forst- und Holzwirt 43, Nr. 18, S.460-461

OGIJEWSKI, 1911: Nestmethode - Verjüngung durch dichte Plätze - (zitiert von SZYMANSKI, 1986)

SZYMANSKI, S., 1986: Die Begründung von Eichenbeständen in „Nest-Kulturen“ Der Forst- und Holzwirt 41, Nr.1, S. 3-7

SZYMANSKI, S., 1994: Ergebnisse zur Begründung von Eichenbeständen durch die Nesterpflanzung. Beiträge für die Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 28, Nr. 4, S. 160-164

# **Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Naturverjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes**

– Der Versuch „Mastlager“ der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz im Forstamt Wasgau (früher Eppenbrunn) –

**Burghard von Lüpke**

Institut für Waldbau der Universität Göttingen

## **Abstract**

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

**Influence of various cutting types on natural regeneration of a sessile oak – beech mixed stand. – The experiment “Mastlager” of the Research Institute for Forest Ecology and Forestry Rhineland-Palatinate in the district Wasgau (formerly Eppenbrunn) –**

In a ca. 300 year old sessile oak-beech mixed stand on a typical site in the “Pfälzerwald” (dystric cambisol from weathered sandstone, moderate water supply, poor nutrient supply) the Research Institute for Forest Ecology and Forestry Rhineland-Palatinate installed an experiment on natural regeneration of sessile oak in the mast year 1989 with three cutting types: irregular shelterwood (three gaps of ca. 23 m diameter), group shelterwood (two gaps of ca. 30 m diameter with one old tree in the centre), uniform shelterwood (evenly over one hectare). From 1993 until 2002 the Institute for Silviculture of the University of Göttingen carried out measurements almost every year.

### **Results:**

1. The uniform shelterwood was opened up by the storm of late winter 1990 in such a way that ca. half the area got the quality of a clear-cut and the rest kept a sparse canopy. Oak and beech seedlings of the first mast of 1989 got well established and formed 13 years later a relatively homogeneous, densely closed thicket with leading oaks on ca. 60 % of the sample plots. On the remaining 40 % beeches overtopped the oaks, but with much smaller densities. The slowly but steadily declining proportion of oak on the total aggregate height (= sum of heights of all seedlings per m<sup>2</sup>) can be seen as an indicator for the superior competitive strength of beech which will soon necessitate the release of oak saplings in early precommercial thinnings.

2. Group shelterwood and irregular shelterwood are actually variants of the starting phase of the irregular shelterwood regeneration system. The former created somewhat larger and brighter gaps with 36 % radiation of above canopy (measured by hemispherical photography as diffuse site factor in summer 1995 after the first regeneration fellings had been carried out), the latter smaller and darker ones with 26 % radiation. Most seedlings of the first mast year

died within two years. Only after successive regeneration fellings had enlarged the gaps seedlings of a second mast in 1992 established a permanent regeneration which was slightly filled up by successive mast years in 1995 and 1998. At the last measurement in 2002 it appeared an incomplete young growth full of gaps, often with leading beeches. Oak regeneration beneath the crowns of old trees remained clearly shorter and weaker as outside the crowns on open locations although the radiation intensity was not different. Beech showed less growth reduction under crowns. The density of oaks went down continually during the observation period with height growth remaining considerably below the uniform shelterwood, and leading to a constant decrease of aggregate oak height and the proportion of total aggregate height. Besides insufficient radiation conditions and other effects of crown cover, roe deer browsing contributed to this undesirable result. On irregular shelterwood oak performance was even poorer than on group shelterwood. The positive development of beech on both cutting types contrasts sharply with the oak reaction. All parameters showed an increasing trend. As a result the last measurement in 2002 revealed only 6–12 % of the sample plots with oaks in dominant positions whereas the great majority of the rest were without any regeneration, or with beeches leading in height and number.

3. From a practical point of view the experiment allows the conclusion that in an oak – beech mixed stand spatially small-scale regeneration methods like the irregular shelterwood favor the regeneration of beech and discriminate against oak. In order to achieve an oak regeneration the most reliable way still is the uniform and rapidly cleared shelterwood. If this well-established regeneration method should be avoided nevertheless, it is recommended to conduct a modified irregular shelterwood with clear-felled gaps or very sparse shelterwood at groups of at least 50 m in diameter right at the beginning.

## 1. Einleitung

Für die Nachzucht von Eichenbeständen spielt die Naturverjüngung in Deutschland allgemein nur eine untergeordnete Rolle. Wenn überhaupt wird sie hauptsächlich in Traubeneichenbeständen angewandt. Dagegen wird in anderen europäischen Ländern in wesentlich größerem Umfang von der Naturverjüngung bei beiden Eichenarten Gebrauch gemacht, so z.B. in Frankreich (hauptsächlich in Traubeneichenbeständen) oder in Kroatien in Stieleichenbeständen. Die Gründe für die Situation in Deutschland lassen sich in den Waldbaulehrbüchern (z. B. RÖHRIG et al. 2006) nachlesen und sind einleuchtend: Mangel an geeigneten Altbeständen, seltene Vollmasten, häufig ungleichmäßige und stammzahlarme Verjüngungen mit hohem Qualitätsrisiko, in Mischbeständen meist unerwünschte Vorverjüngung der Laubschattholzarten wie vor allem der Buche, aufwändiger Schutz gegen Wild wegen der Bevorzugung der Eichen durch Reh- und Schwarzwild. Daraus resultiert sehr oft ein höherer Pflegeaufwand als bei Saat oder Pflanzung, verbunden mit einem größeren Risiko für die Erreichung des Verjüngungsziels.

Dennoch gibt es auch in Deutschland viele Beispiele für gelungene Eichennaturverjüngungen. Meist handelt es sich um Traubeneichenbestände auf wenig unkrautwüchsigen Standorten, die im Großschirmschlag mit rascher Räumung verjüngt wurden. Beispielhaft haben FISCHER und WEST (1991) das praktische Vorgehen beschrieben. Das Verfahren hat sich allgemein bewährt und war früher allgemein üblich (KRAHL-URBAN 1959, FLEDER 1988). Es entspricht dem relativ hohen Lichtbedürfnis und der im Vergleich zur Buche geringeren Spätfrostgefährdung der jungen Eichen, sichert die erwünschte Vorwüchsigkeit gegenüber der mit ankommenden Buche, und begrenzt die Entwertung der Schirmeichen durch häufig massiv auftretende Wasserreiser auf den ohnehin weniger wertvollen Splint.

Mit der in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts hauptsächlich im Wald der öffentlichen Hand vollzogenen Wende zum „naturnahen“ Waldbau (z. B. OTTO 1992, 1993) ist auch das Interesse an der natürlichen Verjüngung von Eichenbeständen in Deutschland gewachsen. Daneben hat die schlechte Ertragslage der Forstwirtschaft in Deutschland die Bereitschaft der Waldbesitzer gefördert, ungleichmäßige und stammzahlarme Eichennaturverjüngungen in größerem Umfang als früher zu akzeptieren, solange die Begründungskosten deutlich unter denen von Kunstverjüngungen liegen. Dies trifft z. B. im besonderen Maße für spontane Eichenverjüngungen in Kiefernbeständen in Nord- und Ostdeutschland zu (EISENHAEUER 1994, OTTO 1996, MOSANDL und KLEINERT 1998, BERGMANN 2002, BÖRNER und EISENHAEUER 2003). Auch die an vielen Stellen gelungene Reduzierung der Reh- und



Schwarzwildpopulationen hat in den letzten beiden Jahrzehnten das Gelingen von Eichennaturverjüngungen erleichtert.

Die heute – zumindest im öffentlichen Wald – dominierenden „naturnahen“ Waldbaukonzepte verlangen nicht nur, allgemein Naturverjüngungen zu bevorzugen, sondern es sollen kleinflächige, gemischte und lange überschirmte Verjüngungen unter langsam nach Zieldurchmessern zu nutzenden Schirmbeständen sein (OTTO 1995). Diese Ziele lassen sich mit dem Großschirmschlag, der sich bisher bei der Eichennaturverjüngung bewährt hatte, nur mit erheblichen Modifikationen erreichen. Ob allerdings die Alternativen wie ein kleinflächiger Schirmschlag oder Femelschlag für eine Eichennaturverjüngung geeignet sind, wird seit Einführung der „naturnahen“ Waldbaukonzepte kontrovers diskutiert (s. z. B. die Erwiderung von FLEDER 1988 auf die Berichte von Lang 1988 und MERGNER 1988 zur Tagung der bayerischen Gruppe der Arbeitsgemeinschaft naturgemäße Waldwirtschaft zur Spessarter Eichenwirtschaft 1987). Auch für die Pflege von unter Naturschutz stehenden Eichenwäldern sind solche kleinflächigen Verjüngungsformen mit langfristiger Überschirmung von großem Interesse (JEDICKE und HAKES 2005). Da praktische Erfahrungen weitgehend und wissenschaftliche Experimente gänzlich fehlten, legte die Landesforstverwaltung Rheinland-Pfalz durch ihre Versuchsanstalt im Herbst 1989 einen Versuch zur Naturverjüngung in einem für den Pfälzerwald typischen Traubeneichen-Buchen-Mischbestand im ehemaligen Forstamt Fischbach (heute Wasgau) mit dem Ziel an, die drei Verjüngungsvarianten Großschirmschlag, Gruppenschirmschlag und Femelschlag langfristig zu vergleichen. Seine Beobachtung und Auswertung von 1993 bis 2002 wurde dem Institut für Waldbau der Universität Göttingen übertragen. Über die Entwicklung des Versuchs in diesem Zeitraum und die daraus zu ziehenden Folgerungen für die Praxis soll im folgenden berichtet werden.

## **2. Material und Methoden**

Der Versuch in der Abteilung VII 5° Mastlager im Forstrevier Faunerwald wurde auf einem typischen Buntsandsteinstandort des Pfälzerwaldes in einem rd. 300-jährigen Traubeneichenbestand (rd. 30 % Furnierqualität) mit Buchenbeimischung angelegt. Über die Standortverhältnisse unterrichtet Tabelle 1.

**Tab. 1: Standortdaten des Versuchsbestandes Abt. VII 5<sup>0</sup> "Mastlager" im Forstamt Wasgau**

Wuchsgebiet	Pfälzer Wald
Wuchsbezirk	Wasgau
Höhenlage	310-390 m über NN
Klimatyp	kühlgemäßigtes Hügellandklima mit ozeanischer Prägung, 700-800 mm mittl. Jahresniederschlag, in der forstl. Vegetationszeit 315 mm, mittl. Lufttemperatur von 8° C
Exposition	SO-Hang mit rd. 25° Neigung
Ausgangsgestein	Karlstalschichten des oberen Hauptbuntsandsteins
Bodentyp	Podsolige Braunerde aus armen Sanden mit Übergängen zum (Braunerde)-Podsol
Wasserhaushalt	mäßig frisch bis frisch
Nährstoffhaushalt	gering mit Nährstoffen versorgt, Kompensationskalkung im Jahr 1992 durchgeführt
Natürliche Waldgesellschaft	<i>Luzulo-Fagetum typicum</i>

Folgende drei Behandlungsvarianten wurden im Herbst des Eichenvollmastjahres 1989 angelegt: Großschirm-, Gruppenschirm- und Femelschlag. Die einzelnen Versuchsfelder haben eine Größe von jeweils 100 x 100 m und sind durch 25-50 m breite unbehandelte Umfassungsstreifen voneinander getrennt. Die gesamte Versuchsanlage wurde reh- und schwarzwidldicht gezäunt. Die Tabellen 2 und 3 geben nähere Informationen zum Altbestand und zu den drei Versuchsvarianten, die Abbildung 1 zeigt eine Kronenschirmflächenkarte einer Gruppe des Gruppenschirmschlages.

**Tab. 2: Ertragskundliche Daten des Altbestandes im Jahr 1989 vor der Versuchsanlage (hg bzw. dg = Höhe bzw. Durchmesser des Grundflächenmittlammes; das Alter der Buche wurde geschätzt)**

Baumart	Alter (Jahre)	EKL nach JÜTTNER	Anzahl (Bäume ha <sup>-1</sup> )	hg (m)	dg (cm)	Grundfläche (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Vorrat (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Vorratsanteil in %
Eiche	300	II,0	60	34	67	21,1	386	65
Buche	max. 150 ungleichaltrig	.	194	27	31	14,2	212	35
Summe			254			35,3	598	100

Die meisten Eichen weisen eine ausgezeichnete Schaftqualität auf und besitzen nach örtlichen Erfahrungen einen hohen und wertvollen Furnierholzanteil. Nach den Hauungen für die Versuchsanlage bildeten die freigestellten Eichen keine Wasserreiser. Auch sonstige Entwertungen wurden nicht beobachtet. Nur sehr wenige Eichen starben nach Prachtkäferbefall ab. Kronenablotungen der Versuchsanstalt an 118 Eichen des Femel- und Gruppenschirmschlages ergaben eine mittlere Kronenschirmfläche von etwa 100 m<sup>2</sup> je Baum, einem für 300-jährige Eichen relativ kleinen Wert. Gemessen am Vorratsanteil besteht der Altbestand zu

einem Drittel aus Buchen. Ökologisch von größerer Bedeutung ist es allerdings, dass die von ihnen überschirmte Fläche etwa die Hälfte der Gesamtfläche einnimmt (geschätzt auf der Grundlage der Kronenprojektionsfläche der Eichen von rd. 6.000 m<sup>2</sup> und einer angenommenen Gesamtüberschirmung einschließlich Mehrfachüberschirmungen von rd. 120 %). Das entspricht auch dem visuellen Eindruck vor Ort. Von der Gesamtzahl der Buchen stehen etwa 30 % in der Unterschicht (bis zu 20 m Höhe), 55 % in der Zwischenschicht mit 20–30 m Höhe und 15 % in der Oberschicht mit mehr als 30 m Höhe.

**Tab. 3: Behandlungsvarianten**

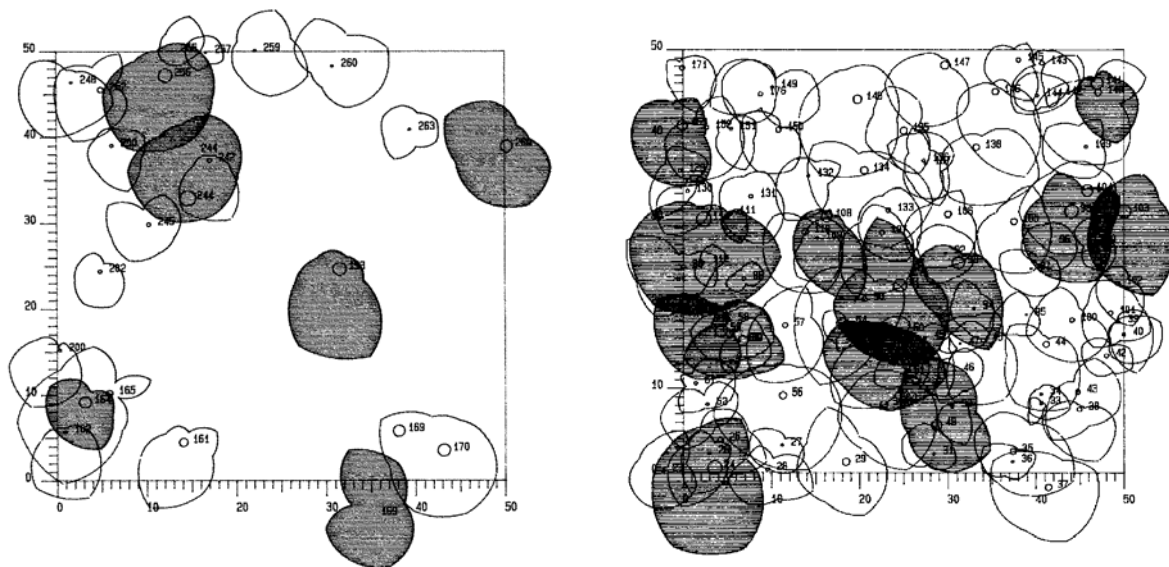
	Femelschlag (1,0 ha)	Gruppenschirmschlag (1,0 ha)	Großschirmschlag (1,0 ha)
Lageplan			
Struktur	3 Femellücken von rd. 16 m, ab 1995 rd. 23 m Durchmesser	2 Löcher von rd. 30 m Durchmesser mit je 1 Starkeiche in der Mitte	lichter Schirm bis Freifläche
Hiebseingriffe in % des Ausgangsvorrates	Ei: 17; Bu: 19	Ei: 21; Bu: 17	Ei: 66; Bu: 90
Strahlung (1996):			
Mittelwert (%)	27	37	64
Min - Max (%)	4 - 49	4 - 53	19 - 91

**Anmerkungen:**

*Femelschlag:* Etwa die Hälfte der Hiebmasse fiel bei der Versuchsanlage an, der Rest bei den Nachlichtungen nach 3 bzw. 6 Jahren (1992/93 und 1995/96). Es wurden zunächst drei Löcher von etwa 200 m<sup>2</sup> Größe und rd. 16 m Durchmesser durch Entnahme von je zwei Starkeichen geschaffen, die bei den Nachlichtungen durch Entnahme von je zwei weiteren Eichen auf 400 m<sup>2</sup> bzw. 23 m Durchmesser erweitert wurden.

*Gruppenschirmschlag*: Fast die gesamte Hiebsmasse wurde gleich bei der Versuchsanlage eingeschlagen. Es wurden zwei Löcher von etwa 30 m Durchmesser mit einer Starkeiche im Mittelpunkt geschaffen. In den Jahren 1992/93 und 1995/96 wurde hauptsächlich durch Entfernung des anfänglich belassenen Buchenunterstandes nachgelichtet.

*Großschirmschlag*: Unmittelbar nach Versuchsanlage fielen durch Sturm 1990 zusätzlich 49 % des Eichen- und 16 % des Buchenvorrates. Rd. die Hälfte der Versuchsfläche ist nicht mehr überschirmt und besitzt Freiflächencharakter.



**Abb. 1: Links: Kronenschirmflächenkarte einer der beiden Gruppen der Hiebsvariante Gruppenschirmschlag.  
Rechts: Kronenschirmflächenkarte des geschlossenen Bestandes vor dem Hieb.  
Dunkel schraffierte Kronen stellen Eichen dar, die nicht ausgefüllten Buchen (erstellt durch die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz)**

Zum Zeitpunkt der Versuchsanlage im Herbst 1989 bedeckte fast ausschließlich Laubstreu den Boden. Auch in den Folgejahren entwickelte sich eine Bodenvegetation (hauptsächlich *Luzula luzuloides*, *Agrostis capillaris*, *Calamagrostis epigejos*, *Rubus idaeus*, *R. fruticosus*, verschiedene Farnarten) nur zögerlich und erreichte auf den meisten Flächen nur Deckungsgrade unter 50 %.

Die Naturverjüngung wurde in permanenten Probekreisen von 1 und ab 1999 5 m<sup>2</sup> Größe (zunächst im Großschirmschlag, ab 2002 auf allen Varianten) jährlich nach Art, Höhe und Wurzelhalsdurchmesser erfasst (21-48 Kreise je Behandlungsvariante). Schäden wurden

protokolliert. Die Strahlungsintensität am Waldboden (in 1,5 m Höhe) wurde für die gesamte Vegetationszeit (1.Mai-30.September) anhand hemisphärischer Fotos zweimal – 1995 und 2003 jeweils im Sommer – für jeden Probekreis nach der Methode von WAGNER (1994) ermittelt. Sie wird im folgenden meist als „Diffuse Site Factor“ in % der Strahlung einer Freifläche angegeben. Dabei wird zwar nur die diffuse Strahlung berücksichtigt, aber der Wert ist für die meisten Situationen auch ein guter Indikator für die gesamte photosynthetisch aktive Strahlung. Für jeden Probekreis wurde durch einfaches Hochblicken geprüft, ob er überschirmt war oder nicht. Außerdem wurde die Distanz vom Mittelpunkt zum nächsten Schirmbaum gemessen.

Bei der Datenauswertung wurde neben den üblichen Mittelwerten für die Dichte (Pflanzenzahl je Flächeneinheit), Höhe und Durchmesser auch die Summe der Höhen für eine Flächeneinheit errechnet. Dieser Wert stellt eine aus Dichte und Höhe zusammengesetzte Größe dar und ist damit der in älteren Beständen üblichen Grundfläche ähnlich. FEI et al. (2006) haben dazu – von ihnen „aggregate height“ genannt – methodische Untersuchungen unternommen und berichten, dass sich diese Größe gut zur Charakterisierung des Verjüngungserfolges eignet.



**Abb. 2: Von links nach rechts: Einer von den drei Femeln des Femelschlags, eine der beiden Gruppenschirmstellungen des Gruppenschirmschlags, Großschirmschlag**

Die statistische Auswertung erfolgte mit Standardstatistikprogrammen wie SAS (Statistical Analysis System) und SPSS. Es wurden deskriptive Statistiken für die drei Verjüngungsvarianten nach Baumarten differenziert erstellt. Mit den Mittelwerten wurden einfaktorielle Varianzanalysen (F-Test) durchgeführt, wenn Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Statistik oder Kolmogorov-D-Statistik) und Homoskedastizität (Bartlett-Test) gegeben waren.

Sonst wurde der parameterfreie Wilcoxon-Rangsummentest oder der H-Test nach Kruskal und Wallis benutzt (SACHS 1984). Es wurden die üblichen Schwellenwerte der Irrtumswahrscheinlichkeit für die Beurteilung der Signifikanz benutzt: Ein Wert galt bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  von  $\alpha > 0,05$  als nicht signifikant (n.s.), bei  $0,01 < \alpha \leq 0,05$  als gesichert (\*), bei  $0,001 < \alpha \leq 0,01$  als hoch gesichert (\*\*), und bei  $\alpha \leq 0,001$  als höchst gesichert (\*\*\*)).

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Masten, Alterszusammensetzung der Verjüngung

Für die Stärke der Mast im Herbst 1989 bei Versuchsbeginn liegen keine quantitativen Angaben vor. Sie wurde als Vollmast eingeschätzt, d. h. mit mehr als 50 Eicheln  $m^{-2}$ . Auf der *Großschirmschlagfläche* stammen fast sämtliche jungen Eichen aus dieser Mast, so dass sie zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme im Herbst 2002 einheitlich 13 Jahre alt waren. Die Buchen sind überwiegend aus einer zwei Jahre späteren Mast hervorgegangen und waren 2002 11 Jahre alt. In der Folge traten noch weitere Eichen- und Buchenmasten auf (Eiche 1992, Buche 1995, Eiche und Buche 1998), die aber zur Verjüngung nicht nennenswert beitrugen, da die Pflanzen aus der ersten Mast fast flächendeckend alle Plätze besetzt hatten. Außerdem fehlten auf mehr als der Hälfte der Fläche die Samenbäume wegen der Sturmschäden von 1990.

Auf der *Femel-* und *Gruppenschirmschlagfläche* entwickelten sich zwar zunächst viele Eichenkeimlinge, die aber zum größten Teil nach zwei bis drei Jahren wieder verschwanden. Offensichtlich war Lichtmangel die Ursache für die hohe Mortalität, denn nach den Nachlichtungen und Erweiterungen der Schirm- und Femelschlaggruppen im Winter 1992/93 konnten sich die Sämlinge aus der Eichenmast des Herbstes 1992 dauerhaft etablieren, wenn auch weiterhin mit relativ hoher Mortalität (s. die folgenden Abschnitte). Auch die Folgemasten lieferten Beiträge zur Naturverjüngung. Die Sämlinge aus den einzelnen Alterskohorten wurden allerdings nicht getrennt erfasst, so dass ihre Entwicklung nicht einzeln dargestellt werden kann. Bei der letzten Aufnahme im Herbst 2002 waren die Eichen im Mittel etwa 9 Jahre alt mit einer Spanne von 4–10 Jahren. Die Buchen besaßen etwa das gleiche Alter.

Als einzige Mast wurde die von 1998 detailliert beobachtet (s. Tabelle 4). Die größere Eichelzahl beim Femelschlag korrespondierte kaum mit der geringfügig höheren Überschildung der Probekreise mit 45,6 % gegenüber 43,2 beim Gruppenschirmschlag (Korrelationskoeffizient zwischen Eicheldichte und Überschildungs-% zusammen für beide

Hiebsformen: 0,11). Die Eicheldichten variierten stark mit Variationskoeffizienten von über 100 %. In zwei Kreisen wurden Dichten von mehr als 150 Eicheln m<sup>-2</sup> – von BURSCHEL und HUSS (1987) als Maximalwert für eine Vollmast genannt –gezählt.

**Tab. 4: Anzahl der Eicheln der 1-jährigen Sämlinge von der Mast 1998. Zählung der Eicheln und der Sämlinge auf einer Unterstichprobe von 25 zufällig ausgewählten Probekreisen beim Gruppenschirm- und Femelschlag (12 bzw. 13 Probekreise)**

Hiebsform	Eicheln (St m <sup>-2</sup> ) Mittelwert und Extreme	1-jährige Sämlinge	
		St m <sup>2</sup>	in % der gezählten Eicheln
Gruppenschirm- schlag	29,3 (2 - 97)	5,9	20,0
Femelschlag	72,6 (2 - 254)	6,3	8,7

Die mittlere Sämlingsdichte auf der Unterstichprobe der Tabelle 4 ist höher als die der Gesamtstichprobe, bei der im Durchschnitt nur 2,1 Ei-Sämlinge m<sup>2</sup> beim Gruppenschirmschlag und 2,4 beim Femelschlag gezählt wurden. Die Buchen fruktifizierten zwar auch, aber deutlich schwächer, und die Sämlingszahlen blieben unbedeutend.

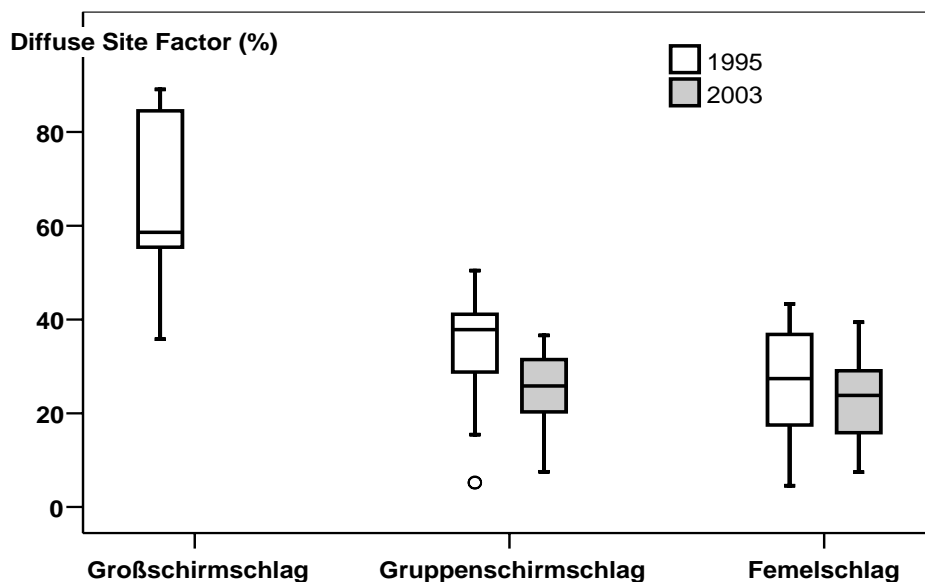
### 3.2 Strahlung und Überschirmung

Auf Grund der unplanmäßigen Teilräumung erreichte die Strahlung auf dem Großschirmschlag relativ hohe Werte mit im Mittel fast 70 % des Freilandes. Sie übertrafen damit die Werte der Femel- und Gruppenschirmschlagvarianten erheblich (26 bzw. 35 % der Freilandstrahlung, s. Tabelle 5). Die beiden letztgenannten Hiebsformen unterschieden sich nicht signifikant in den Mittelwerten. Beide wiesen mit minimal rd. 5 % sehr schattige Probekreise auf, die am Rand der Gruppenschirme oder Femel im geschlossenen Altbestand lagen. Die Maximalwerte wurden in den Lückenmitten beobachtet und betragen 43 bzw. 50 %. Im Laufe der achtjährigen Periode von 1995 bis 2003 gingen die Mittel- und Maximalwerte als Folge des Kronenwachstums der Schirmbäume spürbar zurück, während die Minimalwerte geringfügig anstiegen (Tabelle 5 und Abbildung 3).

**Tab. 5: Strahlung (Diffuse Site Factor 1,5 m über dem Boden, in % des Freilandwertes) im Sommer 1995 und 2003**

Hiebsform	Diffuse Site Factor 1995 (% vom Freiland)		Diffuse Site Factor 2003 (% vom Freiland)	
	Mittelwert und Extreme	Standard- abweichung	Mittelwert und Extreme	Standard- abweichung
Großschirmschlag	66,8 (35,8 - 89,1)	± 18,5	n.b.	n.b.
Gruppenschirmschlag	34,5 (5,1 - 50,4)	± 11,4	25,3 (7,5 - 36,6)	± 6,9
Femelschlag	26,3 (4,6 - 43,3)	± 11,5	23,4 (7,4 - 39,4)	± 8,7

**Abb. 3: Strahlung (Diffuse Site Factor in % der Freilandstrahlung) im Sommer 1995 und 2003, gemessen über dem Mittelpunkt jedes Aufnahmekreises in 1,5 m Höhe. (Für die Hiebsvariante Großschirmschlag konnten im Sommer 2003 keine Werte über der Verjüngung ermittelt werden, da die Pflanzen zu hoch waren)**



Von den insgesamt 95 Aufnahmekreisen waren 55 überschirmt und 40 nicht überschirmt. Für diese beiden Gruppen werden in der Tabelle 6 mittlere Distanzen zum nächsten Schirmbaum und die mittleren Diffuse-Site-Factor-Werte mitgeteilt. Überraschenderweise unterscheiden sich beim Gruppenschirm- und Femelschlag – beim Großschirmschlag konnten 2003 wegen der Höhe der Verjüngung keine Strahlungswerte mehr ermittelt werden – die überschirmten



und nicht überschirmten Probekreise nicht signifikant im Diffuse Site Factor, wohl aber liegen die Probekreisemittelpunkte der ersten Gruppe signifikant näher zum nächsten Schirmbaum (rd. 4 m, bei den nicht überschirmten rd. 9 m).

Dieser Umstand erlaubte es, bei den Varianten Gruppenschirm- und Femelschlag den Einfluss der Überschirmung isoliert – ohne gleichzeitig sich ändernde Strahlungsverhältnisse – darzustellen. Bei der Analyse konnten durch eine Beschränkung der Auswertung auf Plots mit mehr als 14 % Diffuse Site Factor (8 von 80 Plots wurden ausgeschlossen mit Strahlungswerten von 7,4 bis 12,4, im Mittel 9,5 % Diffuse Site Factor) für die beiden Überschirmungsstufen im Mittel und in der Verteilung nahezu identische Strahlungsverhältnisse erreicht werden. Das Ergebnis enthält die Tabelle 7.

**Tab. 6: Distanz vom Probekreisemittelpunkt zum nächsten Schirmbaum und Strahlung (als Diffuse Site Factor in % der Freilandstrahlung) bei überschirmten und nicht überschirmten Probekreisen im Herbst 2002 bei den Hiebsvarianten**

Über- schirmung	Großschirmschlag			Gruppenschirmschlag			Femelschlag		
	Anzahl Kreise	Diffuse Site Factor (%)	Distanz zum nächsten Schirmb aum (m)	Anzahl Kreise	Diffuse Site Factor (%)	Distanz zum nächsten Schirmb aum (m)	Anzahl Kreise	Diffuse Site Factor (%)	Distanz zum nächsten Schirmb aum (m)
Ja	4	n.b.	4,6	20	24,8	4,1	31	21,2	4,3
Nein	11	n.b.	10,5	12	26,3	8,6	17	27,5	9,2

**Tab. 7: Einfluss der Überschildung auf Höhe, Wurzelhalsdurchmesser und H/D-Wert der Traubeneichen und Buchen in den Hiebsvarianten Gruppenschirm- und Femelschlag im Herbst 2002 (nur Pflanzen von Aufnahmeplots mit mehr als 14 % Diffuse Site Factor). Angegeben sind Mittelwerte je Überschildungsstufe, basierend auf je 125–165 Pflanzen. Die Differenzen sind mit einer Varianzanalyse und F-Test auf Signifikanz geprüft worden**

Überschildung	Diffuse Site Factor (%)	Traubeneiche				Buche			
		Pflanzendichte (St m <sup>-2</sup> )	Höhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)	Höhensumme (cm m <sup>-2</sup> )	Pflanzendichte (St m <sup>-2</sup> )	Höhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)	Höhensumme (cm m <sup>-2</sup> )
ja	25,8	0,4	40,6	4,3	18,4	0,6	161,7	17,4	104,1
nein	26,0	0,9	116,4	10,0	105,1	0,8	202,1	17,6	164,5
Signifikanz	n. s.	*	***	***	*	n. s.	**	n.s.	n. s.

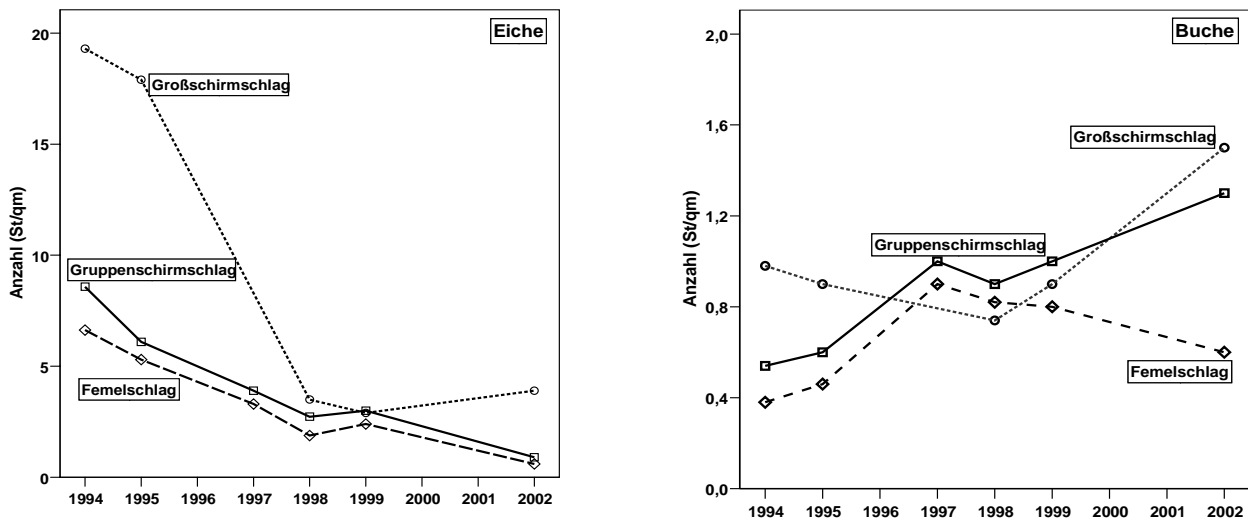
Die Überschildung reduzierte bei den jungen Traubeneichen das Höhenwachstum auf rd. 35 %, das Dickenwachstum auf 43 %. Der H/D-Wert blieb mit rd. 120 gleich. Da auch die Pflanzendichte um mehr als die Hälfte niedriger war, nahm die Höhengsumme drastisch auf rd. 18 % ab. Bei den jungen Buchen war die Reaktion schwächer. Das Höhenwachstum wurde durch die Überschildung auf 80 % verringert, während beim Dickenwachstum, der Pflanzendichte und der Höhengsumme keine signifikanten Effekte auftraten. Nur der H/D-Wert ging signifikant zurück.

Beim Großschirmschlag wiesen sowohl Eichen als auch Buchen unter Schirm geringere Höhen, Durchmesser und Höhengsummen auf, während die Pflanzendichten gleich hoch waren. Da sämtliche Unterschiede nicht signifikant waren, und außerdem wegen der Höhe der Pflanzen nicht geprüft werden konnte, ob die Strahlungsbedingungen vergleichbar waren, werden die Werte hier nicht dargestellt.

### 3.3 Dichte der Verjüngung

Die Entwicklung der mittleren Dichte im Laufe der neunjährigen Beobachtungszeit ist getrennt für die Eichen- und Buchenverjüngung in der Abbildung 3 dargestellt. Es zeichnet sich deutlich ein gegenläufiges Muster bei den beiden Baumarten ab. Während die Eichendichte in allen Hiebsvarianten zurückgeht, und die Varianten sich in den letzten fünf Jahren nur wenig unterscheiden, nehmen die Buchendichten im Gruppen- und

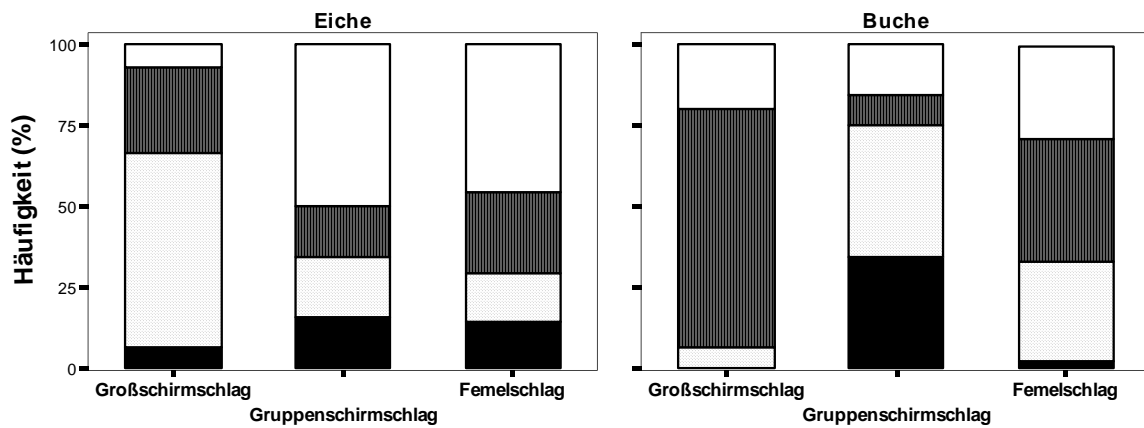
Großschirmschlag erheblich zu. Im Femelschlag bleiben sie etwa auf demselben Niveau. Bei der steilen Abnahme der Eichendichte im Großschirmschlag in den ersten fünf Jahren muss berücksichtigt werden, dass gleichzeitig ein erhebliches Höhenwachstum ablief, so dass die Dichteabnahme im wesentlichen als Ausdruck einer Differenzierung und „Selbstdurchforstung“ gesehen werden kann.



**Abb. 3: Entwicklung der mittleren Dichte der Eichen- und Buchenpflanzen von 1994 bis 2002. Dargestellt ist die mittlere Anzahl der Pflanzen (St m<sup>2</sup>) je Hiebsvariante. Man beachte die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen.**

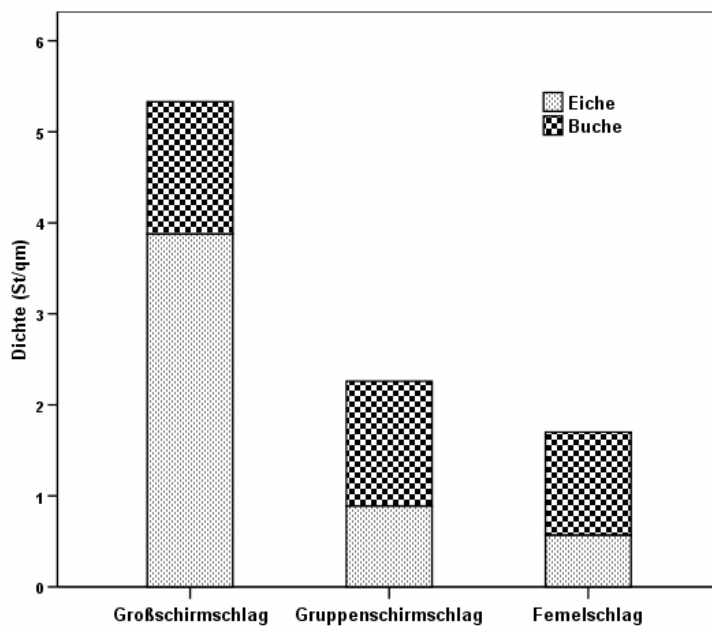
Bei der letzten Aufnahme im Herbst 2002 besaßen beim Gruppenschirm- und Femelschlag rd. 50 % der Probekreise keine Eichen (Abbildung 4), beim Großschirmschlag dagegen nur knapp 10 %. Probekreise ohne Buchen traten beim Großschirmschlag mit rd. 20 % etwas häufiger auf. Beim Gruppenschirm- und Femelschlag waren rd. 15 bzw. 30 % ohne Buchen.

Die mittleren Dichten für Eiche und Buche im Herbst 2002 sind in der Abbildung 5 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Varianten Gruppenschirm- und Femelschlag im Durchschnitt sehr niedrige Dichten von 1,9 bzw. 0,9 St m<sup>-2</sup> besitzen, von denen die Eichen nur den kleineren Anteil ausmachen (37 bzw. 44 %). Beim Großschirmschlag übertreffen dagegen die Dichte insgesamt mit 5,5 St m<sup>-2</sup> und der Eichenanteil mit 76 % deutlich die Werte der beiden anderen Varianten.



**Abb. 4: Häufigkeit der Dichteklassen in % im Herbst 2002 für Eiche und Buche.**

Die Muster in den Balken bedeuten von oben nach unten: weiß ohne Muster: 0 (keine Pflanzen vorhanden)  
 schwarze Linien: > 0–3 Pflanzen  $m^2$   
 schwarz gepunktet: >3–8 Pflanzen  $m^2$   
 schwarz ohne Muster: >8 Pflanzen  $m^2$



**Abb. 5: Mittlere Dichten ( $St\ m^{-2}$ ) von Eichen und Buchen im Herbst 2002**

### 3.4 Höhenentwicklung

Der zeitliche Verlauf der mittleren Höhen ist in der Abbildung 6 abgebildet. Während die Eichen auf der Großschirmschlagfläche inzwischen nach 13 Vegetationsperioden eine mittlere Höhe von 3,19 m erreicht haben, liegen die Werte für die Gruppenschirm- und die Femelschlagfläche mit 1,54 bzw. 0,64 m deutlich darunter. Zu dieser erheblichen Höhenunterlegenheit haben sicherlich das etwa um vier Jahre jüngere Alter, die geringere Strahlungsintensität (s. Tabelle 5, Abbildung 2) und wohl auch die Konkurrenz durch vorwüchsige Buchen beigetragen. Letztere übertrafen im Mittel die Eichen auf der Gruppenschirmschlagfläche um 56 cm und auf der Femelschlagfläche um 66 cm, während sie auf der Großschirmschlagfläche von den Eichen im Mittel um 50 cm überwachsen wurden. Der Rückgang der mittleren Buchenhöhen auf der Großschirmschlagfläche zwischen 1998 und 1999 ist nicht plausibel. Vermutlich handelt es sich um eine zufällige Erscheinung, die durch das ab 1999 modifizierte Stichprobenverfahren hervorgerufen wurde (Erweiterung der Fläche der Aufnahmekreise von 1 auf 5 m<sup>2</sup> bei gleichzeitiger Verringerung der Zahl der Kreise auf die Hälfte).

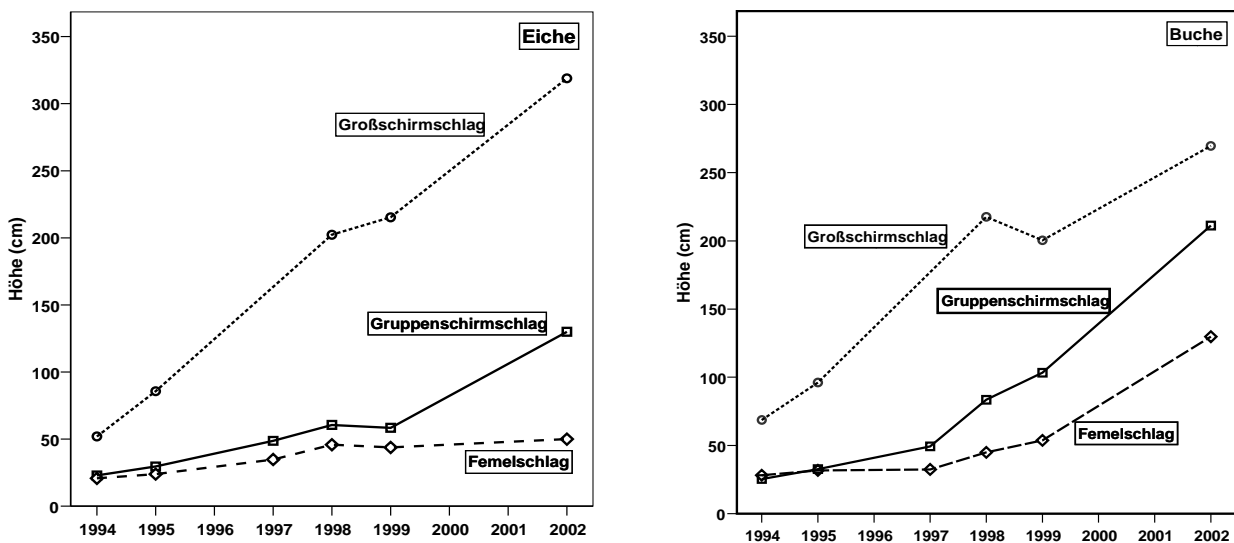


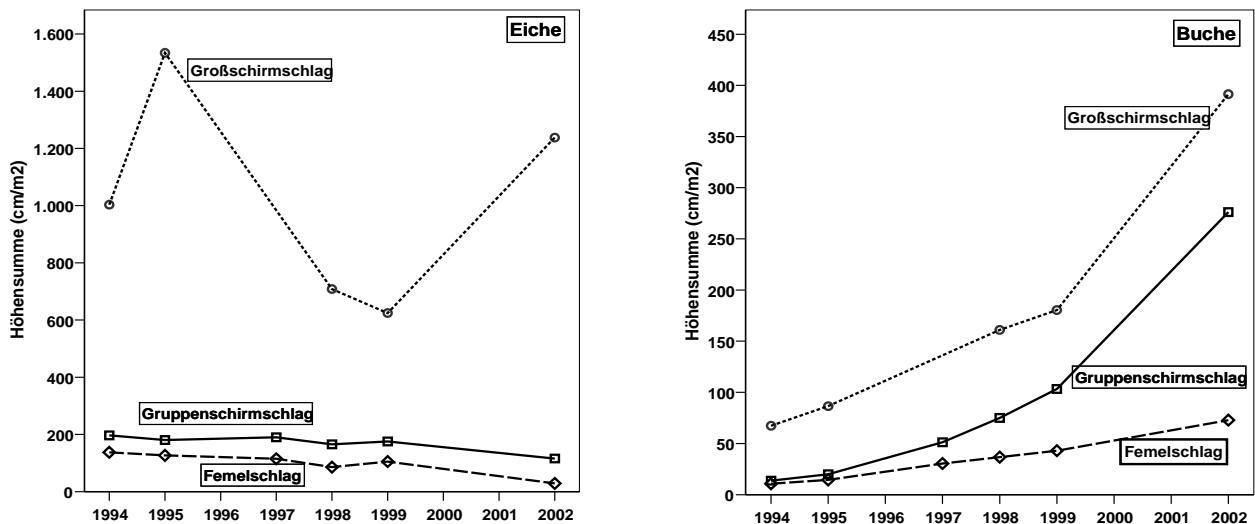
Abb. 6: Entwicklung der mittleren Höhen (cm) der Eichen- und Buchenpflanzen von 1994 bis 2002

### 3.5 Höhensummenentwicklung

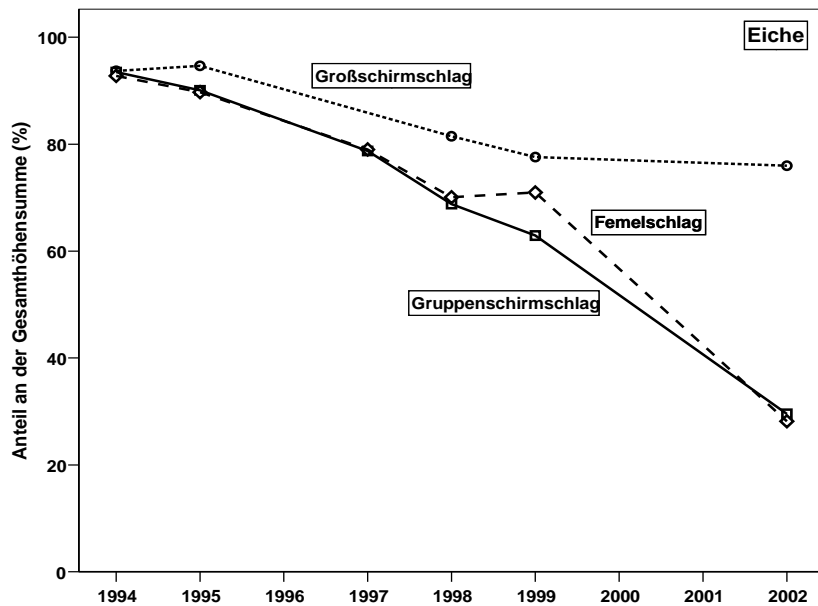
Schon bei der Betrachtung der Entwicklung der Pflanzendichten und der mittleren Höhen wurde deutlich, dass die Eiche auf der Großschirmschlagfläche zahlreich, wüchsig und der Buche überlegen war, während sie auf der Gruppenschirm- und der Femelschlagfläche in

zunehmendem Maße von der Buche übertroffen wurde. Diese Beobachtung lässt sich mit der Entwicklung der aus Höhe und Anzahl zusammengesetzten Größe der Höhensumme noch besser darstellen (s. Abbildungen 7 und 8).

Auf der Großschirmschlagfläche treten bei der Eiche im zeitlichen Verlauf große Schwankungen auf einem insgesamt hohen Niveau der Höhensummenwerte auf. Der Rückgang der Höhensumme je  $m^2$  zwischen 1995 und 1999 muss trotz des raschen Höhenwachstums als Folge eines lebhaften Ausscheidungsprozesses (s. den steilen Abfall der mittleren Dichte in Abbildung 3) gesehen werden. Danach verlangsamte sich der Rückgang der Dichte bei unvermindertem Höhenwachstum, so dass die Höhensumme wieder anstieg. Beim Gruppenschirm- und Femelschlag liegen die Höhensummen der Eichen beträchtlich darunter mit einer klar abfallenden Tendenz.



**Abb. 7: Entwicklung der Höhensumme der Eichen- und Buchenpflanzen von 1994 bis 2002. Dargestellt ist die mittlere Höhensumme je Hiebsvariante ( $cm\ m^2$ ). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen**



**Abb. 8: Entwicklung des Anteils der Eiche an der Gesamthöhensumme von Eichen und Buchen von 1994 bis 2002. Dargestellt ist der mittlere Prozentwert je Hiebsvariante**

Die Höhengsummen der Buchen liegen zwar meist auf einem niedrigeren Niveau, nehmen aber bei allen drei Hiebsformen deutlich zu, am stärksten beim Groß- und Gruppenschirmschlag, schwächer beim Femelschlag. Diese gegenläufige Entwicklung von Buche und Eiche ist besonders auf den Gruppenschirm- und Femelschlagflächen offensichtlich und führt zu einem drastisch sinkenden Anteil der Eiche an der Gesamthöhensumme während der ganzen Beobachtungsperiode (s. Abbildung 8). Aber auch auf der Großschirmschlagfläche nimmt der Eichenanteil ständig ab, wenn auch erheblich langsamer.

### 3.6 Rehwildverbiss

Rehwildverbiss hatte den weitaus größten Anteil von allen protokollierten Schadensarten. Die ersten Schäden wurden beobachtet, nachdem im Herbst 1997 die Zäune undicht geworden waren, und betrafen ganz überwiegend die Eichen auf den Gruppenschirm- und Femelschlagflächen (s. Tabelle 8). Die Zäune wurden danach zwar wiederholt repariert, aber durch Sturm- und Wildschweinschäden konnte Rehwild immer wieder eindringen. Auch in dieser Hinsicht erwies sich die Großschirmschlagfläche als günstiger. Es wurden keine Verbiss- oder sonstigen Wildschäden festgestellt, da zu dem Zeitpunkt, als die Zäune undicht wurden, die Eichen im Durchschnitt schon 1,6 m hoch und damit der verbissgefährdeten Zone entwachsen waren.

**Tab. 8. Anteil von durch Rehwildverbiss geschädigten Pflanzen bei den Herbstaufnahmen 1998 und 2002**

Hiebsform	Verbissene Pflanzen (%)			
	Eiche		Buche	
	1998	2002	1998	2002
Gruppenschirmschlag	65,3	33,1	1,6	0,5
Femelschlag	65,7	56,3	0,9	12,8

Während die Verbissprozente auf den Gruppenschirm- und Femelschlagflächen bei den Eichen von rd. 33 bis 66 % reichten, lagen sie bei den Buchen unter 2 %. Nur im Herbst 2002 wurde beim Femelschlag mit rd. 13 % ein höherer Anteil beobachtet, der aber immer noch erheblich unter dem der Eichen lag.

Sonstigen Schäden traten nur in unbedeutendem Umfang auf. Rd. 2 % der Eichen und Buchen waren durch Astabbrüche oder Fällungsarbeiten umgebogen oder gebrochen. Mäuseschäden wurden nicht beobachtet.

### **3.7 Baumartenzusammensetzung und Höhendominanz in den Probekreisen im Herbst 2002**

Um einen weiteren Einblick in die Struktur der Naturverjüngung zu erhalten, wurden die 5 m<sup>2</sup> großen Probekreise im Herbst 2002 nach ihrer Baumartenzusammensetzung in die Klassen „Eiche rein“, „Buche rein“ und „Eiche und Buche gemischt“ eingeteilt. Das Ergebnis enthält die Tabelle 9. Der Anteil der Probekreise mit reiner Eiche ist im Großschirmschlag deutlich höher als im Gruppenschirm- und Femelschlag. Umgekehrt ist es bei den Probekreisen mit reiner Buche. Sie sind im Großschirmschlag sehr selten, dagegen im Gruppenschirm- und Femelschlag häufig. Am häufigsten sind bei sämtlichen Hiebsformen die aus Eiche und Buche gemischten Probekreise. Im Großschirmschlag bedecken sie rd. drei Viertel, bei den beiden anderen Hiebsformen rd. die Hälfte der Flächen. Während auf der Großschirmschlagfläche kein Probekreis ohne Verjüngungspflanzen gefunden wurde, sind es auf der Gruppenschirmschlagfläche 13 und auf der Femelschlagfläche 21 %.

Um einen Einblick in die Konkurrenzsituation zwischen Eichen und Buchen auf den gemischten Probekreisen zu erhalten, wurden sie nach der Baumart der höchsten Pflanze in die Klassen „Eichendominanz“ oder „Buchendominanz“ eingeteilt (Tabelle 10). Es zeigt sich, dass nur auf der Großschirmschlagfläche Probekreise mit Eichendominanz in nennenswerten Umfang vorkommen. Beim Gruppenschirm- und Femelschlag sind sie nur ausnahmsweise anzutreffen. Hier überwiegen bei weitem die Probekreise mit Buchen-



dominanz. Aber auch beim Großschirmschlag sind die Probekreise mit Buchendominanz zu 33 % (bezogen auf die Gesamtzahl der Probekreise) vertreten.

**Tab. 9: Zusammensetzung der Verjüngung nach Baumarten (Aufnahme Herbst 2002, 5 m<sup>2</sup>- Probekreise)**

Hiebsform und Anzahl Probekreise	Anteil der Probekreise in %			
	Ohne Verjüngung	Eiche rein	Buche rein	Eiche und Buche gemischt
Großschirmschlag (15)	0	20	7	73
Gruppenschirmschlag (32)	13	3	37	47
Femelschlag (48)	21	8	25	46

**Tab. 10: Anteile der Probekreise mit Eichen- oder Buchendominanz. Entscheidend für die Einstufung war die Baumart der höchsten Pflanze innerhalb des Probekreises. Es wurden sämtlich Probekreise der Kategorie „Eiche und Buche gemischt“ (s. Tabelle 9) berücksichtigt. Die Prozentwerte beziehen sich auf die Gesamtzahl der Probekreise in der Hiebsvariante. Ebenfalls angegeben ist die Höhendifferenz der höchsten Exemplare der beiden Baumarten in cm (Aufnahme Herbst 2002, 5 m<sup>2</sup>- Probekreise)**

Hiebsform und Anzahl Probekreise	Probekreise mit Eichendominanz		Probekreise mit Buchendominanz	
	Anzahl (in % der Probekreise insgesamt)	Höhendifferenz Mittelwert und Extreme (cm)	Anzahl (in % der Probekreise insgesamt)	Höhendifferenz Mittelwert und Extreme (cm)
Großschirmschlag (15)	40	148 (19–413)	33	177 (102–570)
Gruppenschirmschlag (32)	3	48 (nur 1 Kreis)	44	184 (50–373)
Femelschlag (48)	4	62 (50–91)	42	153 (8–279)

Die Konkurrenzstärke der Buche zeigt sich weiter im absoluten Betrag der Höhenüberlegenheit auf ihren Dominanzprobekreisen (s. Spalten „Höhendifferenz“ der Tabelle 10), die bei allen drei Hiebsformen die der Eichen auf ihren Dominanzprobekreisen übertrifft (bei den Mittelwerten um 153–184 cm, gegenüber 48–148 cm bei der Eiche).

## **4. Diskussion**

### **4.1 Methodik**

Aus methodischer Sicht weist die Versuchsanlage den Mangel auf, dass sie keine Wiederholungen enthält. Diese Schwäche wird dadurch gemildert, dass sie sich auf einem weit verbreiteten, sehr gleichförmigen und typischen Traubeneichenstandort befindet. Auch die Bestandeszusammensetzung entspricht einem weit verbreiteten Typus des Werteichenbestandes mit beigemischter Buche. Die Buche soll zwar in erster Linie der Schaftpflege dienen, entwickelt sich aber mit zunehmendem Alter zu einem wesentlichen Bestandteil der Zwischen- und Oberschicht. Unter diesen Bedingungen erscheint eine gewisse Verallgemeinerung der Ergebnisse zulässig.

Auch bei den fast jährlich durchgeführten Messungen sind rückblickend einige Mängel festzustellen. Sie sind dadurch begründet, dass anfänglich von einem wesentlich kürzeren Beobachtungszeitraum mit einem aus Kostengründen relativ extensivem Verfahren ausgegangen wurde. Die Verjüngungspflanzen auf den Aufnahmekreisen wurden nicht markiert, so dass ihre Entwicklung nicht individuell beobachtet werden konnte. Es stehen nur Mittelwerte zur Verfügung, die für viele Zwecke ausreichen, aber keine exakten Zuwachswerte liefern. Durch Mortalität und Neuetablierungen änderte sich das vermessene Kollektiv von Mal zu Mal, ohne dass diese Änderungen festgehalten wurden. Außerdem musste die anfänglich als ausreichend angesehene Aufnahmekreisgröße von 1 m<sup>2</sup> bei den letzten drei Aufnahmen auf 5 m<sup>2</sup> erweitert werden, da wegen der größeren Dimension der Pflanzen sonst die Anzahl zu gering geworden wäre. Auch der Einfluss der Strahlung auf das Wachstum der Verjüngung ließ sich nicht befriedigend darstellen. Dazu hat vor allem beigetragen, dass die Strahlung nur über dem Mittelpunkt jedes Aufnahmekreises und nicht am Ort der Hauptblattfläche der Einzelpflanzen ermittelt wurde. Bis zur Aufnahme im Herbst 1998 konnten wenigstens noch die Alter der Einzelpflanzen angesprochen werden, was es ermöglichte, bei den beiden wichtigsten Altersgruppen den Einfluss der Strahlung auf die Höhe darzustellen, wenn auch mit erheblicher Variabilität (LÜPKE und HAUSKELLER-BULLERJAHN 1999).

### **4.2 Effekte der Überschirmung**

Die Überschirmung durch die Kronen der alten Bäume reduzierte signifikant das Wachstum der jungen Eichen selbst dann, wenn die Strahlungsintensität gleich blieb. Die jungen Buchen reagierten dagegen deutlich schwächer und bei den meisten Parametern nicht signifikant (Tab. 7). Dieser Effekt kann verschiedene Ursachen haben, über die hier nur Vermutungen anhand

von Literaturangaben geäußert werden können. Besonders SHAW (1974) hat auf Grund von Experimenten zur Eichennaturverjüngung in Großbritannien betont, dass der Verjüngungserfolg unter dem Schirm der Mutterbäume trotz ausreichender Lichtverhältnisse und größerer Eicheldichte erheblich schlechter war als auf Bestandeslücken. Er führt dies hauptsächlich darauf zurück, dass bei den häufigen Gradationen blattfressender Schmetterlingsraupen wie Eichenwickler (*Tortrix viridana*) und Frostspanner (*Operophtera brumata*) die Raupen sich nach dem Fraß in den Altbaumkronen auf den Waldboden fallen lassen und dort die Jungpflanzen kahl fressen. Er beobachtete, dass außerhalb der Alteichenkronen nur etwa 3 % der Jungeichen stark befallen waren, unter den Kronen dagegen 30–100 %. Da die Jungeichen im Schatten stärker als im vollen Licht unter Kahlfraß leiden, nimmt das Wachstum ab und die Mortalität steigt. Im hier beschriebenen Versuch trat im Frühjahr 1997 eine Frostspannergradation hauptsächlich auf der Femelschlagfläche auf, die aber nicht genauer beobachtet wurde. Die These von SHAW konnte deshalb nicht überprüft werden.

Ein weiterer Grund für die beobachtete Wachstumsreduktion unter Schirm könnte die Wurzelkonkurrenz der Altbäume sein. LÜPKE und HAUSKELLER-BULLERJAHN (2004) fanden bei unter Buchenaltbestandsschirm wachsenden 4–6jährigen Traubeneichen nach Unterbrechung der Altbaumwurzeln durch Trenngräben einen deutlichen Höhenzuwachsenanstieg. Im Vergleich mit den unter denselben Bedingungen wachsenden jungen Buchen war der Anstieg stärker ausgeprägt und trat schon bei geringeren Strahlungswerten auf (ab einer Strahlungsintensität von mehr als 18 % des Freilandes, bei den Buchen erst ab 30 %). Nach diesem Ergebnis ist ein beträchtlicher Teil der Wachstumsreduktion der jungen Traubeneichen unter Schirm nicht allein durch den Lichtentzug, sondern auch durch die meist damit gekoppelte Altbestandswurzelkonkurrenz verursacht. Die jungen Buchen erwiesen sich als deutlich unempfindlicher, was auch WAGNER (1999) im Vergleich mit jungen Eschen, die offenbar ähnlich wie Traubeneichen reagierten, beobachtete.

#### **4.3 Effekte der Beschattung**

Es kann nicht bezweifelt werden, dass die durch die unterschiedlichen Hiebsformen veränderten Strahlungsbedingungen am Waldboden einen Hauptfaktor für das Wachstum und Überleben der Verjüngungspflanzen darstellten. Während unter dem geschlossenen Bestand weniger als 5 % der Freilandstrahlung gemessen wurde, reichte das Spektrum im Gruppenschirm- und Femelschlag von 5 bis annähernd 50 %, und beim Großschirm Schlag

von 36 bis knapp 90 %. Wie oben erwähnt, konnte der Einfluss dieser unterschiedlichen Strahlungsintensität auf das Wachstum und Überleben in diesem Versuch nicht detailliert untersucht werden. Es müssen deshalb Ergebnisse aus anderen Versuchen herangezogen werden, um den möglichen Effekt einzuschätzen.

Dass junge Eichen einen relativ hohen Lichtbedarf haben, wird von vielen Autoren auf Grund von Untersuchungen oder praktischen Erfahrungen festgestellt (KRAHL-URBAN 1959, Sammelreferat von NEWBOLD und GOLDSMITH 1981, RÖHRIG et al. 2006). Im Gegensatz dazu stehen quantitative Untersuchungen an 1–2jährigen Sämlingen unter mehr oder weniger künstlichen Bedingungen, bei denen in tiefem Schatten (unter ca. 8 % Strahlung) gesteigertes Höhenwachstum und geringe Mortalität, allerdings verbunden mit einem deutlich geringeren Trockensubstanzzuwachs beobachtet wurden (JARVIS 1964, ZIEGENHAGEN und KAUSCH 1993, WELANDER und OTTOSSON 1998). Schon im zweiten Jahr ging aber bei den genannten Untersuchungen die Vitalität in tiefem Schatten zurück. Besonders JARVIS (1964) und SHAW (1974) haben herausgearbeitet, dass diese in Gewächshaus- und Klimakammerversuchen gefundene hohe Schattentoleranz im Freiland regelmäßig durch Belastungen wie vor allem Blattverluste durch Raupenfraß und Wildverbiss, geringe Bodennährstoffversorgung, Trockenheit oder Konkurrenz durch andere Pflanzen der Kraut- und Strauchschicht reduziert wird. Beispielhaft zeigt sich dies in den Lichtkompensationspunkten, die Jarvis für das Wachstum 1jähriger Traubeneichensämlinge bei unterschiedlichen Bedingungen angibt: 2 % der Freilandstrahlung reichen für Topfpflanzen unter optimalen künstlichen Bedingungen, 6 % unter Berücksichtigung der Verluste durch den herbstlichen Blattfall, und 8 % sind notwendig, wenn auch weitere Verluste, z. B. durch Mehltau mit kompensiert werden müssen.

Für das Überleben mehrjähriger Eichen unter Freilandbedingungen gibt DINEUR (1951), zitiert nach NEWBOLD und GOLDSMITH (1981), bis zum Alter 5 eine Mindeststrahlungsmenge von 10 % des Freilandes an, bis zum Alter 10 eine von 20 %. Für ausreichendes Wachstum ab dem 10. Jahr hält er 30–40 % der Freilandstrahlung für erforderlich.

Diese Angaben können im Großen und Ganzen durch Untersuchungen von HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) und LÜPKE und HAUSKELLER-BULLERJAHN (2004) an mehrjährigen, unter dem Buchenschirm gepflanzten Traubeneichen bestätigt werden. Der bis zum Alter 8 Jahre beobachtete Versuch enthielt zudem noch Buchen, so dass ein direkter Vergleich der beiden Baumarten möglich war. Durch die Extrapolation gut angepasster Modelle konnten zwei Kompensationspunkte errechnet werden. Der erste Wert gibt an, ab

welcher Strahlungsmenge in % des Freilandes die 8jährigen Pflanzen keinen Höhenzuwachs mehr leisten. Er betrug bei den Traubeneichen rd. 11 %, bei den Buchen rd. 5 %. Der zweite Wert beziffert den Strahlungswert, bei dem bis zum Alter 8 Jahre keine Pflanze mehr überleben kann. Er betrug bei den Traubeneichen 6,1 %, bei den Buchen 3,6 %. Beide Werte weisen für die Buchen eine höhere Schattentoleranz aus. Beim Höhenwachstum waren die Traubeneichen den Buchen nur bei höheren Strahlungswerten überlegen, bei niedrigeren Werten wurden sie dagegen von den Buchen überwachsen. Der Strahlungswert, ab dem die Traubeneichen anfangen, die Buchen im Höhenwachstum zu übertreffen, stieg mit zunehmendem Alter an. Für 5jährige Pflanzen lag er bei 38 % und für 8jährige bei 50 %. Die Konkurrenzstärke der Traubeneichen im Vergleich zur Buche nahm demnach mit dem Alter ab. Oder anders ausgedrückt: Um gegenüber der Buche im Höhenwachstum überlegen bleiben zu können, benötigte die Traubeneiche mit dem Alter zunehmend mehr Strahlung. Zusammengefasst zeigt der Versuch, dass Traubeneichen ohne Buchenkonkurrenz zu einer befriedigenden Überlebens- und Wachstumsrate bis zum Alter 8 Jahre (angenommen wurden etwa 70 % Überleben und eine Höhe von rd. 110 cm) mindestens 20 % der Freilandstrahlung benötigten. Um allerdings in der Konkurrenz mit Buche überleben zu können, ist eine ständige Höhenwuchsüberlegenheit notwendig. Dies ließ sich nur erreichen, wenn schon im Alter 5 Jahre mehr als 38 % der Freilandstrahlung und im Alter 8 Jahre mehr als 50 % zur Verfügung standen. Diese Werte wurden in dem hier vorgestellten Naturverjüngungsversuch bei den Varianten Gruppenschirm- und Femelschlag nur ausnahmsweise, beim Großschirmschlag dagegen regelmäßig erreicht (s. Tabelle 5 und Abbildung 2).

#### **4.4 Effekte der Hiebsformen**

Die im Versuch praktizierten Hiebsformen weichen von den gleichlautenden Begriffen der Verjüngungsformen in waldbaulichen Lehrbüchern (Röhrig et al. 2006) ab. Der „Großschirmschlag“ ähnelt wegen der sturmbedingten Räumung auf 50 % der Fläche und Schirmauflockerung auf der Restfläche im ersten Jahr mehr einer sehr starken Lichtung als einem schulmäßigen Großschirmschlag. Die in diesem Text als „Gruppenschirmschlag“ und „Femelschlag“ bezeichneten Hiebsformen gehören beide zur Verjüngungsform Femelschlag und stellen nur unterschiedliche Varianten in der Anfangsphase dar. Bei der ersten Form wurde das Kronendach stärker geöffnet als bei der zweiten, die zunächst nur Ein- oder Zweibaumlücken herstellte. Dennoch ist der Versuch gut geeignet, unser Wissen über den Einfluss unterschiedlicher Hiebsformen auf die Eichen- und Buchennaturverjüngung zu erweitern.

Der Großschirmschlag führte nach 13 Jahren zu einer geschlossenen Dichtung, in der die Eichen aus der Mast 1989 dominieren. Es gibt keine Aufnahmekreise ohne Verjüngung, und der deutlich überwiegende Teil weist eine mit relativ geringen Buchenanteilen gemischte Verjüngung auf. Die Eichen sind weit in der Überzahl und meistens den Buchen in der Höhe überlegen. Nur auf einem Drittel der Aufnahmekreise sind die Buchen höher als die Eichen. Zur Zeit der letzten Aufnahme waren insgesamt 24 % der Gesamtpflanzenzahl Buchen. Absolut sind dies  $13.000 \text{ St ha}^{-1}$ , ein Wert, der für die Schaffung eines Eichenbestandes mit dienender Buche mehr als ausreicht. Für die Einschätzung der zukünftigen Entwicklung gibt der in der Vergangenheit ständig mäßig abfallende Anteil der Eichen an der gesamten Höhensumme (s. Abbildung 8) wichtige Hinweise. Danach ist zu erwarten, dass die Buche in Zukunft immer größere Anteile an der Verjüngung einnehmen wird.

Die Verjüngung auf der Großschirmschlagfläche etablierte sich so rasch, dass sie der Entwicklung einer konkurrierenden Bodenvegetation zuvorkam. Waldbauliche Eingriffe, um die Konkurrenz zwischen Verjüngungspflanzen und Bodenvegetation zu kontrollieren, waren nicht notwendig. Außerdem führte dieser schnelle Start dazu, dass die Eichen schon nach 8 Jahren den vom Rehwild bevorzugt verbissenen Höhenbereich von 40–120 cm deutlich überwachsen hatten. Erfahrungsgemäß beginnen etwa zu diesem Zeitpunkt die Zäune undicht zu werden, so dass Pflanzen, die sich dann noch in der Hauptverbisszone befinden, einem höheren Verbissrisiko ausgesetzt sind, was sich im Versuch bei den Gruppenschirm- und Femelschlagflächen auch deutlich zeigte.

Im Vergleich mit einer Eichensaat, die auf einer Kahlschlagfläche auf vergleichbarem Standort im Herbst 1989 mit Saatgut des Versuchsbestandes angelegt wurde, zeigte sich im Herbst 1999, dass die Pflanzendichte auf der Saatfläche etwa doppelt so hoch war, bei einem deutlich niedrigerem Buchenanteil von 3 %. Während sich Großschirmschlag und Saat in den mittleren Höhen und Durchmessern nicht signifikant unterschieden, waren die 30 % höchsten Saateichen etwa 10 % (27 cm) höher als die im Großschirmschlag, die (sehr wenigen) Buchen etwa 43 % (90 cm). Unter praktischen Gesichtspunkten reichen Dichte, Verteilung und soziale Stellung der Eichen auf beiden Flächen aus, um das Ziel eines Wertholz produzierenden Eichenbestandes erreichen zu können. Dagegen hat der Unterschied im Buchenanteil eine größere Bedeutung. Während er beim Großschirmschlag für einen rein dienenden Zweck reichlich hoch ist, liegt er bei der Saat mit rd.  $2.100 \text{ St ha}^{-1}$  – noch dazu in ungleichmäßiger Verteilung – an der untersten Grenze. Auf der Großschirmschlagfläche ist absehbar, dass es bei der ersten Läuterung eine wichtige Aufgabe sein wird, die Buche zur

Förderung der Eiche zurückzudrängen, es sei denn, man akzeptiert die Entwicklung zu einem Eichenbestand mit einem höheren Buchenanteil in der Oberschicht.

Gruppenschirm- und Femelschlagflächen unterscheiden sich im Verjüngungserfolg nicht wesentlich. Nachdem die Sämlinge aus der ersten Mast – vermutlich wegen Lichtmangels, genauere Untersuchungen fehlen – fast vollständig vergingen, wurden die Lücken durch Entnahme einiger Eichen und Buchen der Oberschicht und vieler unterständiger Buchen erweitert. Dies ermöglichte die Etablierung von Sämlingen aus den Folgemasten, vor allem von 1992 und 1998. Im Herbst 2002 bedeckte beide Flächen ein lückiger Jungwuchs aus Traubeneichen und meist vorwüchsigen Buchen. Etwa 10–20 % der Aufnahmekreise war ohne Verjüngung, knapp die Hälfte enthielt eine aus Eiche und Buche gemischte Verjüngung, und in den restlichen Kreisen waren überwiegend nur Buchen vertreten. Die Eichen wachsen auf der Gruppenschirmschlagfläche etwas schneller in die Höhe als auf der Femelschlagfläche, in jedem Falle aber bedeutend langsamer als auf der Großschirmschlagfläche. Neben dem durchschnittlich geringeren Pflanzenalter trägt dazu auch die hohe Verbissbelastung der letzten Jahre bei (s. Tabelle 8). Die Dichte der Eichen nahm auf beiden Flächen bis 2002 ständig ab, ebenso auch die Höhensumme und der Anteil der Eichen an der Gesamthöhensumme.

Dies steht in einem deutlichen Kontrast zur Entwicklung der Buche, die bei den genannten Parametern einen ansteigenden Trend aufweist, der beim Gruppenschirmschlag immer stärker ausgeprägt war als beim Femelschlag. Die einzige Ausnahme bildet die leichte Abnahme der Buchendichte auf der Femelschlagfläche in den letzten Jahren, die aber nicht verhinderte, dass die Höhensumme weiter anstieg. Sämtliche Größen weisen bei beiden Hiebsvarianten auf eine höhere Vitalität der Buchen im Vergleich zu den Eichen hin. So überrascht es nicht, dass bei der letzten Aufnahme 71–84 % der Kreise in die Kategorien „Buchendominanz“ und „Buche rein“ fielen, und nur 6–12 % der Kreise in die Kategorien „Eichendominanz“ und „Eiche rein“ (s. Tabellen 9 und 10). Wenn man zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung wieder den Trend des Anteils der Eiche an der gesamten Höhensummen heranzieht (Abbildung 8), so zeigt sich, dass er ohne wesentliche Unterschied zwischen den beiden Varianten in den letzten 5 Jahren von rd. 80 % auf rd. 30 % gefallen ist. Dem entspricht ein Anstieg bei der Buche von rd. 20 auf 70 %. Da sich keine Umkehr dieses Trends abzeichnet, muss davon ausgegangen werden, dass in naher Zukunft die Eichen nur noch einen unwesentlichen Anteil an der Verjüngung ausmachen werden. Wenn man dieses Ergebnis an dem Ziel „Verjüngung eines Eichenbestandes zur Eichenwertholzproduktion“ misst, muss

man von einem Misserfolg sprechen. Anstelle des angestrebten Eichenbestandes wird sich ein Buchenbestand mit einem sehr geringen Eichenanteil herausbilden.

Ähnliche Entwicklungen sind auch in anderen Untersuchungen beobachtet worden. Einige stammen aus Großbritannien und Irland, wo seit Jahrzehnten beobachtet wird, dass sich die Eichenwälder kaum natürlich verjüngen (zusammenfassende Darstellung von NEWBOLD und GOLDSMITH 1981). Als wesentliche Gründe wurden neben den oben genannten Schadfaktoren (SHAW 1974) Lichtmangel, zu hohe Verbissbelastungen durch Weidevieh und Wild und die Konkurrenz durch Bodenvegetation, Sträucher und andere Baumarten herausgearbeitet (u.a. KELLY 2002, HARMER et al. 2005). KELLY schließt die 25jährige Beobachtung einer Eichennaturverjüngungsversuchsfläche in Irland mit dem Fazit, dass die Eiche sich nur auf großen Lücken oder mäßig beschatteten Flächen bei geringer Verbissbelastung verjüngen konnte. Zur Buchenkonkurrenz stellen NEWBOLD und GOLDSMITH (1981) eine Modellkalkulation anhand von Aufnahmedaten eines Eichenmischwaldes vor. Sie gelangen zu dem Schluss, dass die Eiche wegen der Verjüngungsschwierigkeiten langfristig dort verschwinden wird, wo die Buche einen nennenswerten Anteil in der Oberschicht erreicht hat. SHAW (1974) betont, dass die Eiche – die Stieleiche mehr als die Traubeneiche – in vielen Eigenschaften einer Pionierbaumart gleiche (effektive Samenverbreitung, große Standortsamplitude, leichte Verjüngung und gutes Wachstum auf Freiflächen, keine Verjüngung unter dem eigenen Schirm). In der Untersuchung von LE DUC und HAVILL (1998) in England stellte sich die Hainbuche in ähnlicher Weise wegen ihres starken Abschattungsvermögens und der hohen Schattentoleranz ihrer Jungpflanzen als harte Konkurrentin heraus. Die Lichtbedingungen unter den Hainbuchen reichten für eine Verjüngung der Traubeneiche nicht aus. Sie bestätigten damit die Ergebnisse einer Untersuchung von DOHRENBUSCH (1996) in Deutschland. Er gelangte nach 8jähriger Beobachtung der Naturverjüngung eines Eichen-Hainbuchen-Mischbestandes in Rheinland-Pfalz zu dem Ergebnis, dass sowohl bei starker Überschirmung als auch auf der Freifläche die Hainbuchen sich zahlreich verjüngten und gegenüber der Eiche vorwüchsig waren.

UTSCHIG (1994) zieht nach 10jähriger Beobachtung einer umfangreichen Versuchsanlage in unterschiedlich stark überschirmten Buchen- und Eichenverjüngungsbeständen im bayerischen Forstamt Ebrach den vorläufigen Schluss, dass die Eiche im Nachwuchs in den weniger dicht von Altbuchen und Alteichen überschirmten Bestandestypen „Verjüngung mit Altholz“ und „Verjüngung mit Überhalt“ sich gut gegenüber der Buche behaupten konnte, nicht dagegen im dichter überschirmten Typ „Altholz mit Verjüngung“. Hier blieb sie in der



Höhe deutlich hinter der Buche zurück und drohte, zurückgedrängt zu werden. Die Buche konnte sich dagegen unter allen Überschirmungsbedingungen gut behaupten. In einem Versuch zur Eichennaturverjüngung in Lochhieben in Trittau (Schleswig-Holstein) konnten sich die jungen Eichen aus der knappen Vollmast 1995 in den folgenden Jahren nur schwer gegenüber konkurrierenden Sämlingen von Buche, Hainbuche, Esche, Bergahorn und Weichlaubhölzern behaupten (SPELLMANN 2001). SPELLMANN zieht folgendes Resümee: „Die Schwierigkeiten der natürlichen Verjüngung von Eichen über Lochhiebe sind nicht zu unterschätzen“, und „Für den naturnahen Waldbau ist und bleibt die Nachzucht der Lichtbaumart Eiche ein Problem“. Dem widersprechen auch nicht die Ergebnisse der Untersuchung über die Altersstruktur eines alten Eichenbestandes im Pfälzerwald von PISOKE und SPIECKER (1997). Die Autoren rekonstruierten den Verjüngungsgang eines etwa 300jährigen Traubeneichenbestandes und stellten fest, dass sich damals die Eiche auf kleinflächigen Bestandeslücken in Form der „Blenderplackenwirtschaft“ über mehrere Jahrzehnte (im Extrem 73 Jahre) halten konnte. Dies ist nur zu verstehen, wenn die junge Eiche eine relativ hohe Schattentoleranz besitzt, was durch die Untersuchungen von HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) bestätigt wurde. Der entscheidende Punkt ist aber, dass die Durchsetzungsfähigkeit gegenüber konkurrierenden Baumarten, und hier vor allem gegenüber der Buche, im Schatten stark zurückgeht, und die Buche fehlte zur Zeit der Verjüngung im Untersuchungsbestand von PISOKE und SPIECKER.

## **5. Schlussfolgerungen für die Praxis**

Die Versuchsergebnisse zeigen klar, dass nur der schnell geräumte Großschirmschlag zu einer dem Ziel „Eichenwertholzproduktion“ entsprechenden Verjüngung geführt hat. Sie haben damit die schulmäßige Ansicht (KRAHL-URBAN 1959, RÖHRIG et al. 2006) bestätigt. Dafür bot der Untersuchungsbestand günstige Voraussetzungen: Der Bestand war bis zum Schirmschlag dicht geschlossen, so dass sich weder eine Buchenvorverjüngung, noch eine stärker entwickelte und verjüngungshemmende Kraut- oder Strauchschicht eingestellt hatten. Diese Bedingungen sind sehr oft nicht gegeben. In vielen Eichen-Buchen-Mischbeständen bildet sich schon vor dem Eichenverjüngungszeitpunkt eine dichte Buchennaturverjüngung, die entweder dazu zwingt, für die Eichennaturverjüngung den Buchenjungwuchs mit hohem Aufwand zu beseitigen, oder auf einen Eichenbestand in der nächsten Generation zu verzichten und den Wechsel zur Buche zu akzeptieren. Besonders in der heutigen schwierigen wirtschaftlichen Situation vieler Waldbesitzer wird man die zweite Option bevorzugen, und die Eiche verliert an Fläche.

Die Ergebnisse zeigen weiter deutlich, dass die „naturnahen“ kleinflächigen Verjüngungsverfahren für die Naturverjüngung der Eiche nicht geeignet sind. Sie setzen die Konkurrenzkraft der Eiche herab und begünstigen die Entwicklung der Buche. Neben dem Lichtentzug, der trotz relativ hoher Schattentoleranz der jungen Eiche ihr Wachstum stärker reduziert als das der Buche, wirken auch die Wurzelkonkurrenz der Schirmbäume und Wildverbiss für die Eiche belastender als für die Buche. Auf den Versuchsflächen ist es absehbar, dass die Entwicklung rasch auf einen fast reinen Buchenbestand hinsteuert. Auch durch sehr intensive und teure Pflegeeingriffe mit Aushieb der meisten Buchen wird es nicht möglich sein, einen Eichenbestand mit hohem Wertleistungspotential zu schaffen.

Wenn man dies nicht hinnehmen, aber auch das bewährte Großschirmschlagverfahren vermeiden möchte, so bleibt im wesentlichen nur ein Femelschlagverfahren, das mit erheblich größeren Lochhieben startet als in der Versuchsanlage. Nach Abfall der Eicheln sollte das Kronendach auf Lücken von mindestens 50 m Durchmesser geöffnet werden, um auf nennenswerter Fläche (etwa 0,1 ha) ausreichende Helligkeit von mehr als 30 % des Freilandes zu schaffen. In den Randbereichen werden die Verjüngungsbedingungen für die Eiche ungünstiger. Hier und im Außenrand des angrenzenden Bestandes werden sich zunehmend Buchen durchsetzen. In den folgenden Eichenmastjahren müssen neue Lücken dieser Größe angelegt und die vorhandenen erweitert werden. Im Ergebnis wird der Folgebestand ein Eichenmischbestand mit größeren Anteilen von Buchen in der Oberschicht sein, und nicht mehr ein Eichenbestand mit überwiegend dienender Buche. Ein erheblicher Nachteil des Femelschlages lässt sich auch in dieser modifizierten Form nicht überwinden. Der Wildschutz, den die Eiche in der Regel in Form eines Zauns dringend benötigt, ist nur sehr aufwändig sicherzustellen, da der Verjüngungszeitraum die Standzeit eines Zauns weit überschreitet. Dies hat sich auch in dem hier beschriebenen Versuch gezeigt. Das Verfahren erscheint deshalb in der Praxis nur durchführbar, wenn die Wilddichte so gering ist, dass der Verbiss an den Eichen toleriert werden kann. In jedem Fall muss man im Vergleich mit dem Großschirmschlag insgesamt mit einem größeren Risiko des Misslingens und einem höheren Pflegeaufwand – u. a. zur Steuerung der Baumartenmischung – rechnen.

## 6. Zusammenfassung

In einem ca. 300jährigen Traubeneichen-Buchen-Mischbestand im Pfälzer Wald auf einem typischen Standort (mäßig frische bis frische, mäßig nährstoffversorgte podsolige Braunerde aus Hauptbuntsandstein) legte die Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz im Eichenmastjahr 1989 einen Versuch zur natürlichen Verjüngung der Traubeneiche mit den drei Hiebsvarianten Femelschlag, Gruppenschirmschlag und Großschirmschlag an. Von 1993 bis 2002 wurde der Versuch nahezu jährlich vom Institut für Waldbau der Universität Göttingen aufgenommen.

### Ergebnisse:

1. Der Großschirmschlag wurde durch den Sturm von 1990 so stark aufgelichtet, dass etwa die Hälfte der Fläche Freiflächencharakter erhielt, auf der Restfläche blieb ein lichter bis räumiger Schirm erhalten. Die Eichen- und Buchenkeimlinge aus der ersten Mast von 1989 konnten sich gut etablieren und bildeten 13 Jahre später eine relativ homogene, dicht geschlossene Dichtung mit vorwüchsigen Eichen auf 60 % der Aufnahmekreise. Auf den restlichen 40 % dominierte die Buche im Höhenwachstum, war aber in erheblich geringerer Dichte als die Eichen vertreten. Der ständig, wenn auch mäßig sinkende Anteil der Eichen an der Gesamthöhensumme (Summe der Pflanzhöhen auf einem m<sup>2</sup>) ist ein Zeichen für die überlegene Konkurrenzstärke der Buche, was spätestens im Läuterungsstadium Eingriffe zur Förderung der Eichen notwendig machen wird.

2. Gruppenschirmschirm- und Femelschlag stellten Varianten der Verjüngungsform Femelschlag dar, von denen der erste etwas größere und hellere (nach den ersten Nachlichtungen zunächst 36, später 26 % der Freilandstrahlung) Kronendachunterbrechungen, der zweite kleinere und dunklere schaffte (anfänglich 26, später 23 % der Freilandstrahlung). Die meisten Keimlinge aus der Anfangsmast starben innerhalb der ersten beiden Jahre wieder ab. Erst nach einer Nachlichtung und einer zweiten Mast 1992 etablierte sich eine Verjüngung, die durch weitere Masten geringfügig ergänzt wurde. Sie stellte bei der letzten Aufnahme einen lückigen, oft von Buchen dominierten Jungwuchs dar. Eichenverjüngung unter dem Schirm alter Bäume blieb deutlich niedriger und schwächer als außerhalb des Kronenbereichs, ohne dass sich die Belichtung unterschied. Die Buchen wiesen unter den Kronen einen geringeren Wachstumsrückgang auf. Im Laufe der Beobachtungszeit nahm die Dichte der Eiche laufend ab, der Höhenzuwachs blieb erheblich geringer als auf der Großschirmschlagfläche, die Höhensummen der Eichen und der Anteil an der Gesamthöhensumme gingen ständig zurück. Neben den nicht ausreichenden Strahlungsverhältnissen

und den sonstigen Wirkungen der Überschirmung hat auch Rehwildverbiss zu diesem ungünstigen Ergebnis beigetragen. Die Belastungen für die Eichen waren auf der Femelschlagfläche stärker ausgeprägt als auf der Gruppenschirmschlagfläche. Im Gegensatz dazu steht die positive Entwicklung des Buchenanteils in beiden Hiebsformen. Alle Parameter besaßen eine zunehmende Tendenz. Bei der letzten Aufnahme enthielten nur noch 6–12 % der Aufnahmekreise führende Eichen, auf den restlichen war zum größten Teil gar keine Verjüngung vorhanden, oder die Buchen dominierten nach Höhe und Anzahl.

3. Der Versuch erlaubt die praktische Schlussfolgerung, dass bei der natürlichen Verjüngung eines Traubeneichen-Buchen-Mischbestandes kleinflächige Verjüngungsverfahren wie der Femelschlag zu buchenreichen Verjüngungen mit wenigen und meist rasch überwachsenen Eichen führen. Ein Eichenbestand lässt sich am sichersten mit einem rasch geräumten Großschirmschlag erzielen. Wenn dennoch diese bewährte Hiebsform vermieden werden soll, sollte ein Femelschlag mit Lochhieben oder sehr lichten Gruppenschirmhieben von mindestens 50 m Durchmesser begonnen werden.

### **Danksagung**

Folgenden Mitarbeitern und Studenten des Instituts für Waldbau in Göttingen, die im Laufe der Jahre zu den hier beschriebenen Ergebnissen beigetragen haben, ist zu danken: M. THIES erhob die ersten Daten für seine Diplomarbeit. Frau Dr. K. HAUSKELLER-BULLERJAHN, führte über mehrere Jahre zusammen mit Dr. H.-M. HAUSKELLER Messungen und umfangreiche Auswertungen durch. M. LINNERT und M. UNGER bearbeiteten die letzte Aufnahme zusammen mit C. GUEST, der die Ergebnisse für seine Bachelor-Arbeit verwandte. Der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz ist für die Überlassung der Versuchsfläche und die Unterstützung durch Dr. DONG und Herrn MUTH zu danken.

## 7. Literatur

- BERGMANN, J.-H.; STÄHR, F. (2002): Denkanstöße: I. Ausnutzung von Hähersaaten beim Umbau von Kiefernreinbeständen.  
Forst u. Holz, **57**, 618-622
- BÖRNER, M.; EISENHAUER, D.R. (2003): Zur Holzqualität unterständiger Hähler-Eichen in sächsischen Kiefernbeständen.  
Forst u. Holz, **58**, 128-131
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1987): Grundriß des Waldbaus.  
Hamburg - Berlin: 338-340
- DINEUR, P. (1951): [Some data on the ecology of *Quercus sessiliflora* regeneration]. Bull. Soc. for Belge., **58**, 38-50
- DOHRENBUSCH, A. (1996): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung von Traubeneichen-Hainbuchen-Mischbeständen.  
Forst u. Holz, **51**, 331-339
- EISENHAUER, D.-R. (1994): Eichenunterstand unter Kiefer.  
Der Wald, 155-157
- FEI, S.; GOULD, P.J.; STEINER, K.C.; FINLEY, J.C. (2006): Aggregate height – A composite measure of stand density for tree seedling populations.  
For. Ecol. Manag., **223**, 336-341
- FISCHER, M.; WEST, G. (1991): Erfahrungen bei Traubeneichen-Naturverjüngungen im Revier Beyernaumburg.  
Forst-u.Holz, **46**, 66-67
- FLEDER, W. (1988): Zur Eichenwirtschaft im Spessart und den Berichten von P. Lang und U. Mergner von der Tagung der ANW - Landesgruppe Bayern.  
Allgemeine Forstzeitschrift, **43**, 735-737
- GUEST, C.J. (2004): Quantifying the response of naturally regenerating sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) to silvicultural systems in the Pfälzer forest (Germany).  
Bachelor dissertation, University of Wales, Bangor, Great Britain, 64 p.
- HARMER, R.; BOSWELL, R.; ROBERTSON, M. (2005): Survival and growth of tree seedlings in relation to changes in the ground flora during natural regeneration of an oak shelterwood.  
Forestry, **78**, 21-32
- HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (1997): Wachstum junger Eichen unter Schirm.  
Berichte d. Forschungszentrums Waldökosyst., Reihe A, 147, 142 S.
- HAUSKELLER-BULLERJAHN, K.; LÜPKE, B. V.; HAUSKELLER, H.-M.; DONG, P.H. (2000): Versuch zur natürlichen Verjüngung der Traubeneiche im Pfälzerwald.  
AFZ/DerWald, **55**, 514-517
- JARVIS, P.G. (1964): The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea*.  
J. of Ecology, **52**, 545-571
- JEDICKE, E.; HAKES, W. (2005): Management von Eichenwäldern im Rahmen der FFH-Richtlinie.  
Naturschutz u. Landschaftsplanung, **37**, 37-45

- KELLY, D.L. (2002): The regeneration of *Quercus petraea* (sessile oak) in southwest Ireland: a 25-year experimental study.  
For. Ecol. Manag., **166**, 207-226
- KRAHL-URBAN, J. (1959): Die Eichen.  
Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin:
- LANG, P. (1988): Die Eiche im Buchengebiet - eine Frage der Vorratspflege, der Verjüngung und der Jagd.  
Allg. Forstzeitschrift, **43**, 203-4
- LE DUC, M.G.; HAVILL, D.C. (1998): Competition between *Quercus petraea* and *Carpinus betulus* in an ancient wood in England: seedling survivorship.  
J. of Vegetation Science, 873-880
- LÜPKE, B. V.; HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (1999): Kahlschlagfreier Waldbau: Wird die Eiche an den Rand gedrängt?.  
Forst u. Holz, **54**, 563-568
- LÜPKE, B. V.; HAUSKELLER-BULLERJAHN, K. (2004): Beitrag zur Modellierung der Jungwuchsentwicklung am Beispiel von Traubeneichen-Buchen-Mischverjüngungen.  
Allg. Forst- und Jagdztg., **175**, 61-69
- MERGNER, U. (1988): Zur Spessarter Eichenwirtschaft im 19. Jahrhundert.  
Allg. Forstzeitschrift, **43**, 200-201
- MOSANDL, R.; KLEINERT, A. (1998): Development of oaks emerged from bird - dispersed seeds under old - growth pine stand. **106**, 35 - 44
- NEWBOLD, A.J.; GOLDSMITH, F.B. (1981): The regeneration of oak and beech: A literature review.  
Discussion Papers in Conservation, University College London, 1-81
- OTTO, H.-J. (1992): Rahmenbedingungen und Möglichkeiten zur Verwirklichung der ökologischen Waldentwicklung in den niedersächsischen Landesforsten.  
Forst u. Holz, **47**, 75-78
- OTTO, H.-J. (1993): Der dynamische Wald. Ökologische Grundlagen des naturnahen Waldbaues.  
Forst u. Holz, **48**, 331-335
- OTTO, H.-J. (1995): Zielorientierter Waldbau und Schutz sukzessionaler Prozesse.  
Forst u. Holz, **50**, 203-206, 208-209
- OTTO, H.-J. (1996): Die Ausbreitung spontaner Verjüngung in den Wäldern des nordwestdeutschen Flachlandes während des letzten Vierteljahrhunderts.  
Forstarchiv, **67**, 236-246
- PETERSEN, R.; WAGNER, S. (1999): Erste Ergebnisse eines Voranbauversuches unter Kiefer im östlichen Niedersachsen.  
Forst u. Holz, **54**, 647-653
- PISOKE, T.; SPIECKER, H. (1997): Eichenwertholz aus ungleichaltrigen Beständen.  
AFZ/DerWald, **52**, 208-210
- RÖHRIG, E.; BARTSCH, N.; LÜPKE, B. V. (2006): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Eugen Ulmer (zugleich UTB 8310), Stuttgart:
- SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik.  
Springer Verlag Berlin, 6. Auflage, 552 S.,

- SHAW, M.W. (1974): The reproductive characteristics of oak.  
In: M.G. MORRIS, F.H. (Ed.) "The british oak" PERRING (Eds.), E. W. Classey Ltd.,  
Faringdon: 162-181
- SPELLMANN, H. (2001): Bewirtschaftung der Eiche auf der Grundlage  
waldwachstumskundlicher Untersuchungen in Nordwestdeutschland.  
Beiträge f. Forstwirtsch. u. Landschaftsökologie, **35**, 145-152
- THIES, M. (1994): Auswertung eines Versuches zur natürlichen Verjüngung der  
Traubeneiche (*Quercus petraea* LIEBL.) im südlichen Pfälzer Wald.  
Diplomarbeit am Forstwiss. Fachbereich d. Univ. Göttingen, unveröffentlicht, 85 S.
- UTSCHIG, H.; MAI, W.; SCHADEL, P.; TÄUBER, T.; WILD, C. (1994): Erfassung  
langfristiger Verjüngungsgänge in Bu-Ei-Kie-Mischbeständen des Forstamtes Ebrach.  
Bericht ü.d. Jahrestagung Dt. Verb.Forstl.Forsch.Anst. - Sektion Ertragskunde - vom 16.-  
18.Mai 1994 in Bamberg, 118-133
- WAGNER, S. (1994): Strahlungsschätzung in Wäldern durch hemisphärische Fotos -  
Methode und Anwendung -  
Berichte d. Forschungszentrums Waldökosyst., Reihe A, Band 123, 123, Göttingen: 166 S.
- WAGNER, S. (1999): Ökologische Untersuchungen zur Initialphase der Naturverjüngung in  
Eschen-Buchen-Mischbeständen.  
Schriften a.d.Forstl.Fak.d.Univ.Göttingen u.d.Nds.Forstl.Vers.Anst., 129, Sauerländer's  
Verlag, Frankfurt/Main: 262 S.
- WELANDER, N.T.; OTTOSSON, B. (1998): The influence of shading on growth and  
morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L..  
Forest Ecology and Management, **107**, 117-126
- ZIEGENHAGEN, B.; KAUSCH, W. (1993): Die Reaktion junger Eichen auf Licht und  
Schatten.  
Forst u. Holz, **48**, 198-201

# Traubeneichen-Läuterungsversuche im Pfälzerwald

P. H. Dong<sup>1</sup>, W. Eder<sup>2</sup> und M. Muth<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Waldwachstum – Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

<sup>2</sup> Ministerialrat a. D. Dr. Walter Eder, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

## Abstract

### Title of the paper: Tending Experiments in Young Oak Stands in the Palatinate Forest

A field trial for selective tending was established in densely stocked young sessile oak stands in 1991. 200 and 300 stems per hectare were selected and competing neighbouring trees were cut. An untreated plot and a plot treated according to silvicultural practice were established as reference plots. After 15 years of observation the following results were obtained:

- Average annual diameter increment of the selected trees in the treatment with 200 and 300 stems per hectare was 0,40 cm, whereas the silviculture practice plot had 0,30 cm and the untreated plot 0,25 cm. This indicates an increased width of annual rings up to 0,5 mm. As height increment remained unchanged, the stability of the selected trees was improved.
- Quality of selected trees remained unchanged though the light crown was opened and all other stems were left untouched. Increment of height and of stem length with dead branches was in a proportion of 2:1.
- Though additional costs for initially selecting trees are necessary, positive selective tending turned out to be more cost effective than stem reduction or negative selective selection.

## 1. Einleitung

Eine positive Auslese im Zuge von Pflegemaßnahmen bei der Eiche wurde bisher häufig nur in älteren Beständen durchgeführt. Die Pflegemaßnahmen in Jungbeständen beschränkten sich in der Regel auf die Entnahme von Protzen, Zwieseln, schlecht geformten Bestandsgliedern sowie von bedrängenden Weich- und Nadelbäumen. Die Wuchsleistung der Eiche als Lichtbaumart ist in der Jugend bekanntlich am stärksten. Deshalb stellt sich grundsätzlich die Frage, ob nicht bereits in der Phase der Qualifizierung (Gertenholzstadium), neben der traditionell üblichen Negativauslese, eine gezielte Förderung gut geformter, vitaler Eichen durch die Entnahme von Bedrängern vorgenommen werden sollte. Die frühe Begünstigung einer Anzahl von Ausleseebäumen und die Konzentration auf ihre Wertleistung sollten, so die Überlegung, auch zur Extensivierung der Pflegemaßnahmen beitragen.

Derzeit bestehen bei den Pflegemaßnahmen in Eichenjungbeständen unterschiedliche Auffassungen. Sie reichen von weitgehender Selbstüberlassung der jungen Eichenbestände (FLEDER 1981) über eine frühzeitige positive Auslese (LEIBUNDGUT 1976,



SPELLMANN 1994, DONG et al. 1998) bis hin zur Ästung der Z-Stämme (HOCHBICHLER et al. 1990).

Angelehnt an die Versuchskonzeption der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt (1990) (heute Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) wurden 1991 in stammzahlreichen Eichen-Gertenholz-Beständen aus Saat im Pfälzerwald Läuterungsversuche angelegt. Mit diesem Versuch sollte der Einfluss verschiedener Eingriffsvarianten auf die Zuwachs- und Wertleistung der Einzelbäume sowie deren Entwicklung unter gezielt gesteuerter Konkurrenz überprüft werden. Darüber hinaus sollten die Ausfallquote und die notwendige Anzahl von Auslesebäumen ermittelt werden. Der Versuch sollte nach Abschluss der Phase der Qualifizierung bei einer Oberhöhe von etwa 16 m in einen Durchforstungsversuch überführt werden.

## **2. Pflegeeingriffe in Eichen-Jungbeständen**

Während über das wichtigste Produktionsziel, nämlich die Erzeugung von wertvollem furniertauglichem Holz weitgehend Einigkeit besteht, gibt es unterschiedliche Vorstellungen, wie dieses Ziel erreicht werden soll. Das Problem all dieser Vorstellungen bzw. Empfehlungen besteht jedoch darin, dass sie nur unzureichend durch wissenschaftliche Untersuchungen abgesichert sind (MOSANDL und PAULUS 2002).

Bereits in seiner Arbeit im Jahr 1976 kam LEIBUNDGUT nach 30jährigen Beobachtung seiner Eichen-Läuterungsversuche im Unterland der Schweiz zu dem Schluss, dass sich ein früher Übergang zur positiven Auslese, d. h. zur Auswahl und zur direkten Begünstigung einer nicht zu großen Anzahl gut verteilter Heister, sowohl nach der Wirkung als auch im Hinblick auf den Arbeitsaufwand als zweckmäßigste Pflegemaßnahme erweist.

Dagegen betonte FLEDER in seinen Arbeiten (1981, 1987), dass die jungen Eichen-Bestände in der Höhenwuchsphase in einer „sanften Kronenspannung“ gehalten werden sollen, d.h. stärkere Kronenschlussdurchbrechungen sollen vermieden werden. Eine zu frühzeitige Festlegung auf Eliteanwärter, hält FLEDER für unnötig, sogar schädlich (1981).

Im Folgenden sind die Pflegeprogramme von HOCHBICHLER und KRAPFENBAUER (1988) sowie MOSANDL und PAULUS (2002) beschrieben. Der Übergang zur positiven Auslese im Pflegeprogramm von HOCHBICHLER und KRAPFENBAUER setzt viel früher ein und die Anzahl der Auslesebäume ist geringer als im Pflegeprogramm von MOSANDL und PAULUS. Bemerkenswert ist die vorgesehene Ästung der noch sehr jungen Eichen im Pflegeprogramm von HOCHBICHLER und KRAPFENBAUER.

**Pflegeprogramm für Eichen-Jungbestände (HOCHBICLER und KRAPPENBAUER 1988)**

<b>Standort A (mittlere Jahrringbreite = 2 mm)</b>			
Alter	Oberhöhe	Stammzahl in der Oberschicht	Pflegemaßnahme
40	bis 3 m	6000	Beseitigung von Protzen, ev. Mischwuchsregulierung; Beseitigung von Weichhölzern; Formschnitt
	4 – 8 m	2500	Übergang zur positiven Auslese; Stammzahl- verminderung im Herrschenden (Abstand ca. 2 m); eventuell Astung
	9 – 16 (18) m	700	Begünstigung von vitalen, qualitativ entsprechenden Individuen im Abstand von 5-6 m; Entnahme von 1-2 Bedrängern; eventuell Ästung
<b>Standort B (mittlere Jahrringbreite = 2,5 mm)</b>			
Alter	Oberhöhe	Stammzahl in der Oberschicht	Pflegemaßnahme
30	bis 2 m	6000	Beseitigung von Protzen, ev. Mischwuchsregulierung; Beseitigung von Weichhölzern; Formschnitt
	3 – 6 m	1500	Übergang zur positiven Auslese; Stammzahl- verminderung im Herrschenden (Abstand ca. 3 m); bei schlechter Qualitätsentwicklung Aufästung bis mind. 3,0 m und Kronenpflege (120-150 Ind./ha)
	7 – 12 (14) m	650	Begünstigung von vitalen, qualitativ entsprechenden Individuen im Abstand von 6-7 m; Entnahme von 1-2 Bedrängern; Ästung auf 6(7) m in 2 Eingriffen; Kronenpflege beim ersten Eingriff (beim 2. Eingriff Ästung von nur mehr 60-75 Ind./ha)

## Pflegegrundsätze für junge Eichenbestände (MOSANDL und KRAPFENBAUER, 2002)

Phase	Höhe	Ziel	Pflegemaßnahme
<b>Läuterung</b>	4 – 9 m	Am Ende dieser Phase soll ein geschlossenes Eichen-Stangenholz mit anhaltender natürlicher Astreinigung in die Jungdurchforstung übernommen werden. Keine aktive Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eingriffe nur in Ausnahmefällen</li> <li>● In diesem Stadium verwachsen sich noch viele Zwiesel oder Protzen</li> </ul>
<b>Jung-durchforstung</b>	ab 10 m Oberhöhe	Gegen Ende der Behandlungsperiode sollen pro ha 200-250 auf 10 m astfreie, vitale, gut bekronte Ausleseebäume in möglichst regelmäßigen Abständen vorhanden sein	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Auswahl von 200-250 Ausleseebäume pro ha</li> <li>● mäßige positive Förderung der Ausleseebäume durch Entnahme der stärksten 1-2 Bedränger</li> <li>● 1-2 Eingriffe je Jahrzehnt</li> <li>● Eine zusätzliche Förderung des Nebenbestandes sollte unterbleiben</li> <li>● Nach dem Erreichen der erwünschten Schaftlänge (10 m) Übergang zur Altdurchforstung</li> </ul>

### 3. Versuchskonzept

#### 3.1 Behandlungsvarianten

Die Versuchsplanung sah vier verschiedene Eingriffsformen in den Forstämtern Kaiserslautern (früher Hochspeyer) und Wasgau (früher Eppenbrunn und Schönau) mit einfacher Wiederholung vor. Insgesamt sind 17 Versuchspartzellen mit einer Parzellengröße von 0,25 ha eingerichtet worden. Die Nomenklatur folgt den rheinland-pfälzischen Waldbaurichtlinien von 1983.

#### **Nullfläche**

Auf der Nullfläche wird nicht eingegriffen. Es wurden 400 Ausleseebäume pro Hektar als Vergleichsbäume ohne Förderung ausgewählt und markiert.

#### **Referenzfläche (herkömmliche Läuterung)**

Entnahme von Protzen, Krummwüchsigen und Tiefzwieseln sowie unerwünschten Baumarten in Oberstand (Waldbauliche Richtlinien 1983). Auf der Referenzfläche wurden ebenfalls 400 Ausleseebäume pro Hektar als Vergleichsbäume ohne Förderung ausgewählt und markiert.

#### **Ausleseläuterung (Z- Baum-Anwärter im Verband 4 x 4 m)**

Zwischen 4 Reihen (beim Reihenabstand von 1,0 m) werden im Abstand von ca. 4 m links oder rechts Z-Baum-Anwärter ausgewählt, markiert und durch die Entnahme von Bedrängern gefördert, so dass sich ein mittlerer Verband von 4 x 4 m bzw. eine Zahl von 600 Z-Baum-Anwärttern pro Hektar ergibt. Protzen und in den Oberstand drängende beigemischte Baumarten werden auf der ganzen Fläche zurückgeschnitten.

Im Jahr 1999 wurde dann die Anzahl der Z-Baumanwärter auf 300 Bäume/ha reduziert.

Im Jahr 2006 bei der vierten Aufnahme und bei der Oberhöhe von ca. 14 m wurde die Anzahl der Z-Baumanwärter auf 100 Bäume/ha reduziert.

#### **Ausleseläuterung (Z- Baum-Anwärter im Verband 6 x 4 m)**

Zwischen 6 Reihen (beim Reihenabstand von 1,0 m) werden im Abstand von ca. 4 m links oder rechts Z-Baum-Anwärter ausgewählt, markiert und durch die Entnahme von Bedrängern gefördert, so dass sich ein mittlerer Verband von 4 x 4 m bzw. eine Zahl von 400 Z-Baum-Anwärttern pro Hektar ergibt. Protzen und in den Oberstand drängende beigemischte Baumarten werden auf der ganzen Fläche zurückgeschnitten.

Im Jahr 1999 wurde dann die Anzahl der Z-Baumanwärter auf 200 Bäume/ha reduziert.

Im Jahr 2006 bei der vierten Aufnahme und bei der Oberhöhe von ca. 14 m wurde die Anzahl der Z-Baumanwärter ebenfalls auf 100 Bäume/ha reduziert.

### **3.2 Eingriffsturnus und -stärke**

Es werden nur Bedränger entnommen, die aktuell in die Lichtkrone der Ausleseebäume hineinragen. Damit wird versucht, eine möglichst geringe, aber einheitlich festgelegte Eingriffstärke zu erproben. In den Zwischenfeldern wird mit Ausnahme der Referenzflächen, nicht eingegriffen. Der Eingriffsturnus beträgt bis zum Erreichen einer Oberhöhe von etwa 16-18 m 5 Jahre. Unterständige Laubbaumarten soll zur Verhinderung der Wasserreiserbildung bei der Eiche erhalten bleiben. Bedrängende Laubbaumarten werden zurückgeschnitten. Soweit die Vorgabe des Versuchsdesigns.

### **4. Die Versuchsflächen**

Wie bereits beschrieben wurden die Versuchsflächen im Jahr 1991 in den Forstämtern Kaiserslautern (früher Hochspeyer) und Wasgau (früher Eppenbrunn und Schönau) angelegt. Nähere Angaben enthält die Tab. 1.

Im Winter 1991/92 wurden alle Versuchspartellen repräsentativ aufgenommen, Z-Baumanwärter ausgewählt und vorhandene Bedränger entnommen. Bei den Z-Baumanwärttern

wurden Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe, Kraft'sche Baumklasse, Länge der Trockenastzone (Differenz erster grüner Ast – Boden), Anzahl der Steiläste, Schäden am Stamm sowie Stammform erhoben. Die Anzahl der Bedränger, deren Entfernung zu den Z-Baumanwärttern und deren Durchmesser wurden ermittelt. Wiederholungsaufnahmen wurden 1996, 2001 und 2006 durchgeführt.

**Tab. 1: Standorte des Eichen-Läuterungsversuchs**

Forstamt (Alter der Bestände bei Anlage)	Forstort Abt.	Höhe ü. NN Hang-Richtung/ Hang-Neigung	Klimawerte	Standortsbeschreibung
<b>Kaiserslautern</b> (früher Hochspeyer) (19)	III 5b <sup>2</sup>	435 m NNO / 8-15°	a) 8,6° C b) 15,8° C c) 820 mm d) 360 mm	schwach posolige tiefgründige Braunerde auf frischen Sanden der Trifels- und Rehbergschichten
<b>Wasgau</b> (früher Eppenbrunn und Schönau) (19)	XVI 1b <sup>1</sup> und X 2b <sup>5</sup>	250-360 m N / 30°	a) 8,0° C b) 14,5° C c) 800 mm d) 315 mm	mittel entwickelte podsolige Braunerde auf frischen Sanden der Rehbergschichten

a) Temperatur im Jahr

b) Temperatur in der Vegetationszeit

c) Niederschläge im Jahr

d) Niederschläge in der Vegetationszeit



**Abb. 1: Eichen-Läuterungsversuch im Forstamt Kaiserslautern**

## 5. Entwicklung der Auslesebäume

Nach 15 Jahren Beobachtungszeit ergeben sich brauchbare Hinweise auf die Entwicklung der ausgewählten Auslesebäume hinsichtlich der Durchmesser- und Höhenzuwächse, der h/d-Werte, der Kronenansätze und der Kronenprozente (Tab. 2).

Bei der Versuchsanlage im Jahr 1991 wurden in den Varianten der Ausleseläuterung 400 bzw. 600 Auslesebäume ausgewählt und markiert. Ergebnisse der Aufnahme in den Jahren 1991 und 1996 zeigt die Tab. 2.

**Tab. 2: Waldwachstumskundliche Daten der Auslesebäume (400/600 ZBA) zwischen 1991-1996**

Forstamt	Variante	Aufnahme 1991					Aufnahme 1996					jährlicher Zuwachs		
		Alter (J.)	Dg (cm)	Hg (m)	Kronen- ansatz (Kr %) (m)	h/d	Alter (J.)	Dg (cm)	Hg (m)	Kronen- ansatz (Kr %) (m)	h/d	id (mm) (%)	ih (cm) (%)	iKronen- ansatz (cm) (%)
Kaiserslautern  (früher Hochspeyer)	400 ZBA	19	5,3	6,7	3,8 (43 %)	126	24	7,1	8,6	4,7 (45 %)	121	3,6 (120)	38 (106)	18 (113)
	600 ZBA	19	5,1	6,6	3,9 (41 %)	129	24	6,9	8,6	4,7 (45 %)	125	3,6 (120)	40 (111)	16 (100)
	Referenz- fläche (400 ZBA)	19	4,7	6,3	3,5 (44 %)	134	24	6,2	8,1	4,3 (47 %)	131	3,0 (100)	36 (100)	16 (100)
Wasgau  (früher Eppenbrunn Und Schönau)	400 ZBA	19	5,7	7,7	4,3 (44 %)	135	24	7,5	9,7	5,3 (45 %)	129	3,6 (138)	40 (105)	20 (83)
	600 ZBA	19	5,6	7,8	4,3 (43 %)	136	24	7,4	9,6	5,4 (44 %)	130	3,6 (138)	40 (105)	22 (92)
	Referenz- fläche (400 ZBA)	19	5,6	7,6	4,3 (43 %)	136	24	7,1	9,5	5,5 (42 %)	134	3,0 (115)	38 (100)	24 (100)
	Nullfläche (400 ZBA)	19	5,7	7,6	4,2 (45 %)	133	24	7,0	9,5	5,4 (43 %)	136	2,6 (100)	38 (100)	24 (100)
<b>Gesamt- versuch</b>	400 ZBA	19	5,5	7,3	4,1 (44 %)	133	24	7,3	9,3	5,1 (45 %)	127	3,6 (138)	40 (105)	20 (83)
	600 ZBA	19	5,3	7,1	4,1 (42 %)	134	24	7,1	9,1	5,1 (44 %)	128	3,6 (138)	40 (105)	20 (83)
	Referenz- fläche (400 ZBA)	19	5,2	7,0	3,9 (44 %)	135	24	6,7	8,9	5,1 (43 %)	133	3,0 (115)	38 (100)	24 (100)
	Nullfläche (400 ZBA)	19	5,7	7,6	4,2 (45 %)	133	24	7,0	9,5	5,4 (43 %)	136	2,6 (100)	38 (100)	24 (100)

5 Jahre nach der positiven Auslese haben die Ausleseebäume auf die Freistellung gut reagiert. Vor allem beim **jährlichen Durchmesserzuwachs** sind die Ausleseebäume sowohl bei Ausleseläuterung 400 als auch bei Ausleseläuterung 600 den Referenzflächen und besonders den Nullflächen stark überlegen (138%:115%:100%). Durch die Förderung von 400 bzw. 600 Ausleseebäume/ha war eine Steigerung des Durchmesserzuwachses gegenüber den nicht geförderten Ausleseebäume auf den Nullflächen um 1 mm möglich. Auch MOSANDL et al. (1991) haben eine identische Steigerung des Durchmesserzuwachses der Ausleseebäume im Stangenholzstadium (Alter zwischen 18 und 25) festgestellt.

Der **jährliche Höhenzuwachs** der Ausleseebäume beträgt auf allen Versuchspartzen unabhängig von den Varianten etwa 40 cm. Die **h/d-Werte** haben sich durch die unveränderte Höhenentwicklung und das stärkere Durchmesserwachstum der geförderten Ausleseebäume zugunsten der Ausleseläuterung 400 und 600 verändert (Tab. 2). Während die h/d-Werte der Ausleseebäume bei Ausleseläuterung 400 und 600 um 6 Prozentpunkten sanken, nahmen die h/d-Werte an den nicht geförderten Ausleseebäumen in den Referenzflächen nur um 2 Prozentpunkte ab. Die h/d-Werte an den nicht geförderten Ausleseebäumen in den Nullflächen haben sogar 3 Prozentpunkte zugenommen. MOSANDL et al. (1991) haben hinsichtlich der Veränderung der h/d-Werte zwischen den geförderten und nicht geförderten Ausleseebäumen im Stangenholzstadium die gleiche Tendenz festgestellt.

Der **Kronenansatz** der Ausleseebäume hat sich jährlich im Mittel zwischen 20 und 24 cm nach oben verlagert (Tab. 2), wobei die nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenz- und Nullflächen ihren Kronenansatz geringfügig weiter nach oben verschoben haben als die geförderten Ausleseebäume in den Ausleseläuterungen 400 und 600. Durch die Förderung konnten die **Kronenprozente** der Ausleseebäume bei der Ausleseläuterung 400 und 600 leicht zunehmen, während die Kronenprozente der Ausleseebäume in den Referenz- und Nullflächen geringfügig abnahmen.

Vor der 3. Aufnahme im Jahr 2001 (bei Alter 31 und einer Oberhöhe von 12 m) erschien es aufgrund der hervorragenden Schaftqualität der Pfälzer-Eichen und der nun sicheren Auswahl der Ausleseebäume nicht sinnvoll weiter 400 bzw. 600 Ausleseebäumen zu fördern. Ab 2001 wurde daher die Anzahl der Ausleseebäume auf 200 bzw. 300 Bäume/ha reduziert. Die Ergebnisse der 4. Aufnahme nach 15 Jahren mit noch 200 bzw. 300 Ausleseebäumen können der Tab. 3 entnommen werden. Weil die Ausleseebäume seit der Versuchsanlage mit Nummern versehen waren, ist die Berechnung für das neue Auslesebaum-Kollektiv in allen Aufnahmen seit 1991 möglich.

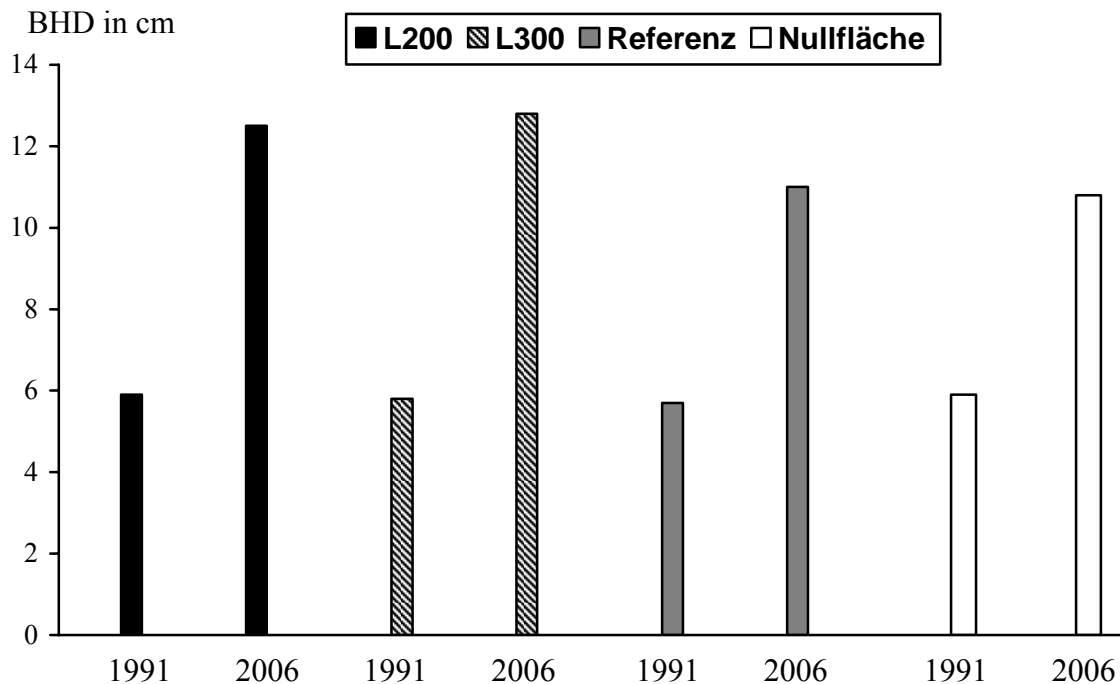
**Tab. 3: Waldwachstumskundliche Daten der Ausleseebäume (200/300 ZBA) zwischen 1991-2006**

Forstamt	Variante	Aufnahme 1991					Aufnahme 2006					jährlicher Zuwachs		
		Alter (J.)	Dg (cm)	Hg (m)	Kronen- ansatz (Kr %) (m)	h/d	Alter (J.)	Dg (cm)	Hg (m)	Kronen- ansatz (Kr %) (m)	h/d	id (mm) (%)	Ich (cm) (%)	iKronen- ansatz (cm) (%)
im Vergleich zur Referenzfläche bzw. Nullfläche														
Kaiserslautern  (früher Hochspeyer)	200 ZBA	19	5,6	6,8	3,6 (43 %)	121	34	12,3	12,8	6,8 (47 %)	104	4,5 <b>(125)</b>	40 <b>(103)</b>	21 <b>(84)</b>
	300 ZBA	19	5,6	6,8	4,0 (41 %)	121	34	12,8	13,2	7,0 (47 %)	103	4,8 <b>(133)</b>	43 <b>(110)</b>	20 <b>(80)</b>
	Referenz- fläche (250 ZBA)	19	5,1	6,5	3,4 (44 %)	127	34	10,5	12,4	7,1 (43 %)	118	3,6 <b>(100)</b>	39 <b>(100)</b>	25 <b>(100)</b>
Wasgau  (früher Eppenbrunn Und Schönau)	200 ZBA	19	6,1	7,9	4,3 (46 %)	130	34	12,6	13,7	7,7 (44 %)	109	4,3 <b>(130)</b>	39 <b>(108)</b>	23 <b>(85)</b>
	300 ZBA	19	6,0	7,8	4,3 (45 %)	130	34	12,8	13,6	7,7 (43 %)	106	4,5 <b>(136)</b>	39 <b>(108)</b>	23 <b>(85)</b>
	Referenz- fläche (250 ZBA)	19	6,0	7,9	4,3 (46 %)	132	34	11,3	13,6	8,1 (40 %)	120	3,5 <b>(106)</b>	38 <b>(106)</b>	25 <b>(93)</b>
	Nullfläche (250 ZBA)	19	5,9	7,7	4,1 (47 %)	131	34	10,8	13,1	8,2 (37 %)	121	3,3 <b>(100)</b>	36 <b>(100)</b>	27 <b>(100)</b>
<b>Gesamt- versuch</b>	200 ZBA	19	5,9	7,5	4,0 (47 %)	127	34	12,5	13,4	7,3 (46 %)	107	4,4 <b>(133)</b>	39 <b>(108)</b>	22 <b>(81)</b>
	300 ZBA	19	5,8	7,3	4,1 (44 %)	126	34	12,8	13,4	7,3 (46 %)	105	4,7 <b>(142)</b>	41 <b>(114)</b>	21 <b>(78)</b>
	Referenz- fläche (250 ZBA)	19	5,7	7,3	3,9 (47 %)	128	34	11,0	13,1	7,7 (41 %)	119	3,5 <b>(106)</b>	39 <b>(108)</b>	25 <b>(93)</b>
	Nullfläche (250 ZBA)	19	5,9	7,7	4,1 (47 %)	131	36	10,8	13,1	8,1 (38 %)	121	3,3 <b>(100)</b>	36 <b>(100)</b>	27 <b>(100)</b>

Der *jährliche Durchmesserzuwachs* der Ausleseebäume zwischen 1991 und 2006 beträgt bei Auslesedurchforstung 200 i. M. 0,44 cm, bei Auslesedurchforstung 400 i. M. 0,47 cm, dagegen beträgt der Durchmesserzuwachs der Ausleseebäume ohne Förderung durch Freistellung in den Referenzflächen nur 0,35 cm und in den Nullflächen nur 0,33 cm (Tab. 3). Im Vergleich zu den Ergebnissen der 2. Aufnahme im Jahr 1996 ist die Überlegenheit im Dickenwachstum der Läuterung 200 und 300 unverändert hoch geblieben. Auch nach 15



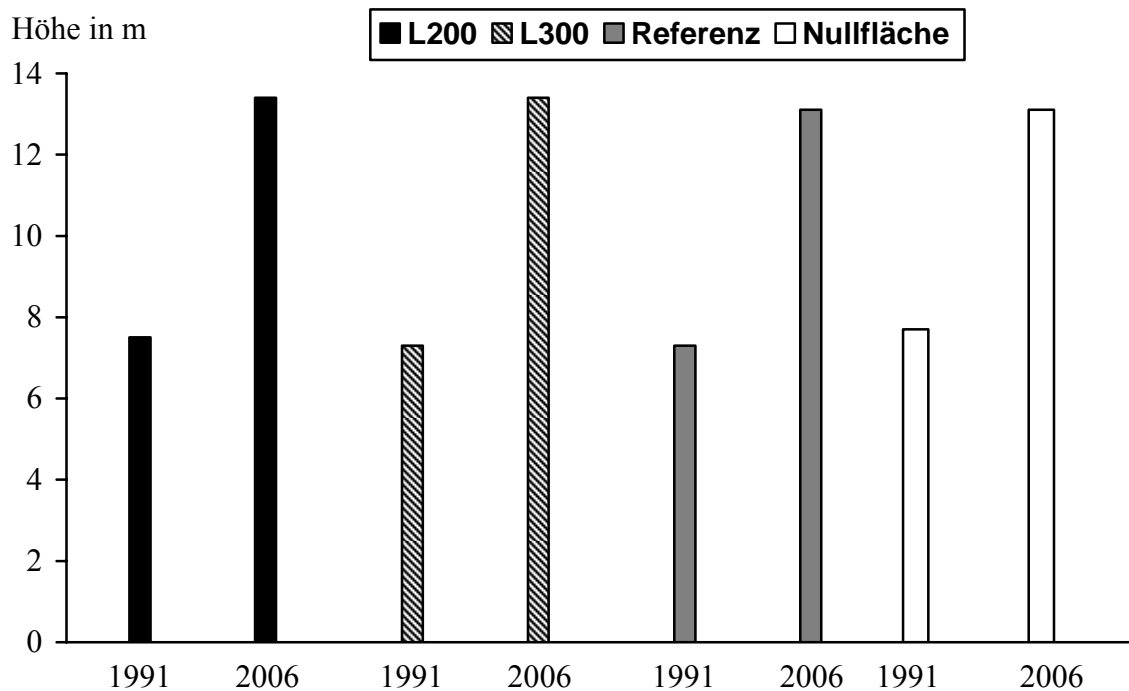
Jahren wird durch die Förderung von 200 bzw. 300 Auslesebäumen/ha eine Steigerung des jährlichen Durchmesserzuwachses gegenüber den nicht geförderten Auslesebäumen auf den Nullflächen um mehr als 1 mm festgestellt. Betrachtet man die Entwicklung des mittleren Brusthöhendurchmessers der vier Varianten in der Beobachtungszeit zwischen 1991 und 2006, so ist deutlich festzustellen, dass bei der ersten Aufnahme im Jahr 1991 die mittleren Durchmesser der vier Varianten fast gleich waren (Abb. 2). Bei der 4. Aufnahme im Jahr 2006, nach 15 Jahren sind die Durchmesser-Unterschiede zwischen den geförderten Auslesebäumen bei Läuterung 200 bzw. 300 und den nicht geförderten Auslesebäumen in den Referenz- und Nullflächen sehr deutlich (15jähriger Durchmesserzuwachs von Läuterung 200, 300, Referenz- und Nullfläche in der Reihenfolge 6,6 cm: 7,0 cm: 5,3 cm: 4,9 cm (Tab. 3 und Abb. 2)).



**Abb. 2: Durchmesserentwicklung der 4 Varianten zwischen 1991 und 2006**

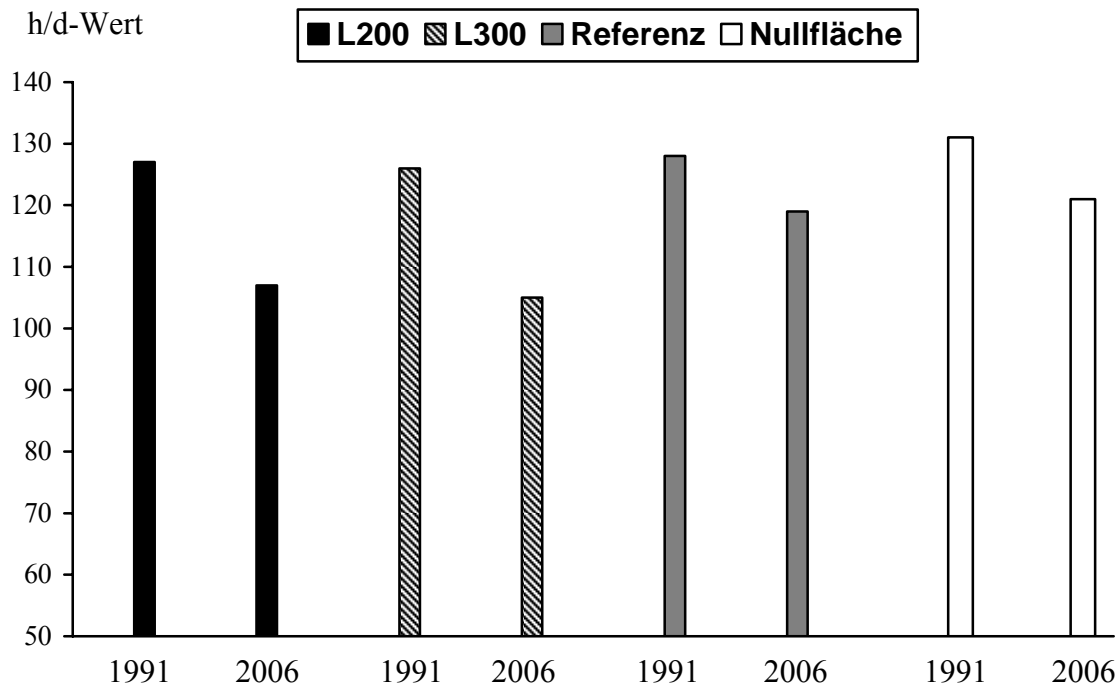
Der *jährliche Höhenzuwachs* der Auslesebäume beträgt auf allen Versuchspartellen **unabhängig von den Varianten** auch in den letzten 15 Jahren etwa 40 cm. Auch die Höhenentwicklung des benachbarten älteren Eichen-Durchforstungsveruches im Forstamt Kaiserslautern zwischen Alter 54 und 69 Jahre mit einem jährlichen Höhenzuwachs von 34 cm belegt, dass die Pfälzerwaldeichen ein lang anhaltendes Höhenwachstum aufweist. Betrachtet man die Entwicklung der mittleren Höhe der vier Varianten in der

Beobachtungszeit zwischen 1991 und 2006, so ist deutlich festzustellen, dass sowohl bei der ersten Aufnahme im Jahr 1991 als auch bei der vierten Aufnahme im Jahr 2006 die mittleren Höhen der vier Varianten fast identisch sind (Tab. 3 und Abb. 3). Es bleibt somit festzustellen, dass mit der Freistellung der Ausleseebäume keine Reduktion des Höhenwachstums eingetreten ist.



**Abb. 3: Höhenentwicklung der 4 Varianten zwischen 1991 und 2006**

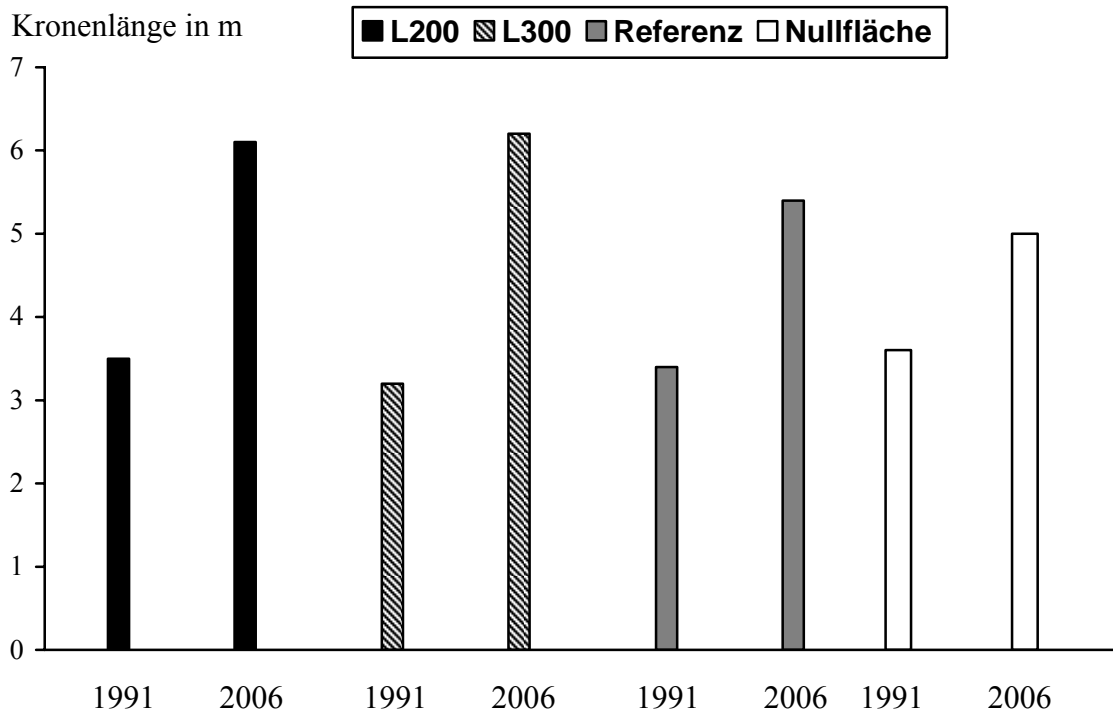
Die *h/d Werte* haben sich im Versuchszeitraum von 15 Jahren in Abhängigkeit von den Behandlungsvarianten verändert (Tab. 3). Während die *h/d*-Werte der Ausleseebäume bei den Ausleseläuterungen 200 und 300 um 20 bzw. 21 Prozentpunkte sanken, nahmen die *h/d*-Werte an den nicht geförderten Ausleseebäumen in den Referenz- und in den Nullflächen nur um 9 bzw. 10 Prozentpunkte ab. Betrachtet man die *h/d*-Werte der geförderten Ausleseebäumen im Alter 34 mit 105 bzw. 107 (Tab. 3 und Abb. 4), so ist festzustellen, dass diese *h/d*-Werte ein Zeichen für gute bis sehr gute Einzelbaustabilität darstellen. Die *h/d*-Werte der nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenz- und Nullflächen betragen dagegen 119 bzw. 121. Sie bleiben dennoch deutlich unter dem kritischen *h/d*-Wert für die jungen Eichen von 130 (SZAPPNOS 1973; LEIBUNDGUT 1976).



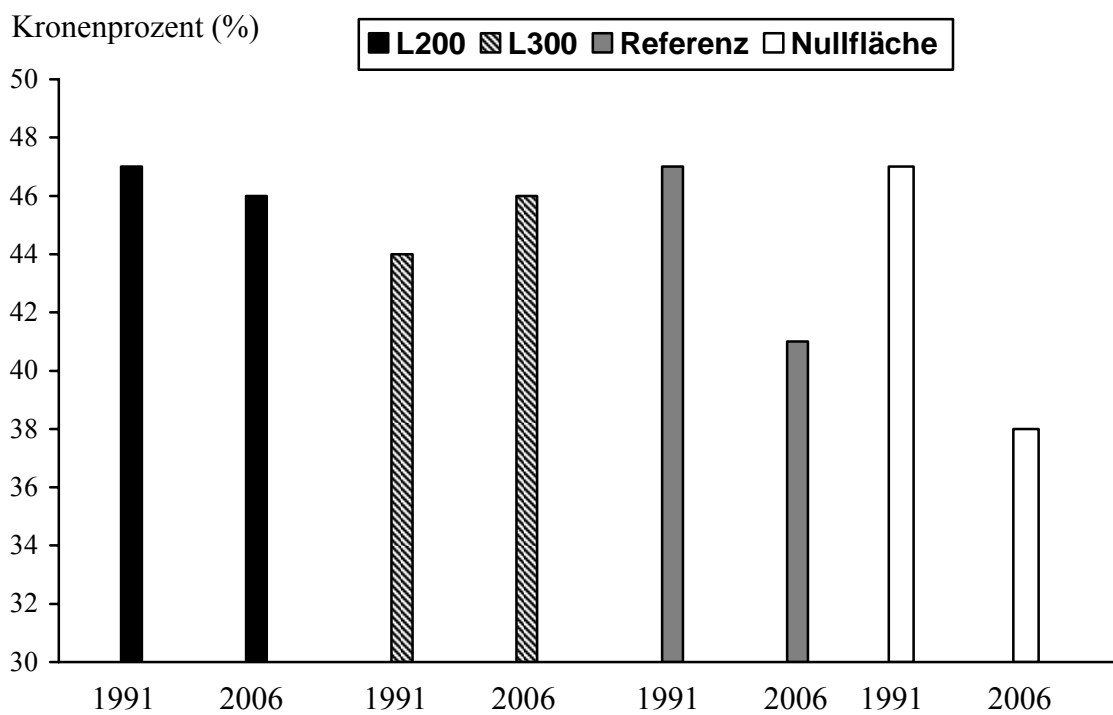
**Abb. 4: h/d-Wert-Veränderung der 4 Varianten zwischen 1991 und 2006**

Der *Kronenansatz* der Auslesebäume hat sich innerhalb von 15 Jahren bei allen Versuchsvarianten i. M. um 3,2 m und 4,0 m nach oben verlagert (Tab. 3). Dies bedeutet, dass das jährliche Aststerben i. M. zwischen 21 und 27 cm lag, wobei die nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenz- und Nullflächen allerdings, wie erwartet, ihren Kronenansatz viel weiter nach oben verschoben haben als die geförderten Ausleseebäumen in den Ausleseläuterungen 200 und 300. Während das Verhältnis zwischen Höhenwachstum und Aststerben bei den Ausleseebäumen in den Läuterungen 200 und 300 1,8:1 bzw. 1,9:1 beträgt, ist dieses bei den Ausleseebäumen in den Referenz- und Nullflächen 1,5:1 bzw. 1,4:1. Eine sehr hohe Absterbestrecke infolge der Überdichte verringert die Kronenlänge und damit das Kronenprozent. Eine Zunahme der Kronenlänge in den letzten 15 Jahren zwischen 2,6 und 3,0 m bei den Ausleseebäumen in den Ausleseläuterungen 200 und 300 im Vergleich mit einer Zunahme der Kronenlänge zwischen 1,4 und 2,0 m bei den Ausleseebäumen in den Referenz- und Nullflächen zeigt deutlich, dass die geförderten Ausleseebäume in den Ausleseläuterungen 200 und 300 ihre Kronen viel weiter ausgebaut haben.

Durch die Förderung konnten die *Kronenprozente* der Ausleseebäume bei den Ausleseläuterungen 200 und 300 in den letzten 15 Jahren ihren Wert von 46% beibehalten, während die Kronenprozente der nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenzflächen von 47 auf 41% und in den Nullflächen von 47 sogar auf 38% (Tab. 3 und Abb. 6) abnahmen.



**Abb. 5: Entwicklung der Kronenlänge der 4 Varianten zwischen 1991 und 2006**



**Abb. 6: Entwicklung des Kronenprozentages der 4 Varianten zwischen 1991 und 2006**

Etwa 5 bis 10 Jahre vor dem Ende der Läuterungsperiode und vor der Überführung in den Durchforstungsversuch wurde bei der vierten Aufnahme im Jahr 2006 (Alter 34 bei Oberhöhe von 14 m und einer astreinen Schaft von etwa 7-8 m) die Anzahl der Ausleseebäume bei allen Versuchsvarianten einheitlich auf 100 Bäume pro Hektar reduziert. Der Grund für diese Reduktion liegt vor allem darin, **dass die Auswahl der endgültigen Z-Bäume für die Dimensionierungsphase sehr einfach geworden ist.** Die Ausleseebäume haben sich nach 15jähriger Förderung sowohl von der Wuchsleistung als auch von der Schaftqualität her so hervorragend entwickelt, dass es nicht sinnvoll sein kann, 200 bis 300 Ausleseebäume weiter zu pflegen. Ab 2006 bis zur Überführung in den Durchforstungsversuch (Oberhöhe 16-18 m) werden die Ausleseebäume weiter wie bisher behandelt. Waldwachstumskundliche Daten der 100 verbliebenen Ausleseebäume/ha sind in der Tab. 4 ersichtlich.

**Tab. 4: Waldwachstumskundliche Daten der Z-Baumanwärter (100 ZBA) zwischen 1991-2006**

Forstamt	Variante	Aufnahme 1991					Aufnahme 2006					jährlicher Zuwachs		
		Alter (J.)	Dg (cm)	Hg (m)	Kronen- ansatz (Kr %) (m)	h/d	Alter (J.)	Dg (cm)	Hg (m)	Kronen- ansatz (Kr %) (m)	h/d	Id (mm) (%)	ih (cm) (%)	iKronen- ansatz (cm) (%)
Kaiserslautern	100 ZBA	19	5,9	7,0	3,7 (47 %)	119	34	13,5	13,5	6,9 (49 %)	100	5,1 (121)	43 (105)	21 (84)
	Referenz- fläche	19	5,5	6,7	3,3 (51 %)	122	34	11,8	12,9	7,1 (45 %)	109	4,2 (100)	41 (100)	25 (100)
Wasgau  (früher Eppenbrunn und Schönau)	100 ZBA	19	6,5	8,1	4,4 (46 %)	125	34	13,8	14,2	7,7 (46 %)	103	4,9 (129)	41 (103)	22 (81)
	Referenz- fläche	19	6,3	7,9	4,3 (46 %)	125	34	12,2	14,0	8,0 (43 %)	115	3,9 (103)	41 (103)	25 (93)
	Nullfläche	19	6,3	7,8	4,0 (49 %)	124	34	12,0	13,8	8,1 (41 %)	115	3,8 (100)	40 (100)	27 (100)
<b>Gesamt- versuch</b>	100 ZBA	19	6,3	7,6	4,1 (46 %)	121	34	13,7	13,9	7,4 (47 %)	101	4,9 (129)	42 (105)	22 (81)
	Referenz- fläche	19	6,0	7,4	3,9 (47 %)	123	34	12,0	13,5	7,6 (44%)	113	4,0 (105)	41 (103)	25 (93)
	Nullfläche	19	6,3	7,8	4,0 (49 %)	124	34	12,0	13,8	8,1 (41 %)	115	3,8 (100)	40 (100)	27 (100)

Die Befunde zeigen, dass die 100 Ausleseebäume in der Ausleseläuterung sowohl in der Wuchsleistung als auch in den h/d-Werten, der Kronenlänge und im Kronenprozent den nicht geförderten Ausleseebäumen in den Referenz- und Nullflächen weit überlegen sind. Stabile Bäume mit einem mittleren h/d-Wert von 101 (Alter 34), einem mittleren Kronenprozent von 47%, einem jährlichen Durchmesserzuwachs von 0,49 cm (Jahrringbreite von 2,5 mm) und einer gewohnt hervorragenden Schaftqualität der Pfälzerwaldeiche sind gute Voraussetzungen für eine Eichen-Wertholzproduktion in einer für die Eiche relative kurzen Produktionszeit von etwa 180-200 Jahren.

Wenn die Ausleseebäume einen astreinen Schaft von etwa 10 m erreicht haben, wird ein Z-Baumkollektiv von 80-100 Z-Bäumen/ha für die Durchforstungsphase vorgesehen (DONG et al. 2007).

## **6. Ästung bei der Eiche**

Abgesehen von der Vogelkirsche war die Ästung bei den Laubbaumarten zwar schon länger erprobt worden (SCHÄDELIN 1936, METZ 1970, ZIEREN 1970, HOCHBICHLER et al., 1990). Trotzdem hat sie sich nicht durchgesetzt, weil die natürliche Astreinigung bei den Laubbaumarten Eiche und Buche im Stangenholzstadium gut verläuft. Andererseits sind bei der Eiche öfter unter häufig fälschlich als „Protzen“ angesprochenen Bäume auch herausragend vitale Bäume mit hervorragender Schaftqualität zu finden. Bei der Auswahl von Ausleseebäumen werden sie aber wegen ihrer relativ groben Äste meist von vornherein ausgeschlossen.

Nach Erfahrungen von ZIEREN, 1970 benötigen die Laubbäume zur Überwallung der Schnittflächen nur halb soviel Zeit wie bei der natürlichen Astreinigung. Je stärker die Äste, desto größer wird dieser Zeitvorteil. Andererseits reagieren nach ZIEREN die geästeten Eichen regelmäßig mit der Bildung von Wasserreisern. Um die Vor- und Nachteile der künstliche Ästung bei der Eiche überprüfen zu können, wurden auf den Versuchsstandorten Kaiserslautern und Wasgau in den Umfassungstreifen des Läuterungsversuches 60 Bäume ausgewählt und auf 8 bis 10 m geästet. Diese Bäume waren zum Ästungszeitpunkt vorherrschende und besonders vitale Exemplare. Sie zeichneten sich durch sehr gute Schaftqualität aus, waren aber relativ grobastig. Die Ästung wurde bei der 3. Aufnahme im Jahr 2001 durchgeführt. Gleichzeitig wurden die ausgewählten Eichen von Bedrängern freigestellt (Abb. 7a und 7b). 5 Jahre nach der Ästung haben sich die Bäume sehr gut entwickelt, ihre Kronen sehr schnell vergrößert und ihr Dickenwachstum hat sehr gut reagiert. Die Bäume zeigen eine sehr schnelle Überwallung der Schnittflächen. Die Bildung von

Wasserreisern wurde nur vereinzelt beobachtet. Eine eingehende Bewertung der Ästung wird am Ende der Läuterungsphase in 10 Jahren möglich sein.



**Abb. 7a: Geästete Eichen im Forstamt Kaiserslautern (Frühherbst 2006)**



**Abb. 7b: Geästete Eichen im Forstamt Wasgau (Frühherbst 2006)**

## 7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der 1991 in jungen Eichenjungbeständen angelegte Läuterungsversuch hat nach 15 Jahren Beobachtungszeit einige Tendenzen der quantitativen und qualitativen Entwicklung dieser Bestände in Abhängigkeit von den vorgenommenen Pflegeeingriffen erkennen lassen. Die Ergebnisse erlauben folgende Schlussfolgerungen:

- Durch die gezielte Förderung der Ausleseebäume wurde eine Steigerung des Dickenwachstums ermöglicht. Die geförderten Ausleseebäume haben in Brusthöhe in den Jahren von 1991 bis 2006 im Mittel 7,4 cm, die nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenz- und Nullflächen im Mittel dagegen nur um 6,0 bzw. 5,7 cm im Durchmesser zugenommen (Tab. 4). Dies bedeutet, dass die Jahrringbreite bei den geförderten Bäumen 2,5 mm und bei den nicht geförderten 2,0 bzw. 1,9 mm betrug.
- Bei einem über den Versuchszeitraum unveränderten Höhenwachstum führt dies zu einer schnelleren Absenkung der h/d-Werte und erhöht damit die Stabilität der gut geformten, vitalen Eichen. Während die h/d-Werte der geförderten Ausleseebäume um 20 Prozentpunkte sanken, nahmen die h/d-Werte der nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenz- und Nullflächen nur um 10 bzw. 9 Prozentpunkte ab (Tab. 4).
- Die Kronenprozentage der geförderten Ausleseebäume konnten in den letzten 15 Jahren ihren Wert von 46 auf 47% erhöhen, während die Kronenprozentage der nicht geförderten Ausleseebäume in den Referenzflächen von 47 auf 41% und in den Nullflächen von 47 sogar auf 38% (Tab. 4) abnahmen.
- Durch die Förderung der Kronenentwicklung wird einerseits das Dickenwachstum gesteigert, andererseits aber auch der Astreinigungsprozess verlangsamt (SPIECKER 2007). Diesem Zielkonflikt wurde auf unseren Versuchsflächen begegnet, indem die Freistellung der Ausleseebäume im Bereich der Lichtkrone ausschließlich durch die Entnahme von aktuellen Bedrängern unter Belassung von Indifferenten durchgeführt wurde. Dies führte den Beobachtungen zufolge zu keiner Verschlechterung der Qualität der freigestellten Ausleseebäume. Das Verhältnis zwischen Höhenwachstum und Länge des Aststerbens der geförderten Ausleseebäume von etwa 1,9:1,0 im Vergleich zu den nicht geförderten Ausleseebäumen der Referenz- und Nullflächen von etwa 1,5-1,7:1,0 (Tab. 4) kann für das junge Alter der untersuchten Eichenbestände als günstig beurteilt werden. Zusätzlich muss erwähnt werden, dass die Pfälzer-Traubeneichen einerseits sehr feinastig sind und andererseits eine sehr gute natürliche Astreinigung haben.



Vor über 20 Jahren hat TABEL (mündliche Mitteilung) in seinem früheren Forstamt Elmstein-Süd in einem Eichenbestand bei einer Oberhöhe von etwa 6 m eine Anzahl von Z-Baumanwärttern ausgewählt und im Radius von 2 m (entspricht einer freigestellten Fläche von 12,6 m<sup>2</sup>) ausgekesselt. Dieser kleine Versuch sollte Informationen über die natürliche Astreinigung der Pfälzer Eichen geben. Aktuelle Bilder aus dem Jahr 2007 (Abb. 8a und 8b) belegen, dass bei den sehr früh freigestellten Eichen die Astreinigung normal verlaufen ist. Diese Eichen haben jetzt bereit einen astreinen Schaft von mehr als 8 m, große Kronen, keine Wasserreiser und sind im Dickenwachstum den nicht freigestellten Eichen stark überlegend (Abb. 8b)



**Abb. 8a: Ausgekesselte Eiche im Radius von 2 m im heutigen Forstamt Johanniskreuz**



**Abb. 8b: Krone der ausgekesselten Eiche mit ihrem starken Dickenwachstum**

- Ein häufig auftretendes Problem bei der Eiche ist die Bildung von Wasserreisern nach einer Freistellung. In den Versuchsflächen der Forstämter Kaiserslautern und Wasgau wurde eine Wasserreiserbildung nur vereinzelt registriert. Bei vielen Bäumen, bei denen dennoch Wasserreiser auftraten, verschwanden die Wasserreiser nach einer Vegetationszeit wieder. Der Grund hierfür ist vermutlich die Art der Eingriffe in den Versuchsflächen. Es wurden nur Bedränger entnommen, die aktuell in die Lichtkrone der Ausleseebäume hineinragten. Unterständige Eichen und Laubbäume, vor allem Buche, blieben zur Schaftpflege der Ausleseebäume erhalten. Außerdem wurden die Ausleseebäume nicht in einem Eingriff freigestellt, sondern nur soweit, dass ihnen bis zum nächsten Eingriff genügend Kronenraum zur ungestörten Kronenentfaltung zur Verfügung stand.
- Natürliche Astreinigung wird bei der Baumart Eiche als Voraussetzung für die Produktion von Wertholz angesehen. Eine Ästung der Eichen im Gerten- und Stangenholzstadium, wie in den Versuchsflächen geschehen, soll nicht als Standardmaßnahme verstanden werden. Trotzdem sollte bei der Auswahl der Ausleseebäume den herausragend vitalen, vorherrschenden und grobstigen Bäumen mit sehr guter Schaftqualität mehr Beachtung geschenkt werden, auch wenn sie stärkere Äste haben. Die Ästung einer kleinen Anzahl von Bäumen aus dem Z-Baumkollektiv verursacht keine hohen Kosten und kann in Anbetracht der erstaunlich schnellen Überwallung als vorteilhaft angesehen werden.
- Der Zeitpunkt der Auswahl von Ausleseebäumen bei einer Oberhöhe von etwa 8 m erscheint nach 15-jährigen Erfahrungen zu früh. In diesem Stadium ist die Auswahl besonders schwierig. Manche qualitative Merkmale können in diesem Stadium als Zwiesel und Steiläste angesprochen werden, die bei den Wiederholungsaufnahmen zum großen Teil wieder verschwunden sind. Das Erkennen von bleibenden Zwieseln ist in diesem Stadium entweder nicht möglich oder zumindest mit großen Unsicherheiten behaftet. Auch MOSANDL et al. (2002) haben festgestellt, dass sich in diesem Wuchsstadium noch viele Zwiesel und Protzen („Rotzbubenalter der Eiche“) verwachsen. Man muss sich darüber im Klaren sein, dass aufgrund der Unsicherheit bei der Auswahl eine große Anzahl von Ausleseebäumen ausgewählt werden müsste, die im Laufe der Qualifizierungsphase stark reduziert werden muss. Um diese zu vermeiden, werden Eingriffe bei der Baumart Eiche erst bei der Oberhöhe von 10-12 m mit einem astreinen Schaft von etwa 5-6 m (entspricht einem Alter von etwa 30 Jahren) empfohlen. Bei diesem Oberhöhenbereich ist es nicht mehr erforderlich, eine große Anzahl von Ausleseebäumen auszuwählen. Wenn dennoch Ausleseebäume ausgewählt werden sollen, genügt eine Anzahl von 150-200 Z-Baumanwärttern. Damit wird erreicht, dass einerseits die Auswahl der echten Ausleseebäume

leichter wird und andererseits die Eingriffe am Einzelbaum und damit auch die entstehenden Pflegekosten gesenkt werden können.

- Abgesehen von eventuellen Mehrkosten durch die Auswahl von Auslesebäumen ist die positive Auslese im Vergleich zu jeder anderen Pflegemaßnahmen kostengünstiger, schneller und effizienter durchzuführen. Dies gilt insbesondere im Vergleich mit den zeitweise üblichen Stammzahlverminderungseingriffen. Eine positive Auslese in jungen Eichenbeständen von vitalen, gut geformten Eichen kann aus den Ergebnissen der Versuchsflächen im Pfälzerwald empfohlen werden.

## 8. Literatur

- DONG, P. H., MUTH, M. und ROEDER, A., 1998: Läuterungsversuch in Eichenjungbeständen bei Oberhöhen von ca. 8 Metern.  
Forst und Holz 532, S. 165-167
- DONG, P. H., EDER, W. UND MUTH, M., 2007: Traubeneichen-Durchforstungsversuche im Pfälzerwald.  
Mitteilungen aus der FAWF Rheinland-Pfalz Nr. 64, S. 75-94
- FLEDER, W., 1981: Furniereichenwirtschaft heute.  
Holz-Zentralblatt 107, 1509-1511
- FLEDER, W., 1987: Die Erziehung von Laubwertholz.  
Der Forst- und Holzwirt 42, H. 2, S. 41-42
- HOCHBICHLER, E., KRAPPENBAUER, A. und MAYRHOFER, F., 1990: Ein Pflegemodell für Eichenjungbestände – Grünastung, eine wirtschaftliche Problemlösung der Wertholzerzeugung.  
Centralblatt für das gesamte Forstwesen 107, S. 1-12
- HARTMANN, G. NIENHAUS, F. und BUTIN, H., 1995: Farbatlas Waldschäden (Diagnose von Baumkrankheiten).  
Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
- KÜSTER, B., 2000: Die Auswirkungen unterschiedlicher waldbaulicher Behandlungen auf das Wachstum und die Qualitätsentwicklung junger Traubeneichen (*Quercus Petraea* (MATT.) LIEBL.).  
In: Forstwissenschaftliche Fakultät der TUM und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Forstliche Forschungsberichte München Nr. 179, 232 S.
- LEIBUNDGUT, H., 1976: Grundlagen zur Jungwaldpflege.  
Mitt. dr Eidgen. Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Bd. 52, H. 4, S. 313-371
- METZ, H., 1970: Eichenwirtschaft auf leichten Standorten in der Rhein-Main-Ebene.  
AFZ 25, S. 768-769

- MOSANDL, R. BURSCHEL, P. und SLIWA, J., 1988: Die Qualität von Auslesebäumen in Eichenjungbeständen.  
Forst und Holz 43, H. 2, S. 37-41
- MOSANDL, R. EL KATEB, H. und ECKER, J., 1991: Untersuchungen zur Behandlung von jungen Eichenbeständen.  
Forstw. Cbl. 110, S. 358-370
- MOSANDL, R. und PAULUS, F., 2002: Pflegegrundsätze für junge Eichenbestände – Behandlungsempfehlungen des Lehrstuhles für Waldbau und Forsteinrichtung der Technischen Universität München -  
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, 6 S.
- NIEDERSÄCHSISCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT, 1990: Eichen-  
Jungbestandspflege.  
Dt. Verb. Forstl. Forsch. Anst. Verden/Aller, S. 333-348
- SCHÄDELIN, W., 1936: Die Durchforstung als Auslese- und Veredlungsbetrieb höchster Wertleistung.  
2. durchgearb. Aufl.
- SPELLMANN, H., 1994: Auswirkungen von Läuterungseingriffen auf die Schwachholzproduktion.  
Forst und Holz 49, H. 11, S. 288-300
- SPIECKER, H., 2007: Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung wertvoller Trauben- und Stieleichen (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl. und *Quercus robur* L.)  
(in diesem Heft)
- SZAPPANOS, A., 1973: Welche bedeutenderen strukturellen Kennzeichen bestimmen den Zeitpunkt der Ausführung der Reinigungen in den Stieleichenbeständen?  
Erdez. Fair. Egyet. 8, S. 35-45
- ZIEREN, A., 1970: Zur Ästung von Esche und Eiche.  
AFZ 25, S. 771-772

**Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung  
wertvoller Trauben- und Stieleichen**  
(*Quercus petraea* [Matt.] Liebl. und *Quercus robur* L.)

**Heinrich Spiecker**  
Institut für Waldwachstum der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

**Abstract**

**Title of the paper: Controlling diameter growth and natural pruning of valuable Sessile and Pedunculate oaks (*Quercus petraea* [Matt.] Liebl. and *Quercus robur* L.)**

The success of the oak management is defined by the amount of the produced valuable timber. Especially important assessment criteria are dimension and the lack of branches. The economic performance can be increased by the control of the diameter growth and the natural pruning on selected trees.

There is a high correlation between the diameter at 1.3 m height, the age, and the crown width. This was the basis of the model for controlling the diameter growth. In contrast to treatment programs, which are related to stand characteristics, the guidelines of this model are derived from the thinning approaches, which are adapted from the tree individual conditions. The number of removed competitors depends on the age and the diameter of the future crop tree, the diameter ratio between the future crop tree and the thinned tree, and from the desired diameter growth. It appears that a smaller proportion of early utilization volume can be expected for a larger diameter growth up to the reaching of the same target diameter. By selectively promoting the best dispositional oaks, their growth superiority, and the total economic performance is enhanced.

Based on the correlation between diameter growth and natural pruning the expansion of the branch containing core is calculated in relation to diameter growth. Oak tend to form secondary shoots. There are big differences between the individual oaks which can be recognized early on. The secondary shoots are more vital in the higher parts up the trunk than below. The development of secondary shoots is initially promoted by intense thinnings. The number of secondary shoot establishments is little influenced by the crown size. However, the percentage of longer and older secondary shoots in relation to the total number of secondary shoot establishments is essentially lower for big crowned oaks than for small crowned oaks. Trunk shadowing by the indifferent stand does not avoid the sprouting of secondary shoots, but does substantially decrease their vitality

By promoting the crown development the diameter growth is increased on the one hand, but on the other hand the natural pruning process is decelerated. This goal conflict can be solved by the promotion of natural pruning during the first treatment phase and then by the promotion of the diameter during the second treatment phase. As soon as the quality development can be assessed, the second treatment phase begins. Then future crop trees have to be chosen. The number of selected future crop trees should not be higher than the maximum possible number of future crop trees at the end of the rotation. The selection of additional future crop trees is not advisable. Trees with straight, branch free trunks with low numbers of secondary shoot establishments, and with well formed crowns qualify as future crop trees. The controlling of the valuable oak production is oriented on the condition and on the expected development of the single future crop tree. The early removal of the strongest competitors leads to a long-term enhancement of the growth superiority of the well dispositional oaks.

The area related volume growth is only slightly altered by concentrating the growth on a limited number of especially well dispositional crop trees, but the economic performance is substantially enhanced.

## 1. Einleitung

Die Eiche genießt wegen ihrer kulturellen Bedeutung und vielfältigen Produkte eine hohe Wertschätzung. Eichen dienten in der Vergangenheit der Schweinemast und der Gerbrindegewinnung und prägten vielerorts die Landschaft. Man findet Eichen auf zahlreichen Ölgemälden, auf sonstigen Kunstgegenständen und auf Münzen. In alten Gedichten sind Eichen sogar häufiger erwähnt als Linden und Buchen (zit. nach SCHRAML und VOLZ 2006).

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Stieleiche reicht von Südfinnland bis Sizilien und von Portugal bis zum Kaspischen Meer, während das Verbreitungsgebiet der Traubeneiche deutlich kleiner ist. Das heutige Verbreitungsgebiet der Eiche ist stark durch den Menschen geprägt. Viele Jahrzehnte lang ist der Anteil der Eichen insgesamt zurückgegangen. Seit einiger Zeit versucht man den Eichenanteil wieder zu erhöhen. Gründe hierfür sind ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Sturm und Trockenheit, ihr Beitrag zur biologischen Vielfalt, die Naturnähe, ihr ästhetischer Wert und die hohen Preise für Eichenwertholz.

Durch geeignete Maßnahmen können die Kosten der Eichenwirtschaft gesenkt und die Wertleistung gesteigert werden. Da die Wertleistung nur von einer kleinen Zahl von großkronigen Bäumen erbracht wird, liegt es nahe, Pflegemaßnahmen auf wenige gut veranlagte Bäume zu beschränken. Dadurch können Pflanz- und Pflegekosten reduziert werden, ohne dass das Produktionsziel gefährdet wird. Die Eichen, welche letztlich den Wert erzeugen, sollen als Z-Bäume ihr Wertleistungspotential voll entfalten können. Der Erfolg der Eichenwirtschaft wird von der Menge des erzeugten Wertholzes bestimmt. Besonders wichtige Bewertungskriterien sind Dimension und Astreinheit. Durch die Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung ausgewählter Bäume kann die Wertleistung erhöht werden. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich daher auf die Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung wertvoller Eichen.

In 41 unterschiedlich behandelten Trauben- und Stieleichenbeständen im Oberrheinischen Tiefland, in der Schwarzwald-Vorbergzone, auf der Schwäbischen Alb, im Neckarland, im Pfälzerwald, im Spessart und in Dänemark wurden jeweils 25 Eichen und die sie umgebenden Randbäume zu einer Untersuchungseinheit zusammengefasst (SPIECKER 1991). Als quantitative Grundlagen für die Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung wurden zahlreiche Merkmale der Eichen sowie der Nebenbestandsbäume und der Stöcke in deren Nachbarschaft erhoben. 35 Bestände waren 40 bis 120 Jahre, 4 Bestände 160 Jahre und

zwei besonders wertvolle Alteichenbestände 256 bzw. 350 Jahre alt. 12 Bestände befinden sich auf langfristigen Versuchsflächen.

## **2. Zur Steuerung des Dickenwachstums**

Zwischen dem Durchmesser in 1,3 m Höhe, dem Alter und der Kronenbreite besteht ein enger Zusammenhang (SPIECKER 1991, NUTTO 1999). Dieser Zusammenhang gilt in nahezu gleicher Weise für Stiel- und Traubeneiche, auf Standorten der Ertragsklasse I und II (ZIMMERLE 1930), für Eichen mit gleichmäßig und mit einseitig ausgebildeten Kronen. Er dient als Grundlage für die Steuerung des Dickenwachstums. Im Gegensatz zu Pflegeprogrammen, die sich auf Bestandeskennwerte beziehen, bieten die aus dieser Beziehung abgeleiteten Durchforstungsansätze an die baumindividuellen Verhältnisse angepasste Orientierungshilfen. Die Zahl der ausscheidenden Bedränger wird in Abhängigkeit von Alter und Durchmesser des Z-Baumes, der Durchmesser-Relation zwischen Z-Baum und Durchforstungsbaum und vom angestrebten Durchmesserzuwachs bestimmt. Die wichtigsten Größen für die Bestimmung Z-Baum-orientierter Durchforstungsansätze sind Alter und Schaftdurchmesser der Z-Bäume, bei der Bestimmung des Durchforstungsvolumens zusätzlich die Baumhöhe. Für die Steuerung des Dickenwachstums der Z-Bäume ist die räumliche und zeitliche Verteilung der Vornutzungen von entscheidender Bedeutung. Solange in der frühen Durchforstungsphase der Anteil der Z-Bäume am Gesamtbestand gering ist, führt die Entnahme der stärksten Z-Baum-Bedränger zu einer selektiven Förderung der Z-Bäume. Dadurch wird ein Selbstdifferenzierungspotential geschaffen, das die Wuchsüberlegenheit gut veranlagter Bäume auch in Zeiten geringer Pflegeintensität sichert.

Bei einem durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von 2,0 mm fällt in den ersten Jahrzehnten ein größeres, später ein geringeres Durchforstungsvolumen je Hektar und Jahrzehnt an als bei einem jährlichen Radialzuwachs von 1,5 mm. Das auf ein Jahrzehnt bezogene Durchforstungsvolumen verschiedener Zuwachsvarianten unterscheidet sich zwar in der Abfolge, über längere Zeiträume ist es jedoch nahezu gleich groß. Bei höherem Dickenwachstum wird das Produktionsziel früher erreicht und der Vornutzungsanteil ist insgesamt geringer. Außerdem fallen früher stärkere Sortimente an. Der zu Beginn der Durchforstungsphase erreichte Durchmesser wirkt sich nachhaltig auf das später anfallende Durchforstungsvolumen aus. Ein größerer Durchmesser führt zu geringeren Vornutzungen. Sogar bei gleicher Ausgangslage zu Beginn der Durchforstungsphase ist die Summe der Vornutzungen bis zum Erreichen desselben Zieldurchmessers bei Behandlungsvarianten mit stärkerem Dickenwachstum geringer.



Die flächenbezogene Volumenleistung unterscheidet sich dagegen in einem weiten Behandlungsrahmen nur wenig. Für die Wertleistung sind Qualität und Dimension des erzeugten Holzvolumens entscheidender als kleine Unterschiede in der Volumenleistung. Durch die Förderung des Zuwachses der Z-Bäume kann der Zuwachs auf die besten Individuen konzentriert werden.

### **3. Zur Steuerung der Astreinigung**

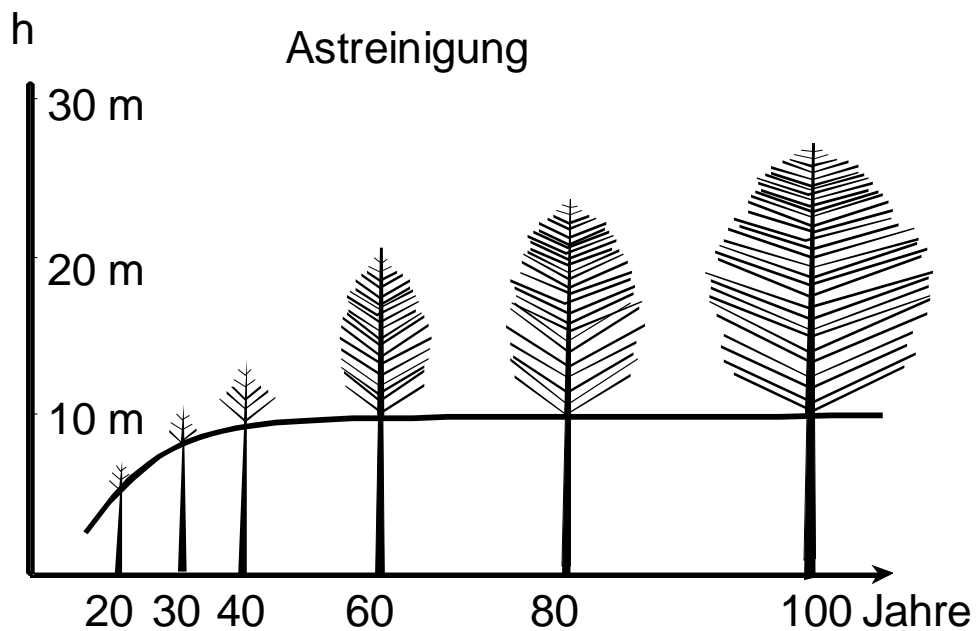
Durch Konkurrenzdruck im Kronenraum kann die Astreinigung beschleunigt werden. Eine frühzeitige Astreinigung hat eine geringe Ausdehnung des asthaltigen Kerns im Inneren des Schaftes zur Folge. Besonders wichtig für die Dimension dieses Kerns ist die Astreinigung in der Stangenholzphase. Später verlangsamt sich die Astreinigung. Die Erzeugung astfreien Holzes kann außerdem durch die Auswahl wipfelschäftiger Z-Bäume ohne Steiläste oder Zwieselbildung gesteigert werden. Pflegeeingriffe sollten in der Stangenholzphase nur vorgenommen werden, wenn minderwertige Bäume die Entwicklung von Z-Baum-Anwärtern gefährden oder wenn in homogenen Beständen keine Selbstdifferenzierung stattfindet und dadurch der Konkurrenzdruck zu sehr ansteigt.

Eine Beschleunigung der Astreinigung durch besonders zurückhaltende Durchforstungseingriffe ist allerdings mit Nachteilen verbunden:

- Eine Beschleunigung der Astreinigung führt zu einem geringeren Dickenwachstum. Außerdem sind die Zuwachsreaktionen auf Freistellung bei kleinkronigen Bäumen gering, der gewünschte Zieldurchmesser wird später erreicht und der Anfall schwacher Sortimente wird insgesamt erhöht.
- Kleinkronige Eichen neigen in besonderem Maße zur Sekundärtriebentwicklung. Mögliche Qualitätssteigerungen durch höher ansetzende Kronen können durch eine Förderung der Sekundärtriebentwicklung gerade im oberen Schaftteil wieder zunichte gemacht werden.
- Zu eng erwachsene kleinkronige Bäume mit hoch ansetzenden Kronen und geringen Durchmessern (hohen h/d-Werten!) sind besonders stark durch Schaftbrüche infolge von Nassschnee bzw. Eisanhang gefährdet.

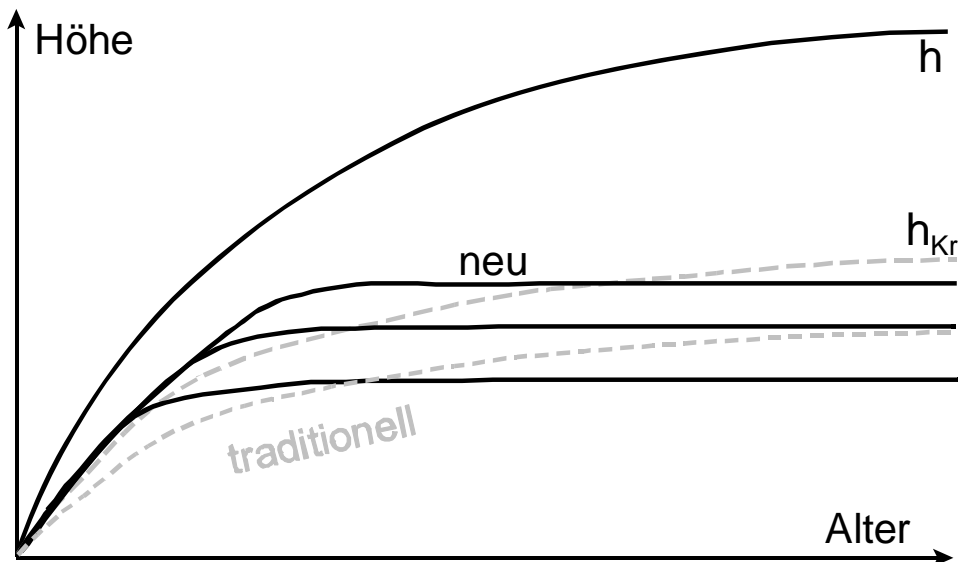
Will man beispielsweise im Alter von 50 Jahren einen Kronenansatz oberhalb von 60 Prozent der Baumhöhe erreichen, muss man sich mit einem durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von weniger als 2,0 mm begnügen. Auf Standorten der Ertragsklasse I bzw. II (ZIMMERLE 1930) entspricht dies einer Höhe des Kronenansatzes von 11 bzw. 10 m. Auf

Standorten der Ertragsklasse I können bei gleichem Dickenwachstum 1 bis 2 m höhere Kronenansätze erreicht werden als auf Standorten der Ertragsklasse II.



**Abb. 1: Astreinigung.**

Zunächst wird die Astreinigung gefördert. Erst später wird der Standraum so erweitert, dass sich die Krone auch nach der Seite ausdehnen kann und die Kronenbasis auf konstanter Höhe bleibt (nach Spiecker M.& H. 1988).



**Abb. 2: Entwicklung der Kronenbasis ( $h_{Kr}$ ).**

Im Vergleich zum traditionellen Vorgehen wird durch erhöhten Konkurrenzdruck die Astreinigung beschleunigt, später kommt sie zum Stillstand.



**Abb. 3: Anteil des astfreien Wertholzes.**

Durch eine frühzeitige Astreinigung wird die Ausdehnung des asthaltigen Kerns reduziert und der Anteil des astfreien Wertholzes erhöht.

Sobald eine der Zielsetzung und den standörtlichen Gegebenheiten entsprechende astfreie Schafthöhe erreicht ist, setzt die Durchforstung zur Förderung des Dickenwachstums der Z-Bäume ein. Die Standraumerweiterung führt zu einem Erstarren der unteren Kronenäste. Ein erneuter Dichtschluss wäre in mehrfacher Hinsicht schädlich: Bereits verkernte Äste würden absterben; der Durchmesserzuwachs im astfreien Schaftteil würde vermindert; die Qualität könnte im Bereich der Trockenastzone kaum verbessert werden. Abgestorbene, verkernte Starkäste zerfallen langsam. Sie sind Eintrittspforten für Pilze, die zu einer nach unten fortschreitenden Stammfäule führen. Damit verbundene Wertverluste können eine vorzeitige Nutzung notwendig machen (SPIECKER 1991, WILHELM et al. 1999). Durch eine zunächst zurückhaltende und später zunehmende Förderung gut veranlagter Bäume wird nicht nur ein gleichmäßiger Radialzuwachs, sondern auch ein hoher Anteil astfreien Holzes erzielt.



**Abb. 4: Förderung des Dickenwachstums.**

Durch die Freistellung wird das Dickenwachstum gefördert. Die Kronenbasis verschiebt sich nicht mehr nach oben.

Die Eiche neigt besonders stark zur Sekundärtrieb Bildung (zu Wasserreisern). Diese Neigung ist baumindividuell verschieden ausgeprägt. Sie kann frühzeitig erkannt werden, da die Sekundärtriebanlagen als proventive Sprossanlagen bei der Eiche von Jugend an vorhanden sind, und außerdem die Zahl der Sekundärtriebanlagen im unteren Schaftteil auf die künftige Sekundärtrieb Bildung in höheren Schaftzonen schließen lässt. Durch Auslese und Förderung von Eichen mit wenigen Sekundärtriebanlagen kann der Sekundärtrieb Bildung begegnet werden. Das Entwicklungsstadium der Sekundärtriebanlagen (Knospen, lebende oder abgestorbene Sekundärtriebe unterschiedlicher Größe) ist als Auslesekriterium weniger wichtig als ihre Anzahl und ihre Verteilung, da sich das Entwicklungsstadium in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen verändern kann, während sich Anzahl und Verteilung wenig verändern. Die Sekundärtriebe werden mit zunehmender Höhe am Schaft älter und länger. Die Beeinträchtigung der Holzqualität nimmt damit auch durch eingewachsene Sekundärtriebe mit der Höhe zu. Dies sollte in die Überlegungen zur angestrebten Höhe des Kronenansatzes einbezogen werden.

Die Kronenausbildung wirkt sich nur wenig auf die Anzahl, stark jedoch auf die Entwicklung der Sekundärtriebe aus. An kleinkronigen Bäumen werden die Sekundärtriebe im Durchschnitt älter und länger und beeinträchtigen die Holzqualität stärker. An großkronigen vorherrschenden Bäumen dagegen ist die Sekundärtriebentwicklung gehemmt. In den ersten Jahren nach einer Durchforstung wird zwar die Sekundärtriebbildung stimuliert. Es wäre aber verfehlt, deshalb auf eine Förderung der Kronenentwicklung zu verzichten. Um unnötige Auflichtungen im Kronendach zu vermeiden, sollte sich die Förderung auf eine dem Produktionsziel entsprechende Zahl gut veranlagter Bäume konzentrieren. In den Füllbestand sollte möglichst wenig eingegriffen werden. Die Auflichtung des Kronendaches kann eingeschränkt werden, indem die Selbstdifferenzierung genutzt wird. Die Schaftbeschattung durch den Nebenbestand kann zwar das Austreiben von Sekundärtrieben nicht verhindern, sie hemmt jedoch ihre Entwicklung. Der Nebenbestand hat daher eine wichtige dienende Funktion. Die künstliche Beseitigung von Sekundärtrieben kann bisher die angeführten Pflegemaßnahmen nicht ersetzen.

#### **4. Das zweiphasige Pflegekonzept**

##### **4.1 Pflegephase 1: Förderung der natürlichen Astreinigung**

Durch waldbauliche Maßnahmen kann der Standraum und damit sowohl das Dickenwachstum als auch die Astreinigung gesteuert werden. Dabei ergibt sich ein Zielkonflikt: Die Förderung des Dickenwachstums ist mit einer Verlangsamung des Astreinigungsprozesses verbunden. Dieser Zielkonflikt kann gelöst werden, indem die beiden Ziele in zwei Pflegephasen verfolgt werden. Das Pflegeziel der ersten Phase ist die Förderung der Astreinigung unter Erhaltung der Vitalität und Stabilität gut veranlagter Bäume, und das Pflegeziel der zweiten Phase ist die Förderung des Dickenwachstums der Z-Bäume.

Durch Konkurrenzdruck im Kronenraum kann insbesondere in der Stangenholzphase die Astreinigung beschleunigt und damit die Dimension des asthaltigen Schaftkerns reduziert werden. Dafür muss ein geringeres Dickenwachstum hingenommen werden. Will man beispielsweise im Alter von 50 Jahren einen Ansatz der untersten Kronenäste oberhalb von 60 Prozent der Baumhöhe erreichen - dies entspricht auf Standorten der Ertragsklasse I bzw. II (ZIMMERLE 1930) einer Höhe von 11 bzw. 10 m -, muss man sich mit einem durchschnittlichen jährlichen Radialzuwachs von weniger als 2,0 mm begnügen. Der hierfür notwendige Konkurrenzdruck wird im gleichaltrigen, einschichtigen Bestand im Alter von 50 Jahren durch eine Bestockungsdichte von mindestens 700 herrschenden Bäumen je Hektar erreicht. Zur Erhaltung des für die Astreinigung erforderlichen Konkurrenzdruckes sollten

Pflegeeingriffe in dieser Phase auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Sie sollten nur vorgenommen werden, wenn minderwertige Bäume die Entwicklung von Z-Baum-Anwärtern gefährden oder in homogenen Beständen keine Selbstdifferenzierung stattfindet und dadurch der Konkurrenzdruck zu sehr ansteigt.

Ein zu hoher Konkurrenzdruck sollte aber aus folgenden Gründen vermieden werden: Der gewünschte Zieldurchmesser wird später erreicht und die Zuwachsreaktion auf Freistellung ist bei kleinkronigen Bäumen besonders gering. An kleinkronigen Eichen können sich außerdem Sekundärtriebe besser entwickeln. Mögliche Qualitätssteigerungen durch höher ansetzende Kronen können u. U. durch eine Förderung der Sekundärtriebentwicklung gerade im oberen Schaftteil wieder zunichte gemacht werden. Bäume mit hoch ansetzenden Kronen und dünnen Schäften sind stärker durch Schaftbrüche infolge von Nassschnee und Eisanhang gefährdet. Schließlich wird der Anfall schwacher Sortimente insgesamt erhöht.

Bis zum Beginn der zweiten Phase dienen Pflegemaßnahmen der Erziehung einer hinreichend großen Zahl von Z-Baum-Anwärtern, deren Qualitätsmerkmale, Vitalität und räumliche Verteilung den vom Produktionsziel vorgegebenen Anforderungen genügen. Die Zahl der Z-Baum-Anwärter kann in dieser Entwicklungsphase wesentlich größer sein als die Zahl der später auszuwählenden Z-Bäume. Durch früh einsetzende positive Auslese (LEIBUNDGUT 1976 und SCHÜTZ 1979) wird die Entwicklung gut veranlagter Bäume gefördert. Je früher in den natürlichen Ausleseprozess eingegriffen wird, umso mehr kann die Qualität bei der Auslese berücksichtigt werden.

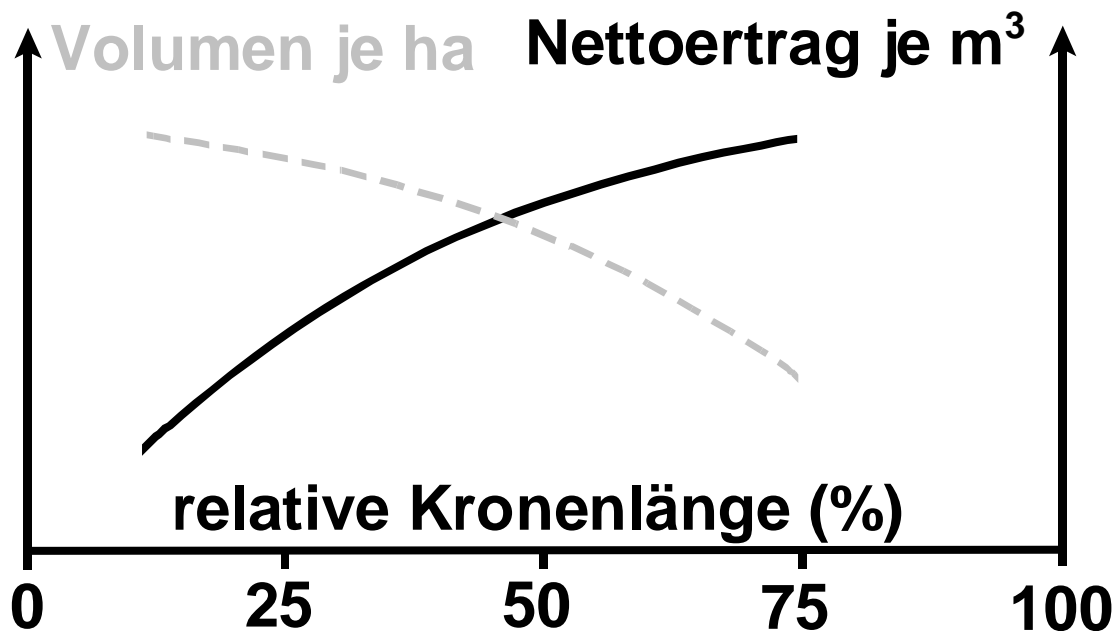
#### **4.2 Pflegephase 2: Förderung des Dickenwachstums der Z-Bäume**

##### ***Auswahl der Z-Bäume: Zeitpunkt***

Wenn sich der Absterbeprozess der unteren Kronenäste der Höhe der angestrebten astfreien Schaftlänge nähert, lässt sich die Vitalität (Ausbildung der Krone) und die künftige Qualitätsentwicklung (Schaftform, Ästigkeit, Sekundärtriebbesatz) abschätzen. Die Astreinigung verliert als Pflegeziel an Bedeutung, die Pflege wendet sich der Förderung des Dickenwachstums einer begrenzten Zahl von Bäumen zu. Zu diesem Zeitpunkt ist es zweckmäßig Z-Bäume auszuwählen.

Hinweise für mögliche astfreie Schaftlängen geben die wertvollen Alteichenbestände im Spessart und im Pfälzerwald. Dort wurden bis zum Ansatz des untersten nicht überwallten Trockenastes Schaftlängen von im Durchschnitt 12 bis 13 m erreicht. Die erreichbare astfreie Schaftlänge hängt u. a. vom Standort und vom angestrebten Dickenwachstum ab. Bei höherem Dickenwachstum oder auf Standorten geringerer Höhenbonität muss man sich mit

kürzeren astfreien Schäften begnügen. Sehr niedrige Kronenansätze bergen die Gefahr, dass bei späterem Kronenschluss die unteren Kronenäste absterben.



**Abb. 5: Wahl der Höhe des Kronenansatzes.**

Eine geringe Höhe des Kronenansatzes und eine lange Krone führen zu größeren Baumdurchmessern und damit zu höheren Preisen aber geringerem Volumen astfreien Holzes je Hektar.

#### *Auswahl der Z-Bäume: Auswahlkriterien*

Aus dem Produktionsziel Eichenwertholz ergeben sich hohe Anforderungen an die Schaftqualität der Z-Bäume. Wipfelschäftige Bäume mit astfreien, geraden und fehlerfreien Schäften werden bevorzugt. Auch die Neigung zur Sekundärtrieb Bildung ist ein wichtiges Auswahlkriterium. Nach Untersuchungen von SPELLMANN et al. (1990) waren neben meist schwach ausgebildeter Bogigkeit der Wasserreiser- und Rosenbesatz die wichtigsten Schaftmängel der Endbestandsanwärter, die zu ihrer Entnahme führten. Für die Beurteilung ist die Anzahl und Verteilung der lebenden und abgestorbenen Sekundärtriebe sowie der Knospen wichtiger als ihr Entwicklungsstadium, das sich behandlungsbedingt kurzfristig verändern kann.

Zur Vermeidung von Produktionsrisiken sollten nur herrschende bzw. vorherrschende Bäume mit gut ausgebildeten Kronen als Z-Bäume ausgewählt werden. Je mehr Bedeutung der Qualität gegenüber der Vitalität bei der Auswahl beigemessen wird, und je später mit der Förderung begonnen wird, umso weiter entfernt man sich von den natürlichen

Selektionsprinzipien. Nur durch intensive Pflege können die damit verbundenen Risiken vermindert werden. Der mittlere Abstand zwischen den Z-Bäumen ist durch deren Anzahl je Hektar vorgegeben. Zugunsten einer besseren Qualität und Vitalität können bei der Verteilung der Z-Bäume erforderlichenfalls Abstriche gemacht werden. Ein geringerer Abstand auf einer Seite kann durch einen entsprechend größeren Abstand auf der anderen Seite ausgeglichen werden. Wesentliche negative Auswirkungen auf die Vitalität, die Qualität und die flächenbezogene Wuchsleistung sind dabei nicht zu erwarten.

### ***Auswahl der Z-Bäume: Anzahl***

Die Zahl der Eichen, die das Produktionsziel erreichen können, wird vom Zieldurchmesser und von der gewünschten Jahrringbreite bestimmt. Beispielsweise ist bei einem Zieldurchmesser in 1,3 m Höhe von 70 cm und einem jährlichen Radialzuwachs von 2,0 mm mit ca. 80 Z-Bäumen und bei 1,5 mm mit ca. 90 Z-Bäumen je Hektar zu rechnen. Dies entspricht einem mittleren Z-Baum-Abstand von 11 bis 12 m. Die genannten Z-Baum-Zahlen gelten für voll bestockte Flächen und sind deshalb als Obergrenze zu betrachten.

Angesichts der langen Produktionszeiträume stellt sich die Frage, ob zusätzlich zu den Z-Bäumen noch "Reserve-Z-Bäume" ausgewählt und gefördert werden sollen. Es wäre wünschenswert, wenn beim Ausfall eines Z-Baumes in unmittelbarer Nachbarschaft Ersatz gefunden werden könnte. Im frühen Durchforstungsstadium kann man meistens ohne spezielle Vorkehrungen unter den benachbarten Füllbestandsbäumen einen Ersatzbaum finden, der bisher durch die Entnahme von Z-Baum-Bedrängern zwangsläufig mit begünstigt wurde. Die mit dem Alter zunehmenden Standflächenansprüche vitaler Bäume haben jedoch zur Folge, dass Reserve-Z-Bäume häufig nicht dort stehen, wo sie gebraucht werden. Der beschränkten Möglichkeit der Risikominderung durch die Auswahl von Reserve-Z-Bäumen stehen wesentliche Nachteile gegenüber: Reserve-Z-Bäume erhöhen in der frühen Durchforstungsphase das Durchforstungsvolumen. Durch die zusätzliche Bestandesauflichtung wird die Gefahr der Sekundärtrieb Bildung vergrößert. Reserve-Z-Bäume wirken sich außerdem ungünstig auf die Durchforstungsart aus. Wollte man mit der zusätzlichen Auswahl von Reserve-Z-Bäumen das Produktionsrisiko senken, müsste man dazu vitale Bäume auswählen. Für die Förderung der Kronenentwicklung einer größeren Zahl vitaler Bäume müssten dann vermehrt sozial schwächere Durchforstungsbäume gefällt werden. Die Folge wäre eine unnatürliche Homogenisierung des Bestandes. Der Füllbestand verschwände relativ früh, so dass bald die Reserve-Z-Bäume als Bedränger entfernt werden müssten. Würden z.B. 300 Z-Bäume je Hektar ausgewählt, wäre dieses Stadium bei 1,5 mm jährlichem Radialzuwachs im Alter von ca. 110 Jahren, bei 2,0 mm bereits im Alter von ca. 75 Jahren



erreicht. Die Entnahme der ehemals geförderten Reserve-Z-Bäume, die inzwischen eine Kronenbreite von mehr als 5 m erreicht hätten, würde zu entsprechend großen Schlussunterbrechungen führen. Die Folgen wären ein ungleichmäßiges Dickenwachstum, eine Förderung der Sekundärtriebentwicklung, eine Erhöhung des Sturmrisikos und eine möglicherweise unerwünschte Steigerung des Höhenwachstums bisher unterständiger Schattbaumarten. Würden die Reserve-Z-Bäume nicht rechtzeitig entnommen, wären die Folgen besonders schwerwiegend. Denn in den künstlich homogenisierten Beständen könnte keine Selbstdifferenzierung stattfinden.

SCHWAPPACH (1905) hält eine frühe Auswahl einer großen Zahl von Endbestandsanwärtern - er bezeichnet sie als "Zukunftsstämme" - ebenfalls für unzweckmäßig. Er stützt sich dabei auf negative Erfahrung in Versuchsbeständen, in denen im Alter von 22 Jahren mehr als 900 Bäume je Hektar ausgewählt wurden. SPELLMANN et al. (1990) stellen in dem Versuch Rendsburg 320 I, in dem im Alter von 22 Jahren 924 Endbestandsanwärter je Hektar ausgewählt wurden, ebenfalls fest, dass der zunächst reichlich vorhandene Füllbestand bis zum Alter von 100 Jahren nahezu vollständig verschwand. Endbestandsanwärter mit einseitiger Kronenausbildung, Wasserreiser- und Rosenbesatz sowie einer meist schwach ausgeprägten Bogigkeit mussten vorzeitig entnommen werden. Die mit der Auswahl und Förderung von Reserve-Z-Bäumen verbundenen Nachteile könnten nur in Kauf genommen werden, wenn das Ausfallrisiko von Z-Bäumen unter den örtlichen Verhältnissen im fortgeschrittenen Alter als hoch einzuschätzen wäre. Dann stellt sich jedoch die Frage, ob hier das Produktionsziel Eichenwertholz überhaupt erreicht werden kann.

Durch die Beschränkung auf die Z-Bäume können höhere Maßstäbe bei der Auswahl angelegt werden. Die anhaltende Förderung der Z-Bäume führt zu einem allmählichen Anstieg ihrer Wuchsüberlegenheit. Es entsteht so ein Selbstdifferenzierungspotential, das diese Wuchsüberlegenheit auch künftig erhält. Die im Wachstum zurückbleibenden kleinkronigeren Nachbarn dienen dem Schaft- und Bodenschutz (SCHWAPPACH 1905) und stehen später für dosierte Eingriffe zur Steuerung der Kronenentwicklung der Z-Bäume zur Verfügung (KENK 1979). Der entscheidende Vorteil der Z-Baum-orientierten Durchforstung liegt in der Schaffung einer Bestandesstruktur, die langfristig eine gleichmäßige Förderung der Kronenausbildung und damit des Dickenwachstums der Z-Bäume zulässt.

#### ***Auswahl der Z-Bäume: Markierung der Z-Bäume***

Der Auswahl der Z-Bäume kommt bei der Wertholzerzeugung eine große Bedeutung zu. Diese Arbeit ist anspruchsvoll und erfordert eine hohe Konzentration. Sie kann erleichtert

werden, indem die Auswahl der Z-Bäume und der Durchforstungsbäume in zwei Arbeitsgänge aufgeteilt wird. Dazu ist eine Markierung der Z-Bäume notwendig. Werden die Z-Bäume nicht markiert, ist man häufig versucht, zu viele gut veranlagte Bäume zu fördern. Hieraus ergeben sich ähnliche Nachteile wie bei der Auswahl von Reserve-Z-Bäumen. Durch die Markierung ist die Entscheidung für jedermann erkennbar. Beim Fällen und Rücken können Schäden an Z-Bäumen vermieden werden. Schließlich können an markierten Z-Bäumen wichtige Merkmale für Planungs- und Kontrollzwecke erhoben werden (vgl. ABETZ 1980). Eine dauerhafte Markierung vereinfacht den Arbeitsablauf bei den folgenden Durchforstungen. Auch dann ist jedoch vor jeder Durchforstung zu prüfen, ob die bisherige Auswahl revidiert werden muss.

### ***Auswahl der Z-Bäume: Durchforstungsansatz***

Eine früh beginnende Förderung der Kronenentwicklung steigert das Dickenwachstum, verkürzt bei gegebenem Zieldurchmesser die Umtriebszeit, verringert den Anfall schwacher Sortimente und mindert die Gefahr der Sekundärtriebentwicklung. Dafür müssen kürzere astfreie Schaftlängen und breitere Jahrringe hingenommen werden. Die Auswirkungen auf den flächenbezogenen Volumenzuwachs sind in einem weiten Behandlungsbereich gering. Welches Dickenwachstum als optimal anzusehen ist, wird vom Entscheidungsträger bestimmt.

Mit den Durchforstungen im Alter von 40 bis 120 Jahren sind die Weichen für das Dickenwachstum bis zum Ende der Umtriebszeit gestellt (vgl. PARDÉ 1978). Größeren Veränderungen des Dickenwachstums sind im fortgeschrittenen Alter natürliche Grenzen gesetzt. Längerfristig ist ein möglichst gleichmäßiges Dickenwachstum anzustreben, und zwar aus folgenden Gründen:

- Plötzliche starke Durchforstungseingriffe nach hohem Konkurrenzdruck stimulieren die Sekundärtriebentwicklung.
- Durch einen im Alter zunehmenden Konkurrenzdruck wird das Dickenwachstum vermindert, ohne dass eine wesentliche Qualitätsverbesserung in der dann entstehenden Trockenastzone zu erwarten ist.
- Eine ungleichmäßige Jahrringbreitenfolge kann die Holzqualität beeinträchtigen.

Zur planmäßigen Steuerung des Dickenwachstums sind in Tabelle 1 Z-Baum-orientierte Durchforstungsansätze dargestellt. Die dort angegebene Zahl der Z-Baum-Bedränger, die im kommenden Jahrzehnt entnommen werden sollen, ist vom Alter und vom Durchmesser der Z-Bäume sowie von der Durchmesserrelation zwischen den Z-Bäumen und den Durchforstungsbäumen abhängig. Die Durchforstungsansätze gelten für Stiel- und

Traubeneiche auf Standorten der Ertragsklasse I und II (ZIMMERLE 1930) für einen gleichmäßigen jährlichen Radialzuwachs im Bereich von 1,2 bis 2,2 mm.

**Tabelle 1: Zahl der Durchforstungsbäume je Z-Baum im Jahrzehnt**

$d_{1,3}$  der Durchforstungsbäume = 80% der  $d_{1,3}$  der Z-Bäume

$d_{1,3}$ der Z-Bäume (cm)	Alter der Eichen (Jahre)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
16	5.2	4.2	3.6	-	-	-	-	-	-
20	4.5	3.9	3.5	3.1	-	-	-	-	-
24	3.0	2.6	3.3	2.2	2.1	2.0	-	-	-
28	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	-
32	-	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
36	-	1.1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6
40	-	-	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
44	-	-	-	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
48	-	-	-	-	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3

- Annahmen:
- Kronenüberschirmung = 70%
  - 80 Z-Bäume je ha
  - Jeder Baum wird nur einmal gezählt auch wenn er mehrere Z-Bäume bedrängt
  - grau unterlegt: 2,0 mm jährlicher Radialzuwachs

### **Auswahl der Durchforstungsbäume**

Größere Bestandeslücken sollten vermieden werden. Sie führen zu einem ungleichmäßigen Dickenwachstum, begünstigen die Sekundärtriebentwicklung und können zu einer unerwünschten Förderung des Höhenwachstums von bisher unterständigen Schattbaumarten führen. Die Entstehung solcher Lücken kann verhindert werden, indem man die dicksten Z-Baum-Bedränger zuerst entnimmt. Denn je später sie entnommen werden, umso größer werden die Lücken, die sie hinterlassen. Aus demselben Grund sollten im Füllbestand und im Nebenbestand besonders wuchskräftige Bäume früh entfernt werden. Sie gefährden die Existenz der erwünschten kleinkronigen Füllbestandsbäume sowie des Nebenbestandes aus unterständigen Schattbaumarten. Gerade die unterständigen, im Wachstum zurückgebliebenen Bäume des Nebenbestandes bilden mit ihren weit aufgefächerten Schattenkronen einen wertvollen Schaft- und Bodenschutz und sollen deshalb erhalten bleiben. In den Füllbestand sollte sonst nur zur Begünstigung der Z-Bäume eingegriffen werden.

Durch die stetige Förderung der Wuchsüberlegenheit der Z-Bäume wird ein gleichmäßiges und anhaltendes Dickenwachstum erreicht. Pflegeversäumnisse, die bei den langen Produktionszeiträumen nicht ausgeschlossen werden können, wirken sich dann nicht mehr so folgenschwer aus. Durch die Konzentration des Zuwachses auf eine begrenzte Anzahl von besonders gut veranlagten Z-Bäumen wird der flächenbezogene Volumenzuwachs nur wenig verändert, die Wertleistung jedoch erheblich gesteigert.

## **5. Zusammenfassung**

Der Erfolg der Eichenwirtschaft wird von der Menge des erzeugten Wertholzes bestimmt. Besonders wichtige Bewertungskriterien sind Dimension und Astreinheit. Durch die Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung ausgewählter Bäume kann die Wertleistung erhöht werden.

Zwischen dem Durchmesser in 1,3 m Höhe, dem Alter und der Kronenbreite besteht ein enger Zusammenhang. Dieser war die Grundlage für ein Modell zur Steuerung des Dickenwachstums. Im Gegensatz zu Pflegeprogrammen, die sich auf Bestandeskennwerte beziehen, bieten die aus diesem Modell abgeleiteten Durchforstungsansätze an die baumindividuellen Verhältnisse angepasste Orientierungshilfen. Die Zahl der ausscheidenden Bedränger wird in Abhängigkeit von Alter und Durchmesser des Z-Baumes, der Durchmesser-Relation zwischen Z-Baum und Durchforstungsbaum und vom angestrebten Durchmesserzuwachs bestimmt. Dabei zeigt sich, dass bei größerem Dickenwachstum bis zum Erreichen des gleichen Zieldurchmessers mit einem geringeren Anfall schwacher Sortimente und auch mit einem insgesamt geringeren Vornutzungsvolumen zu rechnen ist. Durch die selektive Förderung der am besten veranlagten Eichen wird deren Wuchsüberlegenheit und damit die Wertleistung insgesamt erhöht.

Auf der Grundlage der Zusammenhänge zwischen dem Dickenwachstum und der Astreinigung kann die Ausdehnung des asthaltigen Kerns in Abhängigkeit vom Dickenwachstum berechnet werden. Die Eiche neigt zur Sekundärtrieb Bildung. Zwischen den Eichen bestehen große individuelle Unterschiede, die früh erkennbar sind. Im oberen Schaftteil sind die Sekundärtriebe vitaler als im unteren. Durch starke Durchforstungseingriffe wird die Entwicklung der Sekundärtriebe in den Folgejahren zunächst gefördert. Die Anzahl der Sekundärtriebanlagen wird durch die Kronengröße wenig beeinflusst. Der Anteil längerer und älterer Sekundärtriebe an der Gesamtzahl der Sekundärtriebanlagen ist jedoch bei großkronigen Eichen wesentlich geringer als bei

kleinkronigen. Mit der Schaftbeschattung durch den Nebenbestand wird ein Austreiben der Sekundärtriebe zwar nicht verhindert, ihre Vitalität aber entscheidend geschwächt.

Durch die Förderung der Kronenentwicklung wird einerseits das Dickenwachstum gesteigert, andererseits aber auch der Astreinigungsprozeß verlangsamt. Dieser Zielkonflikt kann gelöst werden, indem in einer ersten Pflegephase die Astreinigung und erst später in einer zweiten Pflegephase das Dickenwachstum gefördert werden. Sobald die Qualitätsentwicklung abgeschätzt werden kann, beginnt die zweite Pflegephase. Dann sollen Z-Bäume ausgewählt werden. Die Zahl der Z-Bäume soll die am Ende der Umtriebszeit mögliche Z-Baum-Zahl nicht übersteigen. Als Z-Bäume eignen sich Bäume mit geraden, astfreien Schäften, mit möglichst wenig Sekundärtriebanlagen und gut ausgebildeten Kronen. Die Steuerung der Werteichenerzeugung orientiert sich am Zustand und an der zu erwartenden Entwicklung des einzelnen Z-Baumes. Die frühzeitige Entnahme der stärksten Bedränger führt zu einer langfristigen Steigerung der Wuchsüberlegenheit gut veranlagter Eichen.

Durch die Konzentration des Zuwachses auf eine begrenzte Anzahl von besonders gut veranlagten Z-Bäumen wird der flächenbezogene Volumenzuwachs nur wenig verändert, die Wertleistung jedoch erheblich gesteigert.

## 6. Literaturverzeichnis

- ABETZ, P., 1980: Zum Konzept einer Z-Baum-orientierten Kontrollmethode.  
AFJZ 151, 65-68
- KENK, G., 1979: Pflegeprogramm "Werteiche". Überlegungen zu einem Betriebszieltyp.  
MELUF Stuttgart Nr. EM-8-80, 89-116
- LEIBUNDGUT, H., 1976: Grundlagen zur Jungwaldpflege - Ergebnisse zwanzigjähriger Untersuchungen über die Vorgänge der Ausscheidung, Umsetzung und Qualitätsentwicklung in jungen Eichenbeständen.  
Mitt. d. Eidg. Anst. f. d. forstl. Vers.w. 52, H. 4, 311-371.
- NUTTO, L., 1999: "Neue Perspektiven für die Begründung und Pflege von jungen Eichenbeständen: Ergebnisse einer Untersuchung zur Kronenentwicklung, Astreinigung und Dickenwachstum junger Stiel- und Traubeneichen in Europa (*Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.)".  
Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung, Bd. 5. Freiburg i. Brsg., 190 S.
- PARDE, J., 1978: Normes de sylviculture pour les forêts de chêne rouvre.  
Rev. for. franc. vol. XXX, 11-17
- SCHRAML, U. und VOLZ, K.-R., 2007: Do species matter? Valuable broadleaves as an object of public perception and policy, in: "Valuable Broadleaved Forests in Europe", SPIECKER, H., HEIN, S., MAKKONEN-SPIECKER, K. und THIES, M. eds., EFI Research Report, Brill: Leiden, Boston, Köln, in print.
- SCHÜTZ J. P., 1979: Leistung und Behandlung von Eichenversuchsflächen in der Schweiz.  
MELUF Stuttgart Nr. EM-8-80, 79-88
- SCHWAPPACH, A., 1905: Untersuchungen über die Zuwachsleistungen von Eichen-Hochwaldbeständen in Preussen unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses verschiedener wirtschaftlicher Behandlungsweise.  
Neumann, Neudamm, 131 S.
- SPELLMANN, H. UND V. DIEST, W., 1990: Entwicklung von Z-Baum-Kollektiven in langfristig beobachteten Eichen-Versuchsflächen.  
Forst und Holz 45, 573-580.
- SPIECKER, M. UND SPIECKER, H., 1988: Erziehung von Kirschenwertholz.  
AFZ (20): 562-565
- SPIECKER, H., 1991: Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. und *Quercus robur* L.).  
Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 72, 150 S.
- WILHELM, G. J., LETTER, H.-A., EDER, W., 1999: Erzeugung von starkem Wertholz.  
AFZ – DerWald 54 (5) 232-242
- ZIMMERLE, H., 1930: Hilfszahlen zur Bonitierung, Vorrats- und Zuwachsschätzung in reinen Eichenbeständen.  
Mitt. d. Wü. Forstl. Versuchsanstalt, 1-14

# Traubeneichen-Durchforstungsversuche im Pfälzerwald

Von P. H. Dong<sup>1</sup>, W. Eder<sup>2</sup> und M. Muth<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Waldwachstum – Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

<sup>2</sup> Ministerialrat a. D. Dr. Walter Eder, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

## Abstract

### Title of the paper: Thinning Experiments in Oak Stands in the Palatinate Forest

Average rotation age of high quality oaks, used for veneer and lumber production, presently is about 300 years in the Palatinate Forests. In the year 1990 thinning experiments were set out in oak stands (54 to 88 years old) to explore ways to decrease rotation age down to 180-200 years by increasing diameter growth without affecting minimum stem length (10m) of high quality timber. Selective thinning was concentrated on 80, 100 and 120 future crop trees respectively. Preliminary conclusions can be drawn after 15 years of observation:

- It is the growing space actually used that determines the diameter growth of the future crop trees.
- Selective thinning did not essentially reduce crop tree quality. These findings support the results of other authors that an increased growth of epicormic branches will be reduced by increased shading induced by crown expansion and stimulated growth of understory beech.
- Areas between the future crop trees should be left untouched. This seems to prevent excessive light admittance, to reduce the risk of epicormic branches and to avoid increment losses per hectare.
- Selection of 80-100 future crop trees seems to be sufficient after a branch free stem length of 8-10 m has been achieved.

## 1. Ziele

Die Besonderheit der Eichenwirtschaft liegt in der langen Zeitdauer bis zur Ernte des Eichenwertholzes und der relativ geringen Massenleistung dieser Baumart. Die Bedeutung der Eichenwirtschaft liegt daher in der Wertproduktion. Daneben zeichnet sie sich durch ihre bedeutenden ökologischen Funktionen aus. Furnierfähiges Eichenstarkholz gehört derzeit zu den am höchsten bewerteten Hölzern unserer Wälder. Dagegen decken die Erlöse aus schwachem und geringwertigem Eichenholz kaum die Erntekosten. Die Durchmesser- und Qualitätsentwicklung der künftigen Wertträger bestimmen deshalb die Wertleistung von Eichenbeständen (SPIECKER 1983). Um das technische Ziel einer "zufriedenstellenden" astfreien Schaftlänge zu erreichen, sollen Z-Bäume als die künftigen Wertträger im angehenden Baumholz ausgewählt und gefördert werden. Durch konsequente Förderung der ausgewählten Z-Bäume soll das angestrebte Ziel von Eichenfurnier- und hochwertigem

Schneideholz von Bäumen mit etwa 70 cm Brusthöhendurchmesser und mit einer astfreien Schaftlänge von etwa 10 m in einer für die Eiche relativ kurzen Produktionsdauer von 180 bis 200 Jahren erreicht werden.

Derzeit wenig bekannt sind zum einen die Ausfallquoten von Z-Bäumen sowie deren Qualitätsentwicklung (KENK 1984, SCHOBER 1987, 1988 und 1990, ABETZ 1988 und 1989, KLÄDTKE 1990, SPELLMANN 1990). Zum andern erscheinen aus holzverwertungstechnischer Sicht mittlere Jahrringbreiten von 2 mm wertholztauglich (SCHULZ 1959, HOCHBICHLER und KRAPFENBAUER 1988). Um diese bisher nicht befriedigend beantworteten Fragen langfristig zu klären, wurden 1990 entschieden, in schwachen Eichen-Baumholzbeständen entsprechende Versuchsflächen (nach den geltenden Waldbaurichtlinien „Durchforstungsversuche“) anzulegen. Mit diesem Versuch soll der Einfluss verschiedener Behandlungsvarianten, mit einer unterschiedlichen Anzahl festgelegter Zukunftsbäume, auf die Zuwachs- und Wertleistung der Einzelbäume sowie deren Entwicklung unter gezielt gesteuerter Konkurrenz überprüft werden. Darüber hinaus sollen die Ausfallquote und die für die Zielsetzung notwendige Anzahl von Z-Bäumen ermittelt werden.

## **2 Eichenwirtschaft in Rheinland-Pfalz**

Mit dem Pfälzerwald verfügt Rheinland-Pfalz neben dem Spessart über das größte und wertvollste zusammenhängende Traubeneichenvorkommen in Deutschland. Die für die Eiche geeigneten Standorte sind hier auch weitgehend mit der Eiche bestockt. Die Standortverhältnisse sind in sich einheitlicher als in den anderen Landesteilen von Rheinland-Pfalz (PETRI 1970).

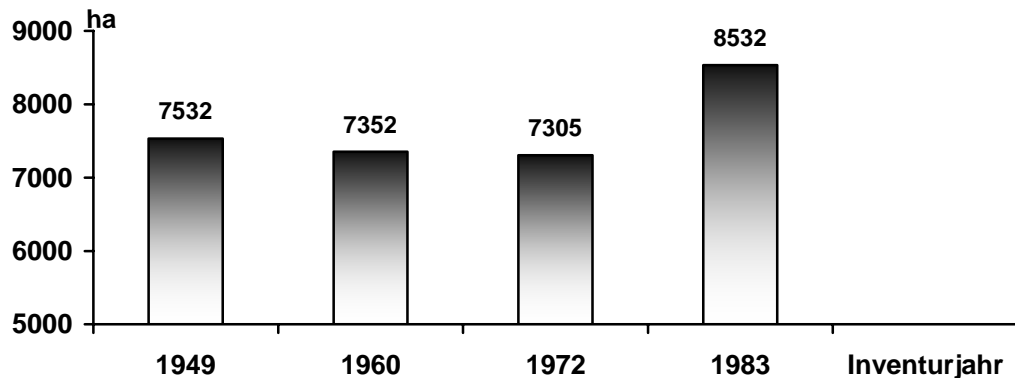
So sind in den nördlichen Landesteilen Eichenwertholzbestände von Bedeutung selten. Ausnahme sind einzelne Eichenwertholzvorkommen mit Furnieranteil u. a. an Mosel, Saar, Lahn und im Soonwald (ZIMMERMANN 1965).

Der weit überwiegende Teil der wertvollen Traubeneichenbestände der Pfalz ist dem *Furnierholztyp* zuzurechnen. Der „klassische“ Furniereichenstandort ist der Mittlere Buntsandstein des Inneren Pfälzerwaldes. Es handelt sich überwiegend um mesotrophe Standorte der kollinen-submontanen Stufe mit mäßiger Frische, über 60 cm Gründigkeit und anlehmigen Sandböden in wärmeren frostfreien Lagen (Wuchsgebiet Pfälzerwald). „Die Traubeneiche gedeiht vergesellschaftet mit haupt- und zwischenständigen, gleichalten und jüngeren Buchen, und zwar auf den Bergebenen und auf Hängen aller Himmelslagen, am meisten und schönsten auf breiten Hochflächen und auf halbsonnigen Abdachungen“ (Waldbauliche Grundsätze und Vorschriften für den Pfälzerwald 1925). Der geringwertigere



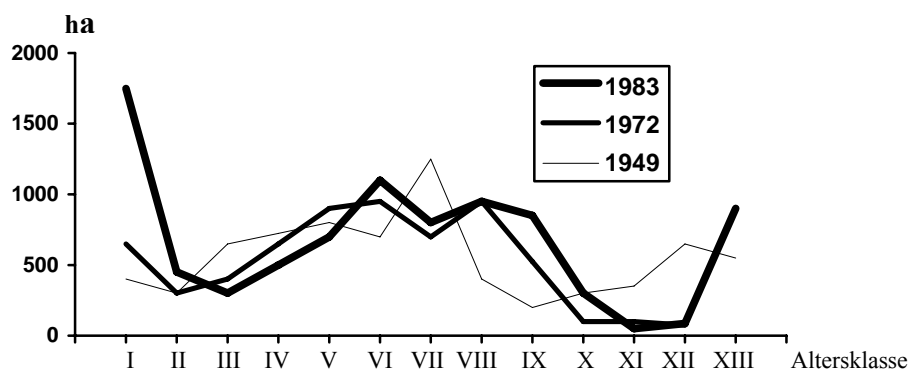
Typ mit dem Güteziel *Schneideholz* ist standörtlich im Wesentlichen gekennzeichnet durch frischere und kühlere Lagen.

Im Pfälzerwald wurden zwischen 1885 und 1983 sieben Eicheninventuren durchgeführt. In den 50er bis 70er Jahren stagnierte das Eichenvorkommen im Staatswald des Pfälzerwaldes bei etwa 7½ tausend Hektar und stieg zur Inventur 1983 dann auf 8½ tausend Hektar an (Abb. 1).



**Abb. 1: Flächenentwicklung der Traubeneiche im Staatswald des Pfälzerwaldes (MEYER 1990)**

Betrachtet man den Altersklassenaufbau der Traubeneiche im Staatswald (Abb. 2), so zeichnen sich zum einen die Übereinstimmung der Altersklassenverteilung der verschiedenen Inventuren und zum anderen die drei Spitzen der Verteilung ab. Die große Eichenfläche in den jüngeren Altersklassen resultiert aus der großen Nachfrage nach Eichenholz in den letzten Jahrzehnten. Die zweite Spitze in den mittleren Altersklassen geht auf eine intensive Förderung der Eichennachzucht in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts zurück. Die größeren Anbauflächen in der älteren Altersklasse resultieren aus der Begründung von Eichenbeständen nach dem 30jährigen Krieg (MEYER 1990).



**Abb. 2: Altersklassenaufbau der Traubeneiche und dessen Entwicklung über drei Inventuren im Staatswald des Pfälzerwaldes (MEYER 1990)**

### **3. Versuchskonzept**

#### **3.1 Behandlungsvarianten**

Bei der gegebenen Ausgangssituation ist ein durchschnittlicher jährlicher Durchmesserzuwachs von 3,5 mm ausreichend, um das vorgegebene Ziel zu erreichen. Bei der auf den ausgewählten Standorten vermutlich erreichbaren Grundfläche von ca. 30 m<sup>2</sup>/ha (ohne Buchen-Unter- und Zwischenstand) bedeutet dies bei konsequenter Förderung der Z-Bäume, dass 80 Bäume mit 70 cm BHD erreicht werden können. Damit ist die Behandlungsvariante mit der niedrigsten Zahl an Z-Bäumen in einem mittleren Abstand von 12 m definiert. Die Behandlungsvariante mit einer Anzahl von 120 Bäumen stellt mit einem errechneten BHD von 56 cm und einem mittleren Abstand der Z-Bäume von 10m die Z-Baumzahl-Obergrenze dar.

Die Versuchsplanung sieht 3 Behandlungsvarianten mit einfacher Wiederholung im Forstamt WASGAU und 4 Varianten im Forstamt KAISERSLAUTERN vor. Aufgrund der geringen Anzahl der Versuchspartzellen musste die Referenzfläche im Forstamt WASGAU ohne Wiederholung bleiben.

##### **3.1.1 Referenzfläche (herkömmliche Durchforstung)**

Als Referenz dient die im Abschnitt „Durchforstung“ in den Waldbaurichtlinien für die Wälder von Rheinland-Pfalz (2. Teil - Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz, 1983) aufgezeigte Behandlungsvariante. Danach werden im Sinne einer Auslesedurchforstung bei einer Oberhöhe 14-18m etwa 140-300 Z-Baum-Anwärter (Ausleseandidaten), das entspricht einem mittleren Abstand von ca. 6-9 m, aus der Oberschicht ausgewählt und zur Verhütung von Schäden bei der Holzernte gekennzeichnet.

##### **3.1.2 Auslesedurchforstung (Variante mit 80, 100 und 120 Z-Bäumen/ha)**

Die Auslesedurchforstung dieser Varianten geht von einer zu fördernden Baumzahl von 80, 100 und 120 Bäumen/ha aus. Dies entspricht einem mittleren Abstand von ca. 12, 11 und 10 m im Dreieckverband. Die Z-Bäume werden ausgewählt, dauerhaft markiert und nummeriert und durch die Entnahme von Bedrängern konsequent gefördert.

#### **3.2 Durchforstungsturnus und -stärke**

Der Durchforstungsturnus beträgt bis zum Erreichen einer Oberhöhe von ca. 28 m 5 Jahre. Anschließend wird er in Abhängigkeit von der Kronenentwicklung auf den Versuchspartzellen mit 5 Jahren oder mehr festgelegt. Es werden nur Bedränger der Z-Bäume entnommen, die aktuell in deren Lichtkrone hineinragen. Damit wird versucht, eine möglichst geringe aber

einheitlich festgelegte Eingriffsstärke zu erproben. In die Zwischenfelder wird nur eingegriffen, soweit es für die Stabilität des Bestandes erforderlich ist (Ausnahme: Referenzfläche). Unter- und zwischenständiges Laubholz (vorwiegend die Buche) ist zur Verhinderung der Wasserreiserbildung bei der Eiche zu erhalten, darf aber nicht in Konkurrenz mit der Eichenkrone treten.

#### 4. Die Versuchsflächen

Die Versuchsflächen wurden im Herbst 1990 in den Forstämtern Kaiserslautern (früher Elmstein-Nord) und Wasgau (früher Fischbach und Dahn) angelegt. Einzelheiten sind in der Tab. 1 enthalten.

Ebenso im Herbst 1990 wurden alle Versuchspartzen waldwachstumskundlich aufgenommen, die Z-Bäume ausgewählt und deren Bedränger entnommen. Darüber hinaus wurden im Herbst 1991 die Stammfußkoordinaten der Z-Bäume eingemessen und die Kronen abgelotet. Bei den Z-Bäumen wurden Durchmesser, Baumhöhe, Höhe des Kronenansatzes, Höhe des tiefsten Totastes und die Anzahl der vorhandenen Wasserreiser ermittelt sowie die Stammform angesprochen. Die Wiederholungsaufnahmen wurden 1995, 2000 und 2005 durchgeführt. Der im ganzen Bestand reichlich vorhandene, recht gleichmäßig verteilte Buchenunterstand (etwa 10-15 m hoch) ist für die Schaftpflege der Funiereichen von großer Bedeutung (Abb. 3).

**Tab. 1: Standorte der Eichenversuchsflächen**

Forstamt (Alter der Bestände bei Anlage)	Forstort Abt.	Höhe ü. NN Hang-Richtung/ Hang-Neigung	Klimawerte	Standortsbeschreibung
Kaiserslautern früher Elmstein (54)	III 5c <sup>3</sup>	435 m NNO / 8-15°	a) 8,6° C b) 15,8° C c) 820 mm d) 360 mm	schwach posolige tiefgründige Braunerde auf frischen Sanden der Trifels- und Rehbergschichten
Wasgau früher Fischbach und Dahn (82-88)	VII 8b <sup>2</sup> u. II 2b <sup>3</sup>	240-360 m N / 30°	a) 8,0° C b) 14,5° C c) 800 mm d) 315 mm	mittel entwickelte podsolige Braunerde auf frischen Sanden der Rehbergschichten

a) Temperatur im Jahr

b) Temperatur in der Vegetationszeit

c) Niederschläge im Jahr

d) Niederschläge in der Vegetationszeit



**Abb. 3: Traubeneichen mit Buchen-Unterstand im Forstamt Kaiserslautern**

## **5. Ergebnisse**

Nach 15 Jahren Beobachtungszeit ergeben sich hinsichtlich der Ausfallsquote, der Durchmesser- und Höhenwachstum sowie der Höhe des tiefsten Totastes und der Kronenerweiterung erste verwertbare Hinweise auf die Entwicklung der ausgewählten Z-Bäume (Tab. 2, 3 und 4).

### **5.1 Bestandesentwicklung**

*Die Mittelhöhenbonität* lag zu Versuchsbeginn im Jahr 1990 im heutigen Forstamt Kaiserslautern etwa im Bereich der II. Bonität und im heutigen Forstamt Wasgau etwa im Bereich der I.-II. Bonität nach JÜTTNER, mäßige Durchforstung. Bei der vierten Aufnahme im Jahr 2005 lag die Mittelhöhenbonität im Forstamt Kaiserslautern etwa im Bereich der II. Bonität und im Forstamt Wasgau etwa im Bereich der I. Bonität. Zwischen den beiden Aufnahmen im Jahr 1990 und 2005 ist ein leichter Anstieg von etwa 0,2 - 0,5 Ertragsklassen festzustellen (Tabelle 2, 3 und Abbildung 4).

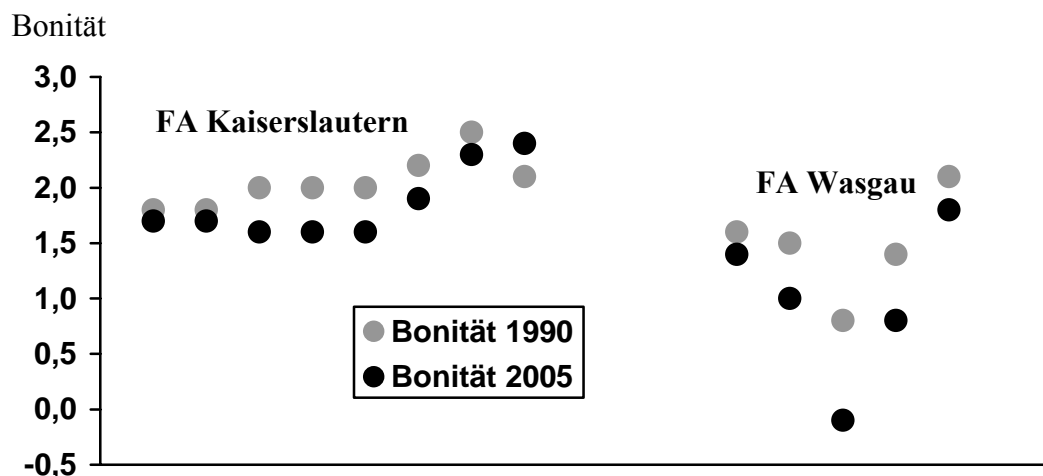


Abb. 4: Veränderung der Bonitäten der Versuchspartellen zwischen 1990 und 2005

Tab. 2: Waldwachstumskundliche Daten der Versuchspartellen in den Jahren 1990 und 2005

Forstamt	Kaiserslautern															
	1990								2005							
Aufnahmejahr																
Parzelle	25	26	27	28	29	30	31	32	25	26	27	28	29	30	31	32
Anzahl der Z-Bäume (ha)	80	100	120	172	81	100	120	220	80	100	120	172	71	100	120	220
Alter	54	54	54	54	54	54	54	54	69	69	69	69	69	69	69	69
Bonität	1,8	1,8	11,0	11,0	11,0	11,2	11,5	11,1	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,9	11,3	11,4
N/ha	1956	1940	1972	1880	1824	2284	2908	2584	972	912	884	656	933	1172	1384	1260
Hg (m)	16,2	16,3	15,7	15,7	15,7	14,9	13,9	15,3	19,8	19,8	19,9	19,9	20,0	18,9	17,7	17,3
H <sub>100</sub> (m)	20,3	20,4	20,3	20,3	20,5	19,3	18,1	19,0	25,5	25,1	25,3	24,6	26,0	24,6	22,3	22,6
Dg (cm)	13,0	13,3	12,8	12,8	12,4	11,2	10,2	10,7	16,6	17,4	17,4	18,2	16,7	15,3	14,1	14,6
D <sub>100</sub> (cm)	24,3	24,5	23,5	23,1	22,7	21,1	19,4	21,4	30,2	29,5	30,1	29,9	30,0	27,7	25,8	27,9
H <sub>ZB</sub> (m)	19,4	19,4	19,3	19,4	19,4	18,4	17,2	18,1	24,9	24,5	24,6	24,0	25,3	23,9	21,8	21,7
D <sub>ZB</sub> (cm)	21,3	21,1	20,8	20,4	19,7	18,6	16,8	18,1	28,2	28,0	28,0	28,0	28,2	25,9	24,0	25,0
G/ha (m <sup>2</sup> /ha)	26,1	26,8	25,3	24,1	22,1	22,4	23,6	23,3	21,2	21,6	21,0	17,1	20,5	21,6	21,8	21,2
V/ha (Vfm/ha)	207	214	194	187	169	157	147	160	224	228	223	184	220	215	195	192
LZ 2000-2005 (Vfm/ha/Jahr)									10,1	10,2	10,5	9,0	10,0	10,7	10,5	9,6

H<sub>ZB</sub> = Höhe des Grundflächenmittelstammes des Z-Baumkollektivs

D<sub>ZB</sub> = Durchmesser des Grundflächenmittelstammes des Z-Baumkollektivs

**Tab. 3: Waldwachstumskundliche Daten der Versuchsparzellen in den Jahren 1990 und 2005**

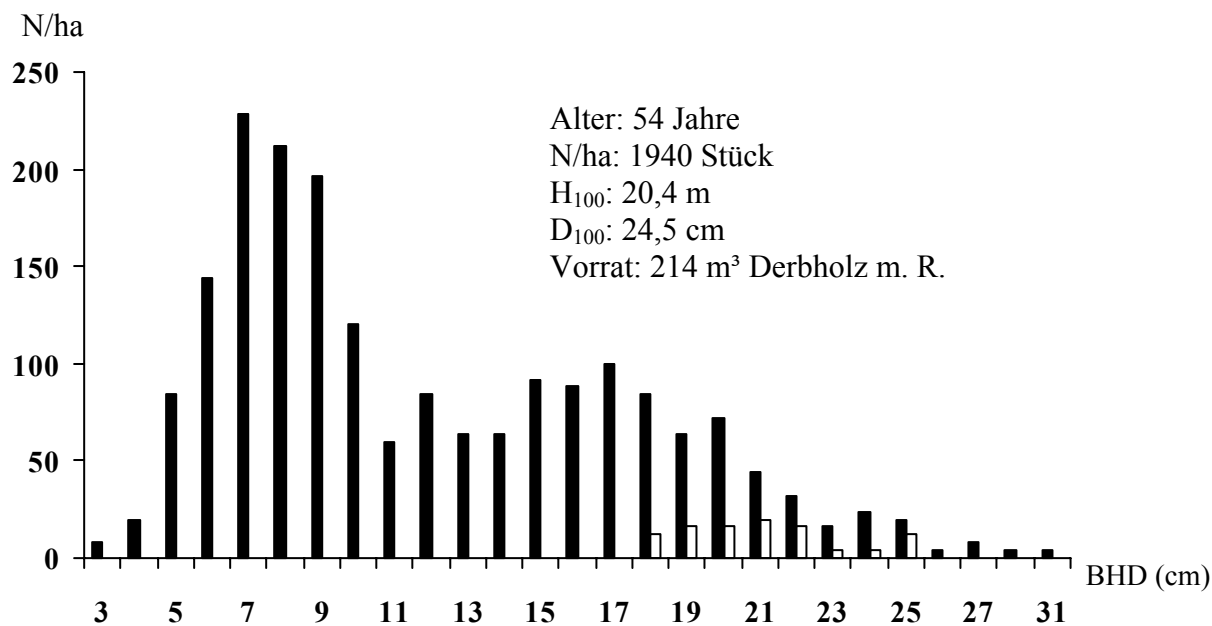
Forstamt	Wasgau									
	1990					2005				
Aufnahmejahr										
Parzelle	11	12	13	14	15	11	12	13	14	15
Anzahl der Z-Bäume (ha)	196	100	80	80	100	196	96	80	80	80
Alter	82	82	82	88	88	97	97	97	103	103
Bonität	I,6	I,5	0,8	I,4	II,1	I,4	I,0	-0,1	0,8	I,8
(N/ha)	1052	768	520	616	848	560	420	245	284	396
Hg (m)	21,9	22,5	24,9	23,5	21,1	24,5	25,8	29,2	27,0	23,9
H <sub>100</sub> (m)	24,9	24,7	26,9	24,7	23,6	27,9	28,3	30,8	28,6	26,5
Dg (cm)	18,2	20,1	23,4	22,0	18,3	22,6	24,5	28,6	27,3	22,7
D <sub>100</sub> (cm)	26,6	27,2	29,9	29,0	26,5	32,3	32,3	34,8	33,9	30,7
H <sub>ZB</sub> (m)	23,8	23,6	26,2	24,4	22,8	26,8	27,6	30,5	28,5	26,4
D <sub>ZB</sub> (cm)	23,0	23,5	27,2	27,1	23,5	28,7	29,9	33,9	33,4	30,2
G/ha (m <sup>2</sup> /ha)	27,3	24,4	22,4	234	22,4	22,5	19,7	15,7	16,7	16,0
V/ha (Vfm/ha)	293	272	282	274	232	285	264	240	235	197
LZ 2000-2005 (Vfm/ha/Jahr)						9,9	9,2	10,2	7,8	6,4

H<sub>ZB</sub> = Höhe des Grundflächenmittelstammes des Z-Baumkollektivs

D<sub>ZB</sub> = Durchmesser des Grundflächenmittelstammes des Z-Baumkollektivs

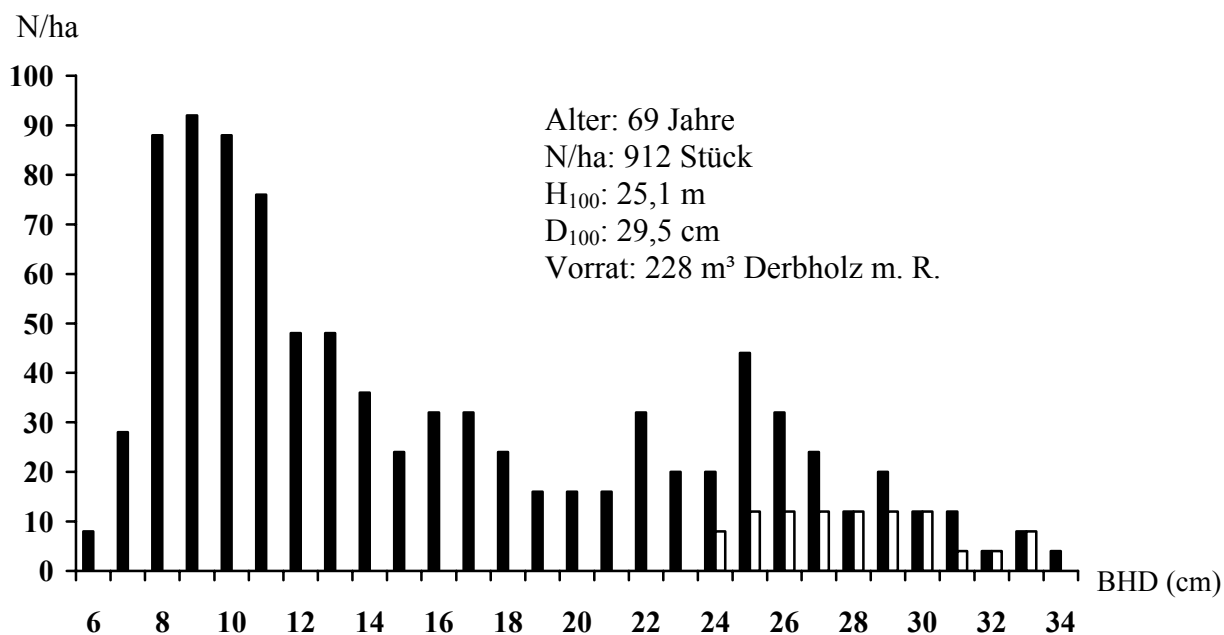
Die Eichen in Kaiserslautern standen bei der Versuchsanlage im Alter 54 (1990) mit einer Stammzahl von etwa 1800 bis 2900 Stück/ha gedrängt und der Ausscheidungsprozess der unterständigen Eichen war noch voll im Gange.

Als Beispiel wird *die Verteilung der Durchmesserstufen* von der Parzelle 26 (Forstamt Kaiserslautern) in der Abb. 5 graphisch dargestellt. Danach zeigte der Eichen-Jungbestand in dieser Parzelle eine große Heterogenität mit einem Variationskoeffizient für den Brusthöhendurchmesser (V%) von 46%. Die Verteilungskurve hat zwei Gipfel, der linke repräsentiert die mittel- und unterständige und der rechte repräsentiert die herrschenden und vorherrschenden Eichen. Der mittlere h/d Wert der 100 stärksten Eichen von 83 und eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 3 und 31 cm zeigten, dass die Eichen sich trotz hoher Stammzahl/ha deutlich differenziert haben.



**Abb. 5: Durchmesserverteilung des verbleibenden Bestandes der Parzelle 26 (Forstamt Kaiserslautern) im Alter 54 (schwarz: Gesamtbestand; weiss: Z-Baumkollektiv)**

*Die Stammzahl* sinkt 15 Jahre nach der Versuchsanlage durch natürliche Mortalität und Pflegeeingriffe auf 35-51% der Ausgangsstammzahl/ha bei der Versuchsanlage, wobei in jüngeren Eichenbeständen das Ausscheiden der Bäume mehr durch natürliche Mortalität als durch Pflegeeingriffe verursacht wird.



**Abb. 6: Durchmesserverteilung des verbleibenden Bestandes der Parzelle 26 (Forstamt Kaiserslautern) im Alter 69 (schwarz: Gesamtbestand; weiss: Z-Baumkollektiv)**

15 Jahre nach Versuchsanlage wird als Beispiel wiederum die Verteilung der Durchmesserstufen von der Parzelle 26 (Forstamt Kaiserslautern) in der Abb. 6 graphisch dargestellt. Eine Spreitung der BHD-Werte zwischen 6 und 34 cm mit einem unveränderten Variationskoeffizient der Brusthöhendurchmesser (V%) von 46% zeigt, dass die horizontale Differenzierung seit der Versuchsanlage unverändert groß geblieben ist.

*Die Durchmesser des Grundflächenmittelstammes* liegen sowohl in den jüngeren im Forstamt Kaiserslautern als auch in den älteren Eichen-Versuchsbeständen im Forstamt Wasgau unter denen der Ertragstafel von JÜTTNER. *Die Grundflächen und Vorräte* liegen beim Versuchsbeginn (1990) über und bei der vierten Aufnahme im Jahr 2005 unter den Ertragstafelangaben. *Der laufende jährliche Volumenzuwachs* (2000-2005) liegt deutlich über den Erwartungswerten der Ertragstafel. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Versuchspartellen zum Aufnahmezeitpunkt eine wesentliche höhere Stammzahl/ha und die Eichen eine überlegene Höhenentwicklung im Vergleich zu der Ertragstafel von JÜTTNER aufweisen. Eine überlegene Höhenentwicklung bei etwa ertragstafelkonformen Durchmesserwachstum, wie sie auch PRETZSCH und UTSCHIG (1995) für eine Versuchsfläche im Pfälzerwald feststellen, weist auf die außerordentlich schlanken Schaftformen der untersuchten Traubeneichen hin.

## **5.2 Entwicklung der Z-Bäume**

Zwischen den beiden Aufnahmen 1990 und 2005 wurden von den 13 Versuchspartellen im Forstamt Kaiserslautern und Wasgau nur auf 3 Versuchspartellen Ausfälle der Z-Bäume festgestellt (Kaiserslautern, Parz. 29 mit 9% sowie Wasgau, Parz.12 mit 4% und Parz.14 mit 20% Ausfälle (Tab. 2 und 3)).

Der jährliche Durchmesserzuwachs (1990-2005) der Z-Bäume beträgt in den 8 Versuchspartellen im Forstamt Kaiserslautern im Alter 69 im Mittel 0,50 cm (entspricht einer mittleren Jahrringbreite von 2,50 mm) und in den 5 Versuchspartellen im Forstamt Wasgau im Alter 97-103 im Mittel 0,43 (entspricht einer mittleren Jahrringbreite von 2,15 mm). Aus der Tab. 4 ist ersichtlich, dass ein fast gleicher jährlicher Durchmesserzuwachs in allen Versuchsvarianten festgestellt wurde. Diese Ergebnisse sind insofern nicht überraschend, da in allen Versuchspartellen die Z-Bäume gleicher Behandlung unterzogen waren.



**Tab. 4: Waldwachstumskundliche Daten der Z-Bäume im FA Kaiserslautern**

Par-Nr.	Art der Behandlung	Alter (1990)	Alter (2005)	Kronenansatzhöhe (1991)	Kronenansatzhöhe (2005)	Höhe des tiefsten Totastes (1991)	Höhe des tiefsten Totastes (2005)	KSF (1991)	KSF (2005)	ih (1990-2005)	id (1990-2005)
		(Jahre)	(Jahre)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(cm)	(mm)
25	80 Z-Bäume	54	69	12,5	14,5	9,1	12,2	11,2	31,6	37	4,6
26	100 Z-Bäume	54	69	13,0	14,3	9,3	11,6	13,4	29,9	35	4,7
27	120 Z-Bäume	54	69	12,6	13,7	8,4	11,7	15,6	28,3	35	4,7
28	Waldbau-R.	54	69	11,9	13,2	8,9	11,2	14,3	31,7	29	5,1
29	80 Z-Bäume	54	69	11,8	14,5	9,4	12,7	12,5	30,4	43	6,1
30	100 Z-Bäume	54	69	11,8	14,1	8,6	11,6	11,1	25,0	37	4,9
31	120 Z-Bäume	54	69	11,0	12,9	8,3	10,9	8,5	21,5	29	4,8
32	Waldbau-R.	54	69	11,4	12,7	8,9	10,6	10,0	24,8	25	4,9
<b>im Mittel</b>				<b>12,0</b>	<b>13,7</b>	<b>8,9</b>	<b>11,6</b>	<b>12,1</b>	<b>27,9</b>	<b>34</b>	<b>5,0</b>

**Tab. 5: Waldwachstumskundliche Daten der Z-Bäume im FA Wasgau**

Par-Nr.	Art der Behandlung	Alter (1990)	Alter (2005)	Kronenansatzhöhe (1991)	Kronenansatzhöhe (2005)	Höhe des tiefsten Totastes (1991)	Höhe des tiefsten Totastes (2005)	KSF (1991)	KSF (2005)	ih (1990-2005)	id (1990-2005)
		(Jahre)	(Jahre)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(cm)	(mm)
11	Waldbau-R.	82	97	15,0	16,9	11,7	13,6	13,8	27,1	21	3,8
12	100 Z-Bäume	82	97	15,7	17,1	11,7	14,3	13,1	31,4	25	4,3
13	80 Z-Bäume	82	97	17,4	18,5	13,7	15,3	15,1	40,9	30	4,5
14	80 Z-Bäume	88	103	16,3	17,4	13,4	14,9	18,2	36,3	27	4,3
15	100 Z-Bäume	88	103	14,5	15,7	11,8	13,8	14,7	33,2	23	4,5
<b>im Mittel</b>				<b>15,8</b>	<b>17,1</b>	<b>12,5</b>	<b>14,4</b>	<b>15,0</b>	<b>33,8</b>	<b>25</b>	<b>4,3</b>

KSF = Kronenschirmfläche

ih: jährlicher Höhenzuwachs

id: jährlicher Durchmesserzuwachs

Der mittlere jährliche Höhenzuwachs der Z-Bäume beträgt in den letzten 15 Jahren auf den jüngeren Versuchsflächen im Forstamt Kaiserslautern 34 cm und auf den älteren Versuchsflächen in Wasgau 25 cm. Diese Werte liegen deutlich über dem Höhenzuwachslevel der Ertragstafel von JÜTTNER. Nach den Untersuchungen von PRETZSCH und UTSCHIG (1955) sowie von EICHENLAUB (2006) über die Höhenentwicklung der über 100 Jahre beobachteten Eichen-Versuchsflächen im Pfälzerwald wird damit gerechnet, dass die Überlegenheit im Höhenwachstum besonders in den jüngeren Eichen-Versuchsflächen im Forstamt Kaiserslautern noch lange anhalten wird.

Durch die Standraumerweiterung infolge der Entnahme von Bedrängern konnten die Z-Bäume ihre Kronenschirmflächen in 14 Jahren im Forstamt Kaiserslautern im Durchschnitt um 131% und im Forstamt Wasgau im Durchschnitt um 125% vergrößern. Im Vergleich zu ihren Ausgangskronenschirmflächen erscheinen diese Werte sehr groß. Mit den absoluten Werten der Kronenschirmflächen der Z-Bäume im Alter 69 (Forstamt Kaiserslautern) im Durchschnitt von 27,9 m<sup>2</sup> (entspricht einem Kronendurchmesser von etwa 6 m) und im Alter 97-103 (Forstamt Wasgau) im Durchschnitt von 33,8 m<sup>2</sup> (entspricht einem Kronendurchmesser von etwa 6,6 m) (Tab. 5) müssen die Kronen der Z-Bäume im Forstamt Wasgau, die erst ab Alter von 82-88 Jahren freigestellt wurden, in Relation zu im Endzustand erwarteten Werten von etwa 100 m<sup>2</sup> aber als schwach entwickelt eingestuft werden. Die Kronen der Z-Bäume im Forstamt Kaiserslautern mit einem Alter von etwa 1/3 des Produktionszeitraumes (69 zu 180-200 Jahre) können demgegenüber als gut entwickelt bezeichnet werden.

Bei der Standraumerweiterung stellt sich die Frage, ob dadurch das Absterben der Äste sehr verzögert wird. Zu dieser Frage können die Ergebnisse der Untersuchung über die Entwicklung der Kronenansatzhöhe in der Zeit zwischen 1991 und 2005 Auskunft geben. Danach veränderte sich die mittlere Kronenansatzhöhe der jüngeren Eichen-Versuchsparzellen in Kaiserslautern in den ersten 4 Jahren (1991-1995) von 12,0 auf 13,0 m, während diese in den älteren Eichen-Versuchsparzellen in Wasgau von 15,8 auf 16,2 m steigt (DONG et al., 1997). In den nächsten 10 Jahren (1995-2005) hat sich die mittlere Kronenansatzhöhe in dem Versuch Kaiserslautern von 13,0 auf 13,7 m und im Versuch Wasgau von 16,2 auf 17,1 m verändert. Diese Ergebnisse zeigen, dass das Absterben der Äste durch die Freistellung verzögert wird. Bei den jüngeren Eichen in Kaiserslautern hat sich die Kronenansatzhöhe in den ersten 4 Jahren um 1m und in den nächsten 10 Jahren nur um 0,7 m verändert. Bei den älteren Eichen in Wasgau steigt die Kronenansatzhöhe nur noch langsam an.

### **5.3 Kronenschirmflächen und Zuwachs**

Die verschiedenen Kronenparameter liefern für die Forstwirtschaft und für die forstliche Forschung wichtige Kenngrößen zur Einschätzung von Zuwachs und hinsichtlich der Sicherheit gegenüber abiotischen Gefahren des Einzelbaumes und der Waldbestände (KRAMER und AKCA, 1987). Die Baumkrone ist für den Einzelbaum und für den Bestand diejenige Größe, die durch die Pflegeeingriffe am intensivsten beeinflusst wird.

Im Folgenden werden die Beziehungen zwischen Kronenschirmflächen (KSF), Durchmesser (BHD) und jährlichem Kreisflächenzuwachs ( $ig$ ) an den Behandlungsvarianten in verschiedenen Altern dargestellt.

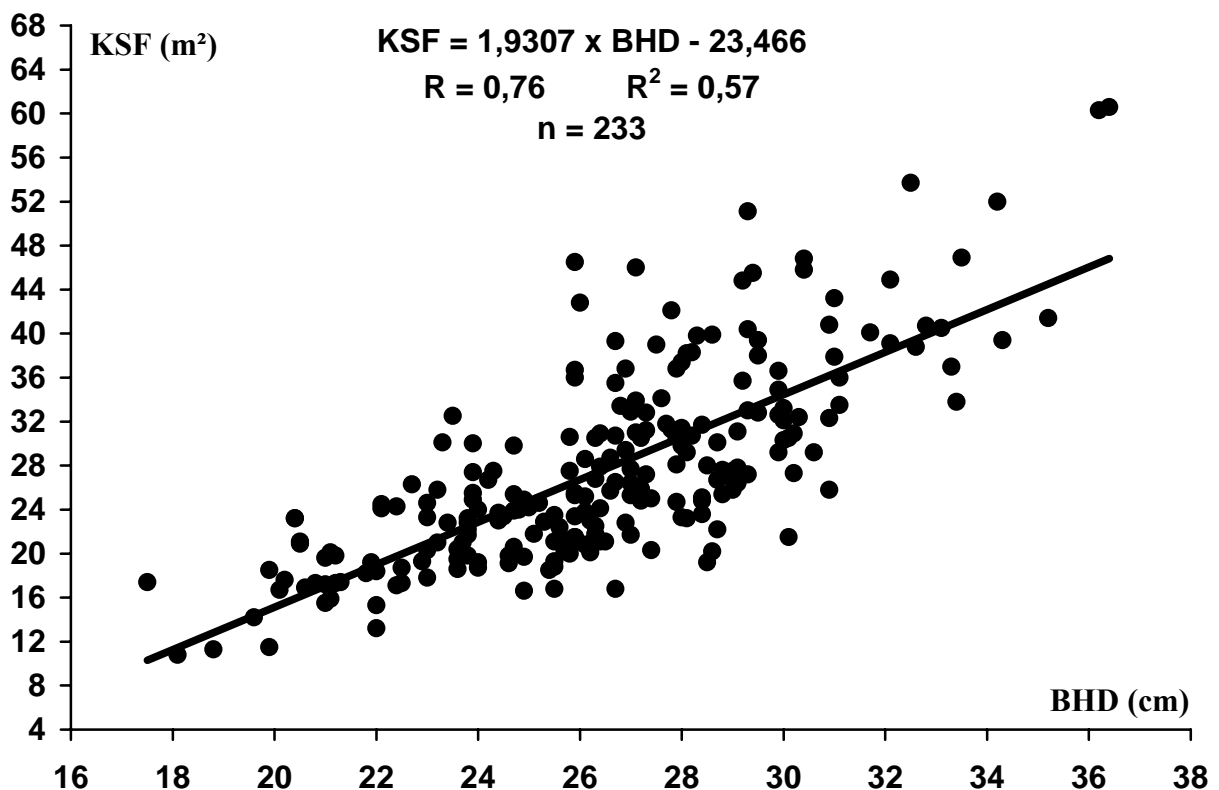
#### **5.3.1 Kronenschirmfläche (KSF) und Durchmesser (BHD)**

Zwischen 1990 und 2005 wurden in den Eichen-Versuchsflächen in den Forstämtern Kaiserslautern und Wasgau vier waldwachstumskundliche Aufnahmen und vier Kronenablotungen durchgeführt. Die Ablotung der Kronen erfolgte an den 8 Messpunkten und die Kronenschirmflächen wurden mit einem Teilkreismodell (KRAMER und DONG 1985) berechnet. In den Abbildungen 7 und 8 werden die Beziehungen zwischen Kronenschirmflächen und Brusthöhendurchmesser graphisch dargestellt. Im Forstamt Kaiserslautern konnten die Kronenschirmflächen von 233 Z-Bäumen auf 8 Versuchspartzen und im Forstamt Wasgau von 119 Z-Bäumen auf 5 Versuchspartzen in die Berechnung einbezogen werden. In beiden Versuchsanlagen zeigt sich eine straffe Korrelation zwischen Kronenschirmfläche (bzw. Kronenbreite) und Brusthöhendurchmesser. Der enge Zusammenhang zwischen der Kronenbreite und dem Brusthöhendurchmesser wurde in vielen Arbeiten beschrieben (u.a. BURGER 1947, MAYER 1958, BOUCHON 1970).

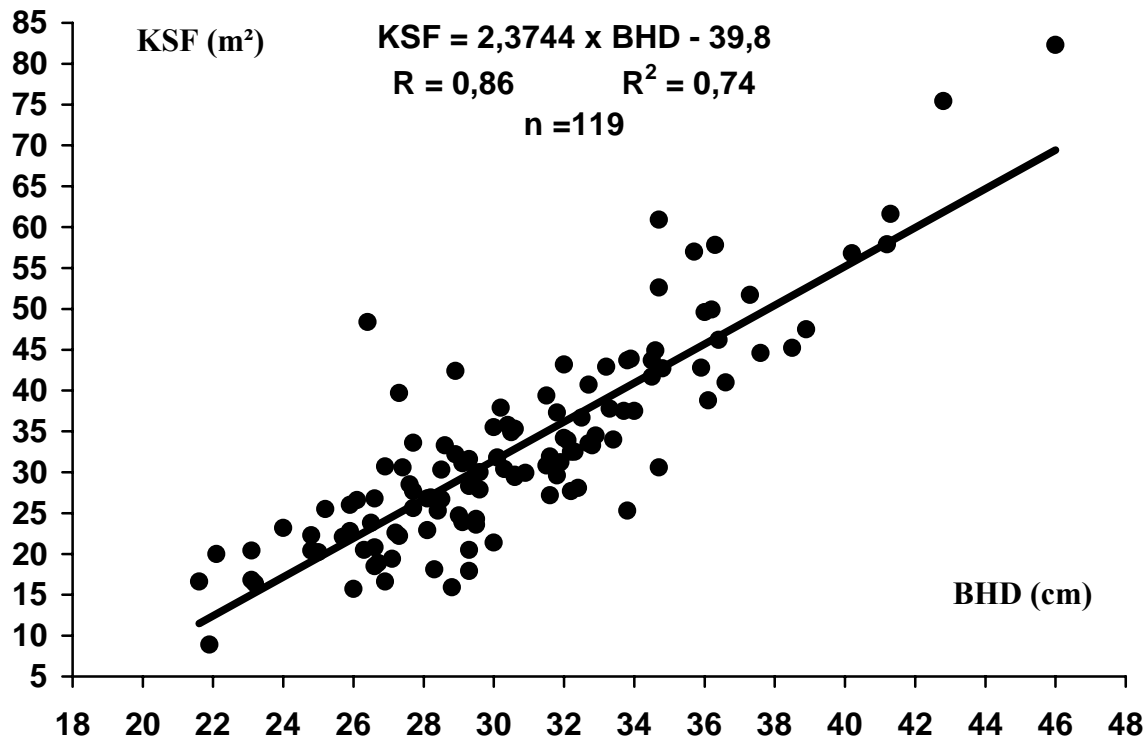
Da die Behandlung der Eichen-Versuchsflächen im Forstamt Wasgau erst mit 82 bzw. 88 Jahren (1990) und die der Eichen-Versuchsflächen im Forstamt Kaiserslautern 30 Jahre früher mit 54 Jahren (1990) begonnen wurde, ist die Kronenerweiterung bei den Versuchsflächen in Kaiserslautern weiter fortgeschrittener als die im Forstamt Wasgau. Eine früh freigestellte Eiche mit einem BHD von 25 cm würde nach der Gleichung in der Abb. 7 eine Kronenschirmfläche von 24,8 m<sup>2</sup> (entspricht einer Kronenbreite von 5,6 m) haben, während diese Eiche bei gleichem BHD in den spät freigestellten Versuchsbeständen nach der Gleichung in der Abb. 8 eine Kronenschirmfläche von nur 19,6 m<sup>2</sup> (entspricht einer Kronenbreite von 5,0 m) aufweisen würde. SPIECKER (1983) hat festgestellt, dass der Zusammenhang zwischen der Kronenbreite und dem Brusthöhendurchmesser durch das Alter der Bäume beeinflusst

wird. Bei gleichem Brusthöhendurchmesser weisen jüngere Bäume in der Regel eine größere Kronenbreite als ältere Bäume auf.

Betrachtet man den mittleren Brusthöhendurchmesser und die mittlere Kronenbreite der Eichen auf den beiden Standorten mit fast gleicher Bonität (BHD etwa 27 cm und mittlere Kronenbreite von 6 m) im Alter 69 in Kaiserslautern und (BHD etwa 31 cm und mittlere Kronenbreite von 6,6 m) im Alter 100 in Wasgau, so ist nach den Ergebnissen von SPIECKER (1983) über die Abhängigkeit der Kronenbreite vom Brusthöhendurchmesser und vom Alter deutlich festzustellen, dass die mittlere Kronenbreite von 6 m (KSF = 28 m<sup>2</sup>) der früher freigestellten Eichen in Kaiserslautern der erforderlichen Kronenbreite nach SPIECKER von 6,2 m (KSF = 30 m<sup>2</sup>) bei jährlichem Radialzuwachs von 2,5 mm (Tab. 4) entspricht. Die mittlere Kronenbreite der später freigestellten Eichen in Wasgau von 6,6 m (KSF = 34 m<sup>2</sup>) ist dagegen wesentlich niedriger als die erforderliche Kronenbreite nach SPIECKER von 7,8 m (KSF = 48 m<sup>2</sup>) bei jährlichem Radialzuwachs von 2,15 mm (Tab. 5).



**Abb. 7: Abhängigkeit zwischen Kronenschirmflächen (KSF) und Durchmessern (BHD) (Forstamt Kaiserslautern, Alter im Jahr 2005: 69 Jahre)**



**Abb. 8: Abhängigkeit zwischen Kronenschirmflächen (KSF) und Durchmessern (BHD) (Forstamt Wasgau, Alter im Jahr 2005: 97-103 Jahre)**

### 5.3.2 Jährlicher Grundflächenzuwachs (ig) und Kronenschirmfläche (KSF)

Um die Beziehung zwischen Zuwachs und Kronenschirmfläche untersuchen zu können, wurde der jährliche Grundflächenzuwachs der Z-Bäume in der Periode 1990 – 2005 auf den beiden Standorten Kaiserslautern und Wasgau herangezogen. Der periodisch jährliche Grundflächenzuwachs ist als Differenz der Grundflächen am Ende und am Anfang der Periode, geteilt durch die Anzahl der Jahre berechnet. Der Grundflächenzuwachs wurde deshalb gewählt, weil er nicht nur von der Durchmesserdifferenz, also dem Dickenzuwachs des Baumes, sondern von der absoluten Größe des Durchmessers abhängt.

Ähnlich wie bei der Beziehung zwischen Kronenschirmflächen und Brusthöhendurchmessern kann aus den Abbildungen 9 und 10 festgestellt werden, dass eine straffe Korrelation zwischen jährlichem Grundflächenzuwachs und den Kronenschirmflächen besteht. Eine früh freigestellte Eiche mit einer Kronenschirmfläche von 28 m<sup>2</sup> würde nach der Gleichung in der Abb. 9 einen jährlichen Grundflächenzuwachs von 17,7 cm<sup>2</sup> haben, während diese Eiche bei gleicher Kronenschirmfläche in den spät freigestellten Versuchsbeständen nach der Gleichung in der Abb. 10 einen jährlichen Grundflächenzuwachs von 16,2 cm<sup>2</sup> aufweisen würde.

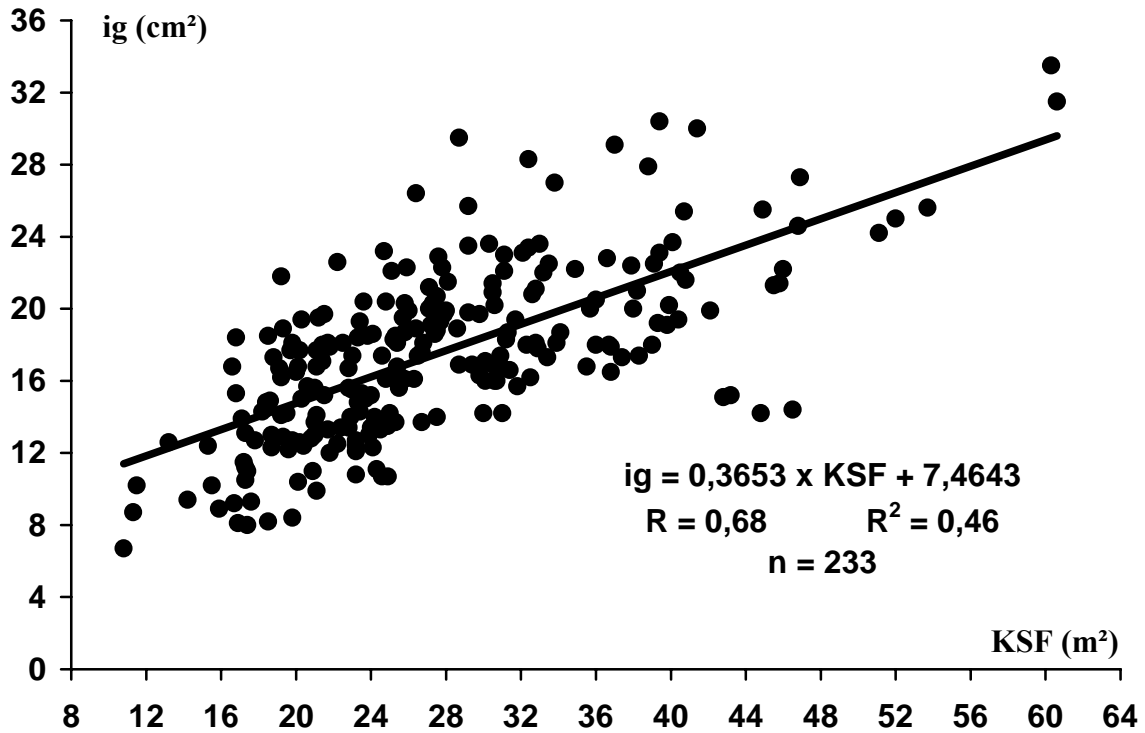


Abb. 9: Abhängigkeit zwischen jährlichem Grundflächenzuwachs (ig) und Kronenschirmflächen (KSF) (Forstamt Kaiserslautern, Alter im Jahr 2005: 69 Jahre)

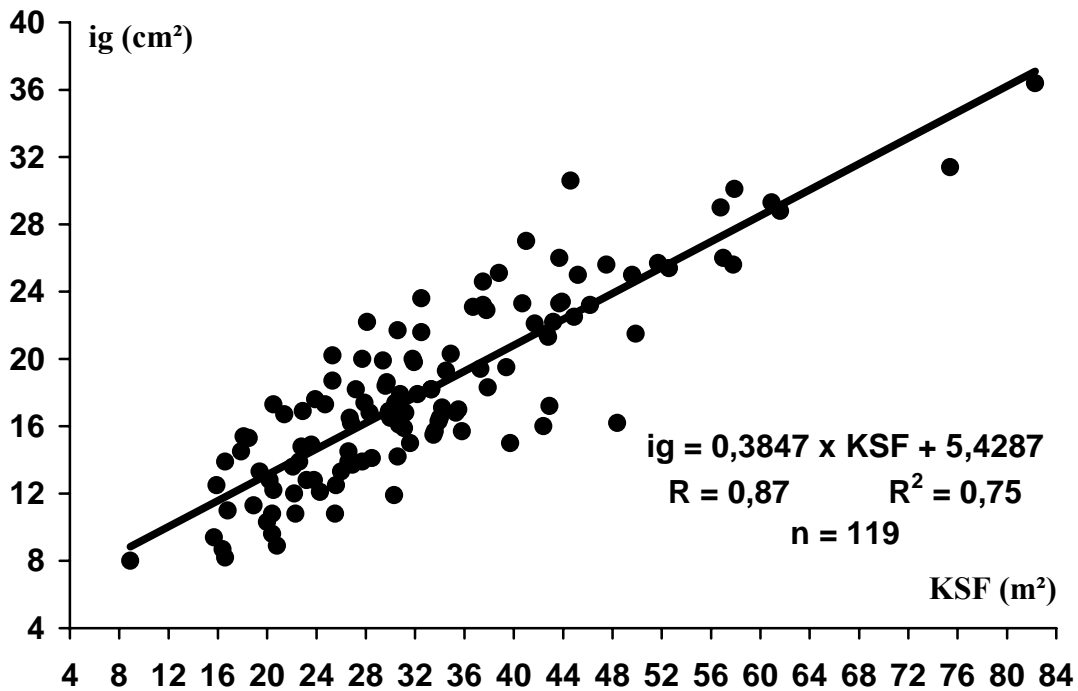


Abb. 10: Abhängigkeit zwischen jährlichem Grundflächenzuwachs (ig) und Kronenschirmflächen (KSF) (Forstamt Wasgau, Alter im Jahr 2005: 97-103 Jahre)

## 6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Eichenbestände im Pfälzerwald gehören neben den Eichenbeständen im Spessart zu den qualitativ hochwertigsten Waldbeständen in Deutschland. Eichen-Furnierholz aus dem Pfälzerwald ist bei den Holzkäufern beliebt und erzielt beachtliche Preise. Die traditionelle Eichenwirtschaft ist hier auf möglichst lange astreine Schäfte mit schmalen Jahrringen bei einer Umtriebszeit von 250-300 Jahren gerichtet. Die Beibehaltung der hochwertigen Furnierholzqualität ist und bleibt das oberste Ziel der Eichenwirtschaft im Pfälzerwald. Im Jahr 1990 angestellte Überlegungen zur Auslesedurchforstung zugunsten einer bestimmten Anzahl von Zuwachs- und Wertträgern verfolgen das Ziel, das Dickenwachstum nach Erreichen von ca. 10 m astreinem Schaft zu fördern (Dimensionierung), um die Umtriebszeit auf 180-200 Jahren zu verkürzen. SCHULZ (1959) weist darauf hin, dass die Jahrringbreiten allein noch kein eindeutiger Weiser für die Furniertauglichkeit sind, zumal Gleichmäßigkeit des Jahrringaufbaus und helle Färbung sowie sonstige Fehlerfreiheit ebenso wichtige Kriterien sind wie die Dimension, für die in der Regel Stärkeklasse 7 angestrebt wird. Dies kann vor allem über gezielt fortgesetzte Standraumerweiterung der Wertträger erreicht werden.

Aufgrund der Ergebnisse des 15jährigen Beobachtungszeitraumes der Z-baumorientierten Eingriffe zugunsten einer bestimmten Anzahl von Wertträgern folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Durch die gezielte Förderung der zukünftigen Zuwachs- und Wertträger wurden auf allen Versuchspartellen fast gleichhohe jährliche Durchmesserzuwächse festgestellt. Diese betragen in Kaiserslautern im Alter 69 i. M. 0,50 cm und in Wasgau im Alter 97-103 i. M. 0,43 cm. Daraus lässt sich schließen, dass gegenwärtig unabhängig von der Anzahl der Z-Bäume der tatsächlich verfügbare Kronenraum der Z-Bäume den Durchmesserzuwachs entscheidend beeinflusst.
2. Die stärkere Entnahme in den Referenzflächen in Kaiserslautern führt wegen der höheren Anzahl der Z-Bäume und der zusätzlichen Entnahme in den Zwischenfeldern zu niedrigen Werten des Vorrates und der Grundfläche/ha sowie des laufenden jährlichen Zuwachses (Tab. 2).

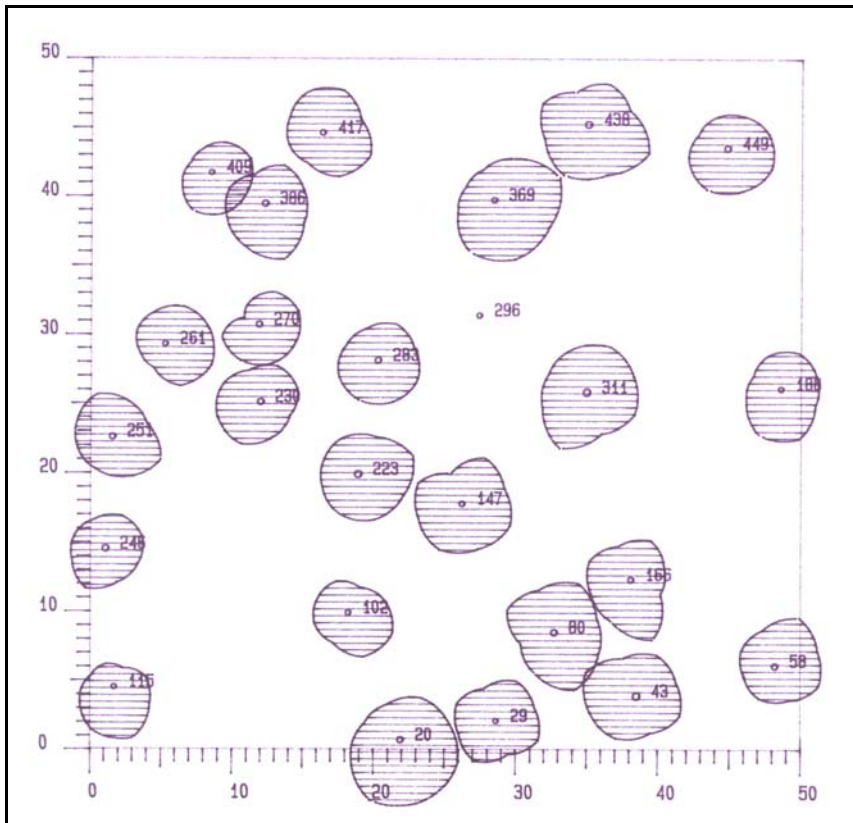


Abb. 11: Kronenschirmflächen der Z-Bäume der Variante mit 100 Z-Bäumen/ha (Forstamt Kaiserslautern, Parzelle 26)

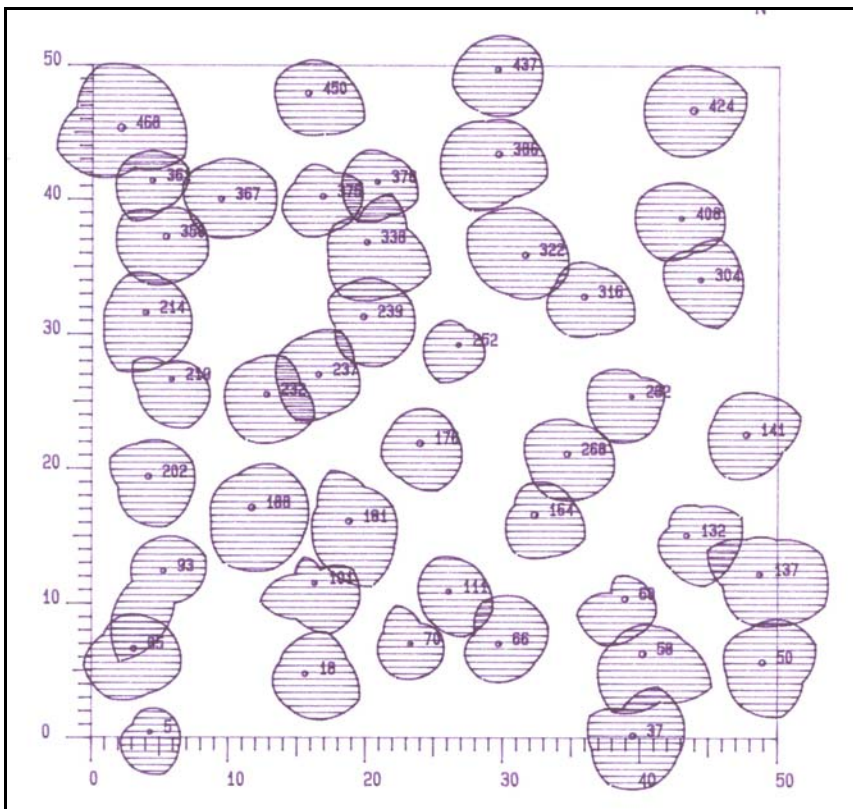


Abb. 12: Kronenschirmflächen der Z-Bäume der Referenzfläche mit 172 Z-Bäumen/ha (Forstamt Kaiserslautern, Parzelle 28)



3. Die notwendige Anzahl von Z-Bäumen wird am besten durch die Abbildungen 11 und 12 veranschaulicht. Dort werden die Kronenschirmflächen von zwei Versuchsparzellen in Kaiserslautern (Alter 69) mit 100 und 172 Z-Bäume/ha dargestellt. Die Summe der Kronenschirmflächen der Variante mit 100 Z-Bäumen betragen 2.875 m<sup>2</sup>/ha und der Referenzfläche mit 172 Z-Bäumen 5.458 m<sup>2</sup>/ha. Um einen durchschnittlichen jährlichen Durchmesserzuwachs von etwa 0,4 cm möglichst lang beizubehalten, müssen die Z-Bäume kontinuierlich und konsequent gefördert werden. Dies führte bei der Variante mit 172 bzw. 220 Z-Bäumen/ha zu dem Engpass, dass die Dimensionierungseingriffe im Jahr 2005 auf diesen Referenzflächen nicht mehr konsequent durchgeführt werden konnte. Der Grund liegt vor allem daran, dass im Alter 69 ein Teil der Z-Bäume bereits als Bedränger der anderen Z-Bäume entnommen werden muss. Es kann deshalb nicht sinnvoll sein, zuerst eine hohe Zahl von Z-Bäumen auszuwählen, große Mengen von nicht kostendeckendem schwachem Material zu entnehmen und dann gezwungen zu sein, am Ende wieder einen bedeutenden Teil des Z-Baum-Kollektivs zu reduzieren oder wegen entstehender Bestandeslücken nicht mehr eingreifen zu können. Aufgrund dieser Überlegungen erscheint es empfehlenswert, nach Erreichen einer astreinen Schaftlänge von etwa 8-10 m lediglich 80-100 Z-Bäume pro Hektar auszuwählen.
4. Die gezielte Einzelbaumförderung in schwachen Eichen-Baumholzbeständen führten bisher zu keiner nennenswerten Verschlechterung der Qualität der freigestellten Zuwachs- und Wertträger. Nach SPIECKER (1991) wird die Entwicklung der Wasserreiser durch Freistellung zunächst gefördert. Die Anzahl der Wasserreiser wird durch die Kronengröße wenig beeinflusst, der Anteil längerer und älterer Wasserreiser an der Gesamtzahl der Wasserreiseranlagen ist jedoch bei großkronigen Eichen wesentlich geringer als bei den kleinkronigen. Ein Austreiben der Wasserreiser wird nach SPIECKER mit der Beschattung durch den Nebenbestand (z. B. Buchenunterstand) zwar nicht verhindert, ihre Vitalität aber entscheidend geschwächt. Nach 15jähriger Beobachtungszeit konnte auf allen Eichen-Versuchsflächen keine nennenswerte Wasserreiserbildung festgestellt werden. Daher darf vermutet werden, dass eine stärkere Wasserreiserbildung durch die Kronenerweiterung der Eiche und durch den Buchenunterstand, der in allen Versuchspartellen schon eine Höhe von 10-15 m erreicht hat, verhindert wird. In diesem Zusammenhang soll auch erwähnt werden, dass die Pfälzer-Eiche von Natur aus eine geringere Neigung zur Wasserreiserbildung hat als Eichen aus den anderen Herkunftsgebieten.

## 7. Literatur

- ABETZ, P., 1988: Erwiderung zu Schober: Durchforstung nach Zahlen?  
AFJZ 159. Jg., S.1-2
- ABETZ, P., 1989: Zu den Ursachen des „Umsetzens“ von (Z)-Bäumen.  
AFZ 50, S. 1334-1337
- BECKER, G., HAPPLA, F. und TEUTENBERG, A., 1990: Untersuchung der Holzqualität von Traubeneichen aus unterschiedlich dicht begründeten Beständen (Rund- und Schnittholzqualität).  
Holz als Roh- und Werkstoff 48, S. 339-343
- BOUCHON, J., 1970: Norme provisoire pour le chêne de qualité du secteur liegérien.  
I.N.R.A – C.N.R.F Station de sylviculture et de Production  
Doc.no 70/01, 13 S.
- BURGER, H., 1947: Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII. Mitteilung. Die Eiche.  
Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen,  
XXV. Bd., S. 211-219
- DONG, P. H., MUTH, M. und ROEDER, A., 1997: Traubeneichen-Durchforstungsversuch in den Forstämtern Elmstein-Nord und Fischbach.  
Forst und Holz 52, S. 34-38
- EICHENLAUB, A., 2006: Kroneneffizienz der Eiche in Abhängigkeit von der Bestandesdichte. Ertragskundliche Auswertung der langfristigen Eichenversuchsflächen Waldleiningen 88 und Elmstein 62 und 63.  
Diplomarbeit der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität München
- HOCHBICHLER und KRAFFENBAUER, A., 1988: Behandlungsprogramme für die Werteichenproduktion im Wienerwald und Weinviertel.  
Centralblatt f. d. ges. Forstwesen 105, H. 1, S. 1-23
- JÜTTNER, O., 1955: Eichenertragstafel. In: Ertragstafeln wichtiger Baumarten, bearbeitet von R. SCHOBBER, Sauerländer's Verlag, Frankfurt, 2. Auflage 1975
- KENK, G., 1984: Werteichenproduktion und ihre Verbesserung in Baden-Württemberg.  
AFZ 39, S. 428-434
- KLÄDTKE, J., 1990: Umsetzungsprozesse unter besonderer Berücksichtigung Z-Baumbezogener Auslesedurchforstung.  
AFZ 161, S. 29
- KRAMER, H. und DONG, P. H., 1985: Kronenanalyse für Zuwachsuntersuchungen in immissionsgeschädigten Nadelholzbeständen.  
Der Forst und Holzwirt 40, S. 115-118
- KRAMER, H. und AKCA, A., 1987: Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur.  
J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main
- MAYER, R., 1958: Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten.  
AFJZ 129, S. 105-114, 151-163, 191-201
- MEYER, K., 1990: Die Furniereiche im Pfälzerwald – Inventurergebnisse sowie langfristige Anbau- und Nutzungsstrategien  
Forst und Holz, H. 11, S. 289-292

- PETRI, H., 1970: Eichenanbau in Rheinland-Pfalz.  
AFZ, S. 766-768
- PRETZSCH, H. und UTSCHIG, H., 1995: Über 90 Jahre Beobachtung durch das Bayerische Ertragskundliche Versuchswesen – Die Eichen-Versuchsflächen im Forstamt Elmstein-Nord.  
Sonderdruck AFZ, Heft 2
- SACHSSE, H. und GRÜNEBAUM, M., 1990: Untersuchung der Holzqualität von Traubeneichen aus unterschiedlich dicht begründeten Beständen (Auswirkung der Bestandesbegründung auf Holzstruktur und Furniereignung).  
Holz als Roh- und Werkstoff 48, S. 255-260
- SCHÖBER, R., 1987: Durchforstung nach Zahlen?  
AFJZ 158, S. 174-183
- SCHÖBER, R., 1988: Von der Niederdurchforstung zur Auslesedurchforstung im Herrschenden.  
AFJZ 159, S. 208-213
- SCHÖBER, R., 1988: Von Zukunfts- und Elitenbäumen.  
AFJZ 159, S. 239-249
- SCHÖBER, R., 1988: Die Bedeutung des Umsetzens von Waldbäumen für Z-Baum-Durchforstungen.  
AFZ 32, S. 824-828
- SCHULZ, H., 1959: Untersuchungen über Bewertung und Gütemerkmale des Eichenholzes aus verschiedenen Wuchsgebieten.  
Schriftenr. Forstl. Fak., Univ. Göttingen und der Niedersächs. FVA, Bd. 23
- SPELLMANN, H., 1990: Entwicklung von Z-Baum-Kollektiven in langfristig beobachteten Eichen-Versuchsflächen der Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt.  
Dt. Verb. Forstl. Forsch. Anst., Verden/Aller, S. 179-200
- SPIECKER, H. 1983: Durchforstungsansätze bei Eiche unter besonderer Berücksichtigung des Dickenwachstums.  
AFJZ 154, S. 21-36
- SPIECKER, H. 1983: Zur Steuerung des Dickenwachstums und der Astreinigung von Trauben- und Stieleichen (*Quercus petraea*(Matt.) Liebl. und *Quercus robur* L.).  
Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württemberg, Band 72
- WALDBAULICHE GRUNDSÄTZE und VORSCHRIFTEN für den Pfälzerwald, 1925.  
Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, 16. Heft
- WALDBAURICHTLINIEN für die WÄLDER von RHEINLAND-PFALZ, 1983, 2. Teil,  
Bereich der Forstdirektion Rheinhessen-Pfalz.  
Mitteilung aus Forsteinrichtung und Waldbau, Nr. 28
- ZIMMERMANN, H., 1965: Sortierung und Verkauf der Furniereiche.  
HZBl. 91/58

# **Einfluss der waldbaulichen Behandlung und der Holznutzung auf den Nährstoffhaushalt von Traubeneichenökosystemen**

**Joachim Block<sup>1</sup>, Julius Schuck<sup>1</sup> und Thomas Seifert<sup>2</sup>**

## **Abstract**

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

**Effects of forest management and wood harvest on the nutrient balances of sessile oak ecosystems.**

Conservation of the ecosystemic nutrient potential is a basic precondition for sustainable forest management as set out in forest legislation and certification systems. Especially on poor sites, nutrient export by harvest of wood or woody biomass represents a relevant objective in nutrient balances of forest ecosystems. Nutrient removal becomes even more important for the nutrient balance of the ecosystem in the course of the current issues of increasing wood harvest intensity for the substitution of fossil fuels.

The project „Nutrient removal by wood harvest and its effects on nutrient budgets of poor sites“ aims at a flexible calculation of nutrient export related to stand management intensities and harvesting operations for the poor forest sites of Rhineland-Palatinate. The integration of the calculated nutrient export into input/output balances allows for predicting risks for sustainable nutrient supply depending on forest management activities.

This study is focusing on results of a mixed stand of sessile oak [*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.] with European beech [*Fagus sylvatica* L.] on sites of Triassic sandstone in the Palatinate Forest, Germany.

The calculation of biomass and nutrient removals, according to variables thinning degree and biomass utilization, is based on scenario simulations with the growth simulator SILVA. Therefore the growth models of SILVA were adjusted to reflect tree growth of oak with beech for typical sites of Triassic sandstone in the Palatinate Forest. Furthermore, SILVA was extended to estimate biomass and nutrient content in several aboveground tree compartments. Two stands of different age formed the data base for this study. Stand and tree structure as well as biomass and nutrient distribution were the main variables of interest.

Finally, the combined results of five different thinning scenarios and four different harvesting options have been integrated into the input/output balance of the EU - Level II research area 705 (198 years old stand of sessile oak with European beech, Triassic sandstone).

---

<sup>1</sup> Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München

The results show that most of the biomass is distributed to the stem. In contrary to biomass, the nutrient content in the crown compartments was far more important. Furthermore, in the younger sample stand a high proportion of nutrients was located in the understory and intermediate beech trees.

The nutrient contents of potassium, calcium and magnesium, which are accumulated in the woody biomass, often exceed the amount of available soil nutrients in the older stand.

The comparison of thinning variants with the same utilization intensities demonstrated that the unthinned A-grade showed the highest nutrient removals, and the target tree thinning variant had the lowest export, respectively. However, the differences between the thinning variants were found to be rather small, considering differences of 21-25 % in total nutrient export.

But if the focus is changed from thinning system to utilization intensity, the nutrient removals show a distinct difference. Nutrient export of a careful wood utilization was determined to be about two thirds lower in comparison to conventional utilization that includes industrial and fire wood. The intensive biomass utilization variant resulted in a nutrient export which was higher by one third to half than the one for the conventional variant. On closer inspection of the input/output of those forest ecosystems, the balance of the element magnesium most probable will become negative, even without any wood utilization. Additionally, these sites will already have a negative calcium balance if the wood utilization is low. Further on, the analysis of nutrient balance revealed a net export of potassium and phosphorus if an intensive biomass utilization was applied. The annual losses of calcium and potassium amounted to 3 % of the available soil nutrient content. So, the output over a whole production period exceeded the soil storage capacity many times over. On the other hand none of the utilization intensities affected the positive net balance of nitrogen.

According to these results, poor sites need compensatory measures to ensure nutrient sustainability. In this context liming or recycling of wood ash may be an approach to solve the conflict between sustainability and wood utilization. The approach of a sustainable circular flow economy requires a thorough investigation in the future.

In order to sustain balanced nutrient contents in oak dominated forest stands on Triassic sandstone, the results of this study strongly suggest that whole-tree harvesting (also without leaves) in the course of forest fuel extraction should be restricted to one whole-tree harvest per rotation period in stand age 40-60 years. In older stands, the extraction of twig biomass should be avoided.

## 1. Einleitung

Die in den Ökosystemen gespeicherten Nährstoffvorräte sind neben dem Wasser- und Wärmeangebot des Standorts entscheidend für das Wachstum und den Ertrag der Waldbestände. Sie sind daher ein sehr bedeutsamer Teil des Produktionskapitals, das es uneingeschränkt zu erhalten gilt. Die auf vielen Standorten immer noch andauernden Folgewirkungen früherer Übernutzungen zum Beispiel durch Streunutzung, Plaggenhiebe und Waldweide zeigen, welche gravierende und langfristige Beeinträchtigungen der Waldwirtschaft durch einen allzu sorglosen Umgang mit den Nährstoffvorräten der Ökosysteme entstehen können (u.a. WITTICH 1954, KREUTZER 1972, 1979).

Veränderungen in den ökosystemaren Nährstoffvorräten erfolgen meist schleichend und lassen sich über Inventuren nur ungenau und auch nur über sehr lange Zeiträume erfassen. Daher werden als Indikatoren für Veränderungen Eintrags-/Austragsbilanzen verwendet (u. a. ULRICH 1975, ULRICH et al. 1979). Als Eintrag werden die Freisetzung von Nährstoffen über die Mineralverwitterung, die atmogene Stoffdeposition und gegebenenfalls die Zufuhr von Nährstoffen über Kalkung, Ascherückführung oder Düngung betrachtet. Als Austräge werden in die Bilanzen die Auswaschung mit dem Sickerwasserfluss und der Export von Nährstoffen mit der Holz- bzw. Biomassenutzung einbezogen. Über lange Zeiträume wie z.B. eine Umtriebszeit betrachtet, sollten die Nährstoffbilanzen in etwa ausgeglichen sein. Ansonsten besteht bei defizitären Bilanzen die Gefahr einer Nährstoffverarmung, bei Überschüssen z.B. beim Stickstoff das Risiko einer unerwünschten Eutrophierung.

Der Nährstoffhaushalt der Waldökosysteme wird auf der Eintragsseite durch die atmogene Deposition beeinflusst. Auch auf der Austragsseite wirkt die Deposition von Luftverunreinigungen indirekt über Bodenversauerung und Zufuhr mobiler Anionen, die zu einer Verstärkung der Nährstoffauswaschung mit dem Sickerwasser beitragen (u.a. BREDEMEIER 1987, ULRICH 1987, 1988). Die waldbauliche Behandlung beeinflusst über Baumartenwahl, Mischungsanteile, Bestandesstruktur sowie Häufigkeit und Intensität der Eingriffe sowohl die atmogene Deposition als auch die Sickerraten und den Nährstofftransport mit dem Sickerwasserfluss. Da mit jeder Holz- und Biomassenutzung dem Ökosystem auch Nährstoffe entzogen werden, ist die Intensität der Biomassenutzung eine zu beachtende Einflussgröße.

Bereits in den 1970er Jahren wurde auf die Bedeutung des Nährstoffexports mit der Holzernte für die langfristige Entwicklung der Leistungsfähigkeit der Waldstandorte hingewiesen (ULRICH 1972, ULRICH et al. 1975, KREUTZER 1979). Nachdem diese Problemstellung wohl auch wegen der vergleichsweise extensiven Holznutzung in den 1980er und 1990er Jahren in

Vergessenheit geriet, mehrten sich seit Ende der 1990er Jahre wieder die Hinweise auf defizitäre Nährstoffbilanzen. FICHTER et al. (1997) fanden bei Untersuchungen des Basenkationenhaushalts im Strengbach-Einzugsgebiet in den Vogesen, dass beim Calcium die Freisetzung durch die Mineralverwitterung über eine Umtriebszeit betrachtet weder bei Fichten- noch bei Buchenbestockung ausreicht, die Entzüge durch die Holzernte und die Auswaschung mit dem Sickerwasser zu kompensieren. Zu einem ähnlichen Befund kamen auch RADEMACHER et al. (1999) bei der Untersuchung der Nährstoffbilanz von Kiefernbeständen auf ärmeren pleistozänen Sanden in Niedersachsen. Über die Umtriebszeit ergab sich ein deutliches Bilanzdefizit vor allem beim Calcium. BECKER et al. (2000) kalkulierten an 45 Level II-Standorten in Deutschland mit Hilfe des Stoffhaushaltsmodells PROFILE die Freisetzungsraten von basischen Kationen durch die Mineralverwitterung und verglichen diese Rate mit der ebenfalls mit Hilfe des Modells geschätzten Aufnahme rate dieser Kationen in den Derbholzzuwachs. An 39 der 45 Standorte überstieg die langfristige Calciumaufnahme die Freisetzung durch die Mineralverwitterung. Bei den essentiellen Nährelementen Magnesium und Kalium waren jeweils an 12 Standorten die kalkulierten Aufnahme raten nicht durch eine entsprechende Verwitterungsrate gedeckt. Die langfristige Nährstoffversorgung ist an diesen Standorten demnach nur bei entsprechend hoher atmosphärischer Deposition dieser Elemente oder durch entsprechende Düngungsmaßnahmen gewährleistet.

Es liegen demnach gewichtige Hinweise vor, dass die mit der Holzernte verbundenen Nährstoffentzüge auf armen Standorten schon bei herkömmlicher Holznutzung Risiken für die Nachhaltigkeit des Nährstoffhaushalts bergen. Die seit wenigen Jahren boomende Nachfrage nach dem Öko-Rohstoff Holz hat bereits vielfach zu einer intensivierten Nutzung geführt. Hierbei werden verstärkt auch Holzsortimente, die bislang im Wald verblieben, und teilweise auch Reisigmaterial für energetische Zwecke entnommen. Dies führt zu einer Zunahme der Bedeutung der Bilanzgröße „Nährstoffexport mit der Holzernte“. Eine angemessene Nutzung des Waldes ist nicht nur aus wirtschaftlicher, sondern auch aus ökologischer und gesellschaftlicher Sicht anzustreben. So sollte der Wald und die Forstwirtschaft einen aktiven Beitrag beim Ersatz fossiler Brennstoffe durch regenerative Energieträger und zum Klimaschutz durch Senkung der Netto-CO<sub>2</sub>-Freisetzung leisten. Allerdings ist hierbei grundsätzlich die Nachhaltigkeit einzuhalten. Dies schließt auch und insbesondere die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung unserer Wälder ein. Dieser Forderung gerecht zu werden, setzt umfassende Kenntnisse zum Einfluss der forstlichen Bewirtschaftung und der Nutzungsintensitäten auf den Nährstoffhaushalt der

Waldökosysteme voraus. Für die in Rheinland-Pfalz vorherrschenden Standorte lagen derartige Informationen bisher nicht vor. Auch sind die bislang angewandten Methoden nicht geeignet, mit hinreichender Flexibilität die sich in Abhängigkeit von der Marktsituation rasch ändernden Nutzungsintensitäten abzubilden.

## **2. Ziele**

Die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz führt seit 2001 in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der TU München ein Projekt mit dem Titel „Nährstoffentzüge durch die Holzernte und ihr Einfluss auf den Nährstoffhaushalt armer Waldstandorte“ durch. Es dient der Schaffung fundierter Grundlagen zur Herleitung der Nährelemententzüge und deren Bedeutung für den Nährstoffhaushalt von möglichen Risikostandorten in Rheinland-Pfalz. Ermöglicht werden soll eine flexible Kalkulation der Nährelemententzüge bei unterschiedlicher Waldbehandlung und unterschiedlichen Nutzungsintensitäten. Durch Einbindung der kalkulierten Ernteentzüge in ökosystemare Input/Output-Bilanzen soll geprüft werden, in wie weit und bei welcher Waldbehandlung und Nutzungsstrategie die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung langfristig gefährdet sein kann. Aus den Befunden sollen konkrete Vorschläge zur Ausrichtung der waldbaulichen Behandlung und der Holzernte auf ein nachhaltiges Nährstoffmanagement armer Waldstandorte abgeleitet werden.

Die Bedeutung der mit der Holzernte verbundenen Nährstoffentzüge steigt mit zunehmender Basenarmut und abnehmenden Anteilen verwitterbarer Minerale im Boden (vgl. KREUTZER 1979). Zu den potentiellen Risikostandorten zählen die vornehmlich im Pfälzerwald, aber auch in anderen Landesteilen weit verbreiteten Böden aus Mittlerem Buntsandstein (BLOCK et al. 1996). Große Anteile dieser Böden sind mit Traubeneichenbeständen, meist mit Buchenunterstand, bestockt. Sie dienen der Wertholzproduktion und sind somit von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Nachfolgend werden die bisherigen Befunde des o.a. Projekts für Traubeneichenökosysteme auf Mittlerem Buntsandstein vorgestellt und diskutiert.

## **3. Untersuchungsbestände und Methodik**

### **3.1 Methodischer Ansatz**

Der Zielsetzung entsprechend, eine flexible Kalkulation der Biomasse- und Nährstoffentzüge bei unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung und unterschiedlicher Nutzungsintensität zu ermöglichen, war eine Methodik zu entwickeln, die in der Lage sein sollte, ein breites Spektrum gängiger waldbaulicher Verfahren abzubilden, auch für Mischbestände anwendbar



ist und lange Zeiträume bis hin zu einer Umtriebszeit abdecken kann. Zudem sollte das Verfahren die Biomasse und die Nährstoffvorräte in der Biomasse nach Baumkompartimenten aufschlüsseln, damit diverse Erntevarianten nachgebildet werden können. Einbezogen werden sollten die wichtigen Nährelemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium. Derart flexible Kalkulationen erschienen nur über den Einsatz eines Waldwachstumssimulators erreichbar. Eingesetzt wurde der einzelbaumbezogene Waldwachstumssimulator SILVA (PRETZSCH et al. 2002). Dieser wurde um zusätzliche Module erweitert, mit deren Hilfe die Biomasse und die Nährstoffgehalte in verschiedenen Baumkompartimenten geschätzt werden können (SEIFERT et al. 2006). Auf diesem Wege lassen sich über Szenariorechnungen unterschiedliche waldbauliche Behandlungen und Ernteverfahren vergleichen. Die Bewertung der kalkulierten Nährstoffentzüge erfolgt vor allem durch Einbindung der Befunde in Input-/Output-Bilanzen der Intensivuntersuchungsflächen des Forstlichen Umweltmonitorings in Rheinland-Pfalz (BLOCK 1995).

### **3.2 Untersuchungsbestände, Probebaumauswahl sowie Mess- und Beprobungskonzept**

Als Datengrundlage wurden umfangreiche Biomassestudien in gebietscharakteristischen Beständen in Rheinland-Pfalz durchgeführt. Für die Traubeneiche erfolgten die Aufnahmen und Beprobungen in zwei unterschiedlich alten Beständen (Tab. 1). Der jüngere Bestand ist ein zum Beerntungszeitpunkt im Jahr 2001 64-jähriges schwaches Traubeneichenbaumholz mit ca. 35-jährigem Buchenunter- und zwischenstand, in dem seit 1989 ertragskundliche Versuche durchgeführt werden (vgl. DONG et al. 2007, Fläche 318/A/013). Der ältere Untersuchungsbestand ist ein im Beerntungsjahr 2002 198-jähriges Traubeneichenbaumholz mit hoher Wertleistungserwartung mit einem ca. 95-jährigem Buchenunter- und Zwischenstand. Dieser Untersuchungsbestand beherbergt seit 1986 eine umfassend ausgestattete EU-Level II-Fläche (SCHRÖCK et al. 1998). Daher liegen für dieses Ökosystem 20 Jahre zurück reichende Messdaten zum Wasser- und Stoffhaushalt vor. Dieser Bestand stockt auf einer schwach podsoligen Braunerde aus Sand über der Karlstal-Felszone des Mittleren Buntsandsteins. Die Basensättigung liegt im gesamten Bodenprofil bis 90 cm Tiefe unter 10%. Dem entsprechend sind die Bodenvorräte an austauschbarem Calcium, Kalium und Magnesium sehr gering (Tab. 2). Der jüngere Bestand stockt auf einer Podsol-Braunerde aus Sanden über den Rehbergsschichten des Buntsandsteins. Aus dem jüngeren Bestand liegen zwei Profilbeschreibungen von STAAP aus dem Jahr 1989 und eine weitere von GAUER aus dem Jahr 2005 vor. Während die älteren Profile bis 1 m Bodentiefe ausschließlich

grusführenden Sand erfassten, fiel das jüngere Profil auf einen Bereich mit einer Basislage aus grusführendem Lehm unterhalb von 35 cm Bodentiefe. Im Gegensatz zu den älteren Profilen, bei denen die Basensättigung unterhalb des A-Horizonts zwischen 10 und 20% verharret, steigt die Basensättigung im jüngeren Profil ab 60 cm Bodentiefe auf 80%. Dem entsprechend variieren die Bodenvorräte an austauschbarem Calcium, Kalium und Magnesium an diesem Standort beträchtlich (Tab. 2).

**Tab. 1: Charakteristika der beiden Traubeneichen (-Buchen)-Beprobungsbestände**

Flächennummer	Forstamt	Revier	Waldbesitzer	Waldort	Hochwert	Rechtswert
318/A/013	Kaiserslautern	Waldleiningen	Staat	III 5c <sup>2</sup>	5473595	3421603
EU LEVEL II 04/0705	Hinterweidenthal	Gräfenstein	Staat	I 10a	5460147	3413491

Höhe ü. NN	Hauptbaumart	Nebenbaumart	Jahr der Bestandesgründung	Ertragsklasse (Jüttner)	Vorrat [Vfm]
422	TrEi	Bu	1937	Eiche: 1,2	TrEi 195 Bu 8
520	TrEi	Bu	1804	Eiche: 1,2	TrEi 396 Bu 50

**Tab. 2: Nährstoffvorräte in Humusauflage und Mineralboden beider Untersuchungsbestände**  
(k.A.: keine Angabe)

		N [t/ha]	P	K	Ca	Mg
		[kg/ha]				
Level II 705	Humusauflage	0,2	14	31	80	18
	Mineralboden 0 - 90 cm	5,9	1687	267	76	29
318/A/013 Profil 1 (1989)	Humusauflage	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Mineralboden 0 - 100 cm	2,6	422	311	159	32
318/A/013 Profil 2 (1989)	Humusauflage	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Mineralboden 0 - 90 cm	2,5	596	198	35	25
318/A/013 Profil 3 (2005)	Humusauflage	0,8	44	26	362	120
	Mineralboden 0 - 120 cm	2,6	2146	538	4544	1976

Aus jedem Untersuchungsbestand wurden je 15 Eichen und 10 unter- und zwischenständige Buchen ab BHD 7 cm über die gesamte Durchmesservertelung mit einem Schwerpunkt bei den stärkeren Bäumen als Probebäume ausgewählt (Tab. 3). Die Durchmesserspannen der Probebäume beider Bestände überlappen sich.

**Tab. 3: Charakteristika der Beprobungsbäume (Traubeneiche)**

a) Bestand 318/A/013

<b>BHD</b> [cm]	<b>g</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Bkl.</b>	<b>KA</b> [m]	<b>KS</b> [m]	<b>h</b> [m]	<b>h/d - Wert</b>	<b>KB</b> [m]	<b>KSF</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>KL</b> [m]	<b>Kr %</b> [%]	<b>KI</b>	<b>PG</b>	<b>AV</b>	<b>SP</b>
9,8	0,008	4	8,8	10,5	11,1	113	2,9	6,5	2,3	21	0,8	1,27	29,5	0,26
12,0	0,011	4	9,4	14,4	16,1	134	2,1	3,6	6,7	42	3,1	0,32	17,7	0,13
12,9	0,013	3	11,1	14,5	15,7	122	4,1	13,2	4,6	29	1,1	0,89	31,8	0,26
14,7	0,017	3	13,9	18,7	20,5	139	1,8	2,6	6,7	32	3,7	0,27	12,4	0,09
16,7	0,022	2	15,9	19,1	21,7	130	3,1	7,7	5,8	27	1,8	0,54	18,8	0,14
19,2	0,029	1	10,7	19,1	21,6	112	4,8	17,8	10,9	50	2,3	0,44	24,8	0,22
20,7	0,034	1	13,7	20,1	22,7	110	4,2	14,1	9,0	40	2,1	0,47	20,4	0,19
23,3	0,043	2	13,5	20,2	22,9	98	4,5	15,8	9,5	41	2,1	0,47	19,2	0,20
25,2	0,050	1	14,7	18,3	24,1	96	4,8	18,0	9,4	39	2,0	0,51	19,0	0,20
27,9	0,061	2	14,1	20,5	24,9	89	5,2	21,3	10,8	43	2,1	0,48	18,7	0,21
28,9	0,066	1	7,6	19,5	23,3	81	6,4	32,4	15,7	67	2,4	0,41	22,2	0,28
30,0	0,071	2	12,0	21,6	24,7	82	5,5	23,8	12,7	51	2,3	0,43	18,4	0,22
30,5	0,073	1	15,0	21,6	24,9	82	6,0	27,9	10,0	40	1,7	0,60	19,6	0,24
31,5	0,078	1	12,3	20,0	23,9	76	6,8	35,9	11,6	49	1,7	0,58	21,5	0,28
33,0	0,086	1	9,8	19,4	25,2	76	5,9	27,1	15,4	61	2,6	0,38	17,8	0,23

BHD = Brusthöhendurchmesser

g = Kreisfläche

Bkl. = Baumklasse nach KRAFT

KA = Kronenansatz

KS = Kronenschwerpunkt

h = Baumhöhe

KB = Kronenbreite

KSF = Kronenschirmfläche

KL = Kronenlänge

Kr % = Kronenprozent

KI = Kronenindex = Kronenverhältnis = Kronenbreite / BHD

PG = Plumpeitsgrad = Kronenbreite / Kronenlänge

AV = Ausladungsverhältnis = Kronenbreite / BHD

SP = Spreitungsgrad = Kronenbreite / Baumhöhe

b) EU-Level II-Fläche 705

<b>BHD</b>	<b>g</b>	<b>Bkl.</b>	<b>KA</b>	<b>KS</b>	<b>h</b>	<b>h/d - Wert</b>	<b>KB</b>	<b>KSF</b>	<b>KL</b>	<b>Kr %</b>	<b>KI</b>	<b>PS</b>	<b>AV</b>	<b>SG</b>
[cm]	[m <sup>2</sup> ]		[m]	[m]	[m]		[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[%]				
32,4	0,082	3	18,2	23,9	27,2	84	4,1	13,3	9,0	33	2,2	0,46	12,7	0,15
32,7	0,084	2	17,1	21,2	26,7	82	3,8	11,5	9,6	36	2,5	0,40	11,7	0,14
33,1	0,086	3	18,7	23,2	25,1	76	3,3	8,7	6,4	25	1,9	0,52	10,1	0,13
35,3	0,098	3	17,2	22,1	24,9	71	2,9	6,5	7,7	31	2,7	0,37	8,1	0,12
38,5	0,116	2	12,0	25,6	27,7	72	5,9	27,5	15,7	57	2,7	0,38	15,4	0,21
44,6	0,156	2	16,7	22,6	28,9	65	6,7	35,3	12,2	42	1,8	0,55	15,0	0,23
44,8	0,158	2	15,6	24,2	27,2	61	8,4	55,1	11,6	43	1,4	0,72	18,7	0,31
45,2	0,160	2	8,0	18,9	24,9	55	7,7	46,1	16,9	68	2,2	0,45	17,0	0,31
47,6	0,178	2	16,8	22,2	24,8	52	7,5	44,4	8,0	32	1,1	0,94	15,8	0,30
53,3	0,223	1	20,3	27,1	33,7	63	6,8	36,8	13,4	40	2,0	0,51	12,9	0,20
57,0	0,255	2	14,0	27,5	30,3	53	8,0	49,7	16,3	54	2,1	0,49	14,0	0,26
58,0	0,264	2	16,7	24,0	30,7	53	7,9	48,9	14,1	46	1,8	0,56	13,6	0,26
60,8	0,290	1	16,4	20,0	29,0	48	12,4	119,9	12,6	43	1,0	0,98	20,3	0,43
77,1	0,467	1	9,0	23,4	32,7	42	12,2	117,4	23,7	72	1,9	0,52	15,9	0,37
77,1	0,467	1	8,6	24,4	30,0	39	14,3	160,9	21,4	71	1,5	0,67	18,6	0,48

BHD = Brusthöhendurchmesser

g = Kreisfläche

Bkl. = Baumklasse nach KRAFT

KA = Kronenansatz

KS = Kronenschwerpunkt

h = Baumhöhe

KB = Kronenbreite

KSF = Kronenschirmfläche

KL = Kronenlänge

Kr % = Kronenprozent

KI = Kronenindex = Kronenverhältnis = Kronenbreite / BHD

PG = Plumpeitsgrad = Kronenbreite / Kronenlänge

AV = Ausladungsverhältnis = Kronenbreite / BHD

SP = Spreitungsgrad = Kronenbreite / Baumhöhe

In allen beprobten Beständen wurden auf 0,25 bis 0,5 ha großen Probeflächen Stammfußkoordinaten,

Brusthöhendurchmesser und stich-probenartig Baumhöhen erfasst. Die Konkurrenzsituation der Probebäume wurde nach einem Konkurrenzgruppenkonzept (SEIFERT et al. 2003) aufgenommen, wobei die Baumdimensionen und Kronenprojektionen des Probebaums und der Bäume in der unmittelbaren Umgebung gemessen wurden. Es wurden Brusthöhendurchmesser, Höhe, Kronenansatz-höhe, Kronenprojektion sowie die Höhe der breitesten Stelle der Krone aufgenommen. Anschließend wurden die



Foto 1: Beerntung am stehenden Baum

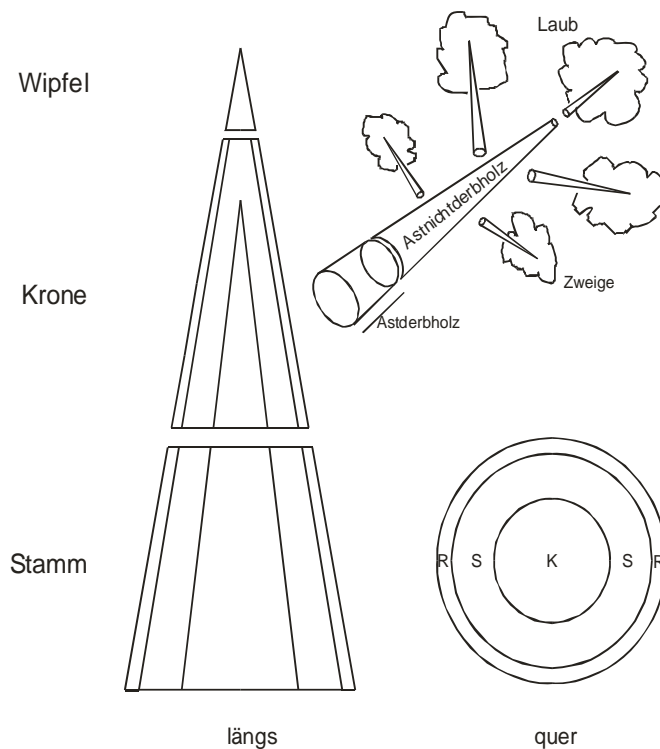
Probebäume gefällt. Da die Kronen stärkerer Bäume beim Fallen häufig zerschmettert werden, wurden starke Bäume erst nach einer Beerntung der Äste am stehenden Baum durch Baumsteiger gefällt (Foto 1). Nach der Fällung wurde das gesamte Derbholz des Baumes



Foto 2: Probenahme im Bestand 318/A/013

sektionsweise vermessen und größtenteils direkt vor Ort beprobt (Foto 2). Bei der Vermessung wurde der Schaft in zwei Meter lange Sektionsstücke unterteilt. 1m oberhalb des Fällschnitt, in der Mitte des Stammes, 1m unterhalb und oberhalb des Kronenansatz, in der Kronenmitte und 1m unterhalb der Kronenderbholzgrenze wurden Baumscheiben für die chemischen Analysen gewonnen. An den Stammscheiben erfolgten zudem Messungen zum Kernholzdurchmesser und zur Rindenstärke. Für alle Äste wurden Astansatzhöhe, Astdurchmesser und Rindenstärke gemessen. Beprobt

wurde jeder dritte vom Schaft abgehende Ast, wobei die Probeäste gleichmäßig über die Himmelsrichtungen ausgewählt wurden. Die Frisch- und Trockengewichtsbestimmung erfolgten nur für die Probeäste. Bei der sektionsweisen Vermessung des Astderbholzes wurde die Einteilung des Kronenderbholzes in Kern, Splint und Rinde beibehalten. Abbildung 1 enthält eine Übersicht über die bei der chemischen Analyse und der Massenbestimmung differenzierten Baumkompartimente.



**Abb. 1: Gliederung des Baums in Kompartimente. Die Stammachse wurde am Kronenansatz in Krone (oberhalb) und Stamm (unterhalb) geteilt. Die Derbholzgrenze teilt Wipfel und Krone. Alle Derbholzteile inklusive des Astholzes wurden in Rinde (R) und Holz und bei Bäumen mit Farbkern zusätzlich in Splint (S) und Kern (K) differenziert. Astnichtenholz und Zweige wurden mit Rinde erfasst.**

Zur Ermittlung der Rindenmasse wurde die entrindete Holzoberfläche der Stammscheiben bestimmt und die Frisch- und Trockenmasse pro cm<sup>2</sup> ermittelt. Die Raumdichtemessung der Holzproben von Stamm und Ästen wurde am Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg durchgeführt. Für jeweils vier Stammscheiben eines jeden Probebaumes, die aus dem Stamm- und Kronenbereich des Schaftes (1 m oberhalb Fallschnitt, 1 m unterhalb und oberhalb des Kronenansatzes und 1 m unterhalb der Kronenderbholzgrenze) gewonnen wurden, wurde die spezifische Raumdichte bei 105 °C ermittelt. Die chemische Analyse erfolgte durch die Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUF) Speyer entsprechend der Empfehlung des Handbuchs Forstliche Analytik (KÖNIG et al. 2006) an bei max. 60 °C getrockneten Proben.

### **3.3 Simulationsmethodik**

Die plausible Nachbildung der Nährstoffentzüge bei unterschiedlichen waldbaulichen Varianten und Nutzungsvorgaben stellte folgende Anforderungen an die Szenariosimulation:

- (1) Das Wachstum unter den örtlichen Bedingungen sollte plausibel abgebildet werden. Die Szenariosimulation sollte dabei eine ganze Umtriebszeit umfassen und damit deutlich über typische Prognosezeiträume von 20-50 Jahren hinausgehen.
- (2) Ein weites Behandlungsspektrum mit unterschiedlichen Durchforstungsverfahren sollte verglichen werden. Die Nachbildung definierter praxisüblicher Verfahren besaß dabei Priorität.
- (3) Zur flexiblen Berechnung der Ernteentzüge sollten die Nährstoffgehalte gemäß den gewonnenen Daten getrennt nach Baumkompartimenten simuliert werden. Nur durch diese Aufteilung lassen sich unterschiedliche Nutzungsszenarien flexibel vergleichen.

#### **(1) Anpassung der Wachstumsfunktionen**

Die Funktionen zur Beschreibung des standorttypischen Wachstums in SILVA wurden speziell für die örtlichen Verhältnisse auf den Buntsandsteinstandorten in Rheinland-Pfalz evaluiert und adjustiert. Als Datengrundlage wurden ertragskundliche Versuchsflächen und Level II-Flächen der FAWF sowie Versuchsflächen des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der TU München herangezogen. Insbesondere das Durchmesserwachstum, die Grundflächen- und Volumenleistung sowie die Stammzahlentwicklung wurden evaluiert und angepasst. Vor allem die extrem lange Simulationsdauer von mehr als 150 Jahren machte einige Modifikationen am SILVA-Mortalitätsmodell notwendig, um einer vorzeitige Strukturänderung oder Entmischung des simulierten Bestandes aufgrund von unplausiblen Mortalitätsraten einzelner Baumarten oder Baumklassen vorzubeugen.

#### **(2) Anpassung des Durchforstungsmoduls**

Die Simulation zweischichtiger Mischbestände nach differenzierten waldbaulichen Vorgaben erforderte weitere Anpassungen des Waldwachstumssimulators SILVA. Vor allem die Nachbildung der Niederdurchforstung bereitete anfangs unerwartete Probleme, da es in SILVA 2.2 nicht möglich war, Unterstand und Oberstand unterschiedlich zu behandeln. Die Durchforstungsalgorithmen eliminierten daher folgerichtig bei der Niederdurchforstung stets die unterständigen Buchen. Gelöst wurde das Problem, indem ein baumartspezifischer Algorithmus integriert wurde, der den Buchenunterstand so lange schont,

bis die Unterständer einen kritischen Höhenwert in Abhängigkeit von der Oberhöhe erreichen und man annehmen kann, dass sie Konkurrenten der Eichen im Kronenraum werden.

Eine weitere methodische Klippe, die es zu umschiffen galt, war die differenzierte waldbauliche Nachbildung der Waldbaukonzepte, die praxisüblichen Varianten in Rheinland-Pfalz möglichst nahe kommen sollten. Dies beinhaltete gestaffelte Z-Baum-Varianten mit unterschiedlichen Eingriffsstärken je nach Wachstumsphase und die abschließende Zielstärkennutzung bei allen Durchforstungen (vgl. DONG et al. 2007). Die waldbaulichen Konzepte gaben bis zu drei Durchforstungsphasen vor (vgl. Tabelle 5 in Kap. 3.4).

Nachdem SILVA 2.2 zwar drei unterschiedliche Durchforstungstypen pro Rechenlauf erlaubt, aber keine Änderung der Anzahl der zu entnehmenden Bedränger zwischen den Varianten zulässt, wurde zum Teil in zwei Schritten gerechnet. Im Zuge der Rechnungen zeigte sich auch, dass einige Optimierungen am Algorithmus für die Z-Baum-Auswahl nötig waren.

### **(3) Erstellung der Biomassefunktionen**

Die differenzierte Schätzung der Nährstoffvorräte nach Baumkompartimenten erforderte eine Erweiterung von SILVA, um diese Baumkompartimente einzeln nachbilden zu können. Da davon ausgegangen werden kann, dass die Biomasseallokation weit weniger stark standörtlich bestimmt ist als die Nährstoffgehalte in den einzelnen Baumteilen, werden die Nährstoffvorräte in der Simulation für jedes Kompartiment als Produkt aus Biomasse und Nährstoffmenge nach Formel 1 ermittelt.

$$\text{Nährstoffvorrat [kg]} = \text{Nährstoffgehalt [g/kg]} \cdot \text{Trockenmasse [kg]} \quad \text{Formel 1}$$

Diese Methodik der getrennten Berechnung von Biomasse und Nährstoffgehalt hat den Vorteil, dass sich standortspezifische Nährstoffgehalte mit generalisierbaren Biomasseberechnungen verschneiden lassen.

Zur Biomasseschätzung werden allometrische Funktionen mit einer geometrischen Berechnung von Stammvolumina kombiniert. Für die Kompartimente Zweige, Astnichtderbholz, Astderbholz (getrennt in Rinde, Splint und Kern) sowie den Stamm oberhalb des Kronenansatzes, der ebenso wie das Astderbholz unterteilt wird, kommen allometrische Funktionen zum Einsatz. Auf Basis des von SILVA ermittelten Derbholzvolumens wird nach Formel 2 die jeweilige Biomasse eines Kompartiments geschätzt.



$$\ln(\text{Biomasse}) = a + b \cdot \ln(\text{Derbholzvolumen}) \quad \text{Formel 2}$$

Die allometrischen Funktionen zeigen durchweg sehr hohe Bestimmtheitsmaße (SEIFERT et al. 2006).

Der Stammanteil unterhalb des Kronenansatzes, der den größten Teil der Biomasse beinhaltet, wird differenzierter nach einem geometrischen Verfahren ermittelt. Dazu wird der Stamm sektionsweise in 0,5 m lange Stücke unterteilt. Die Stammform wird dabei unter Nutzung der Funktionen des in SILVA integrierten Programms BDAT (KUBLIN und SCHARNAGL 1988) hergeleitet. Für jedes Teilsegment werden geometrisch die Volumina der Rinde sowie die des Splint- und Kernholzes bestimmt. Für die Schätzung des Rindenvolumens bzw. der Rindenbiomasse sowie zur Schätzung des Kernholzes wurden nichtlineare Regressionsmodelle angepasst.

Über Formel 3 wird durch Multiplikation der ermittelten Volumengrößen mit der Raumdichte für jedes Stammsegment die Biomasse ermittelt.

$$\text{Biomasse [kg]} = \text{Volumen [m}^3\text{]} \cdot \text{Raumdichte [kg/m}^3\text{]} \quad \text{Formel 3}$$

Diese Art der Biomassenermittlung besitzt den Vorzug, dass wachstumsbedingte Unterschiede in der Holzdicke explizit berücksichtigt werden. Durch die Sektionierung des Stamms bei der Simulation können räumliche Änderungen der Holzdicke entlang der Stammachse oder unterschiedliche Anteile an Splint, Kern und Rinde in die Berechnung eingehen. Somit ist eine plausible Schätzung der Biomasse und der Nährstoffvorräte bei unterschiedlicher Behandlung sichergestellt.

Zur Abbildung der genannten Dichteunterschiede in Abhängigkeit der Behandlung wurde ein nichtlineares Regressionsmodell erstellt, das die Raumdichte von Eichenholz in Abhängigkeit von der Jahrringbreite schätzt und so Behandlungseffekte berücksichtigt.

### **3.4 Durchforstungsszenarien**

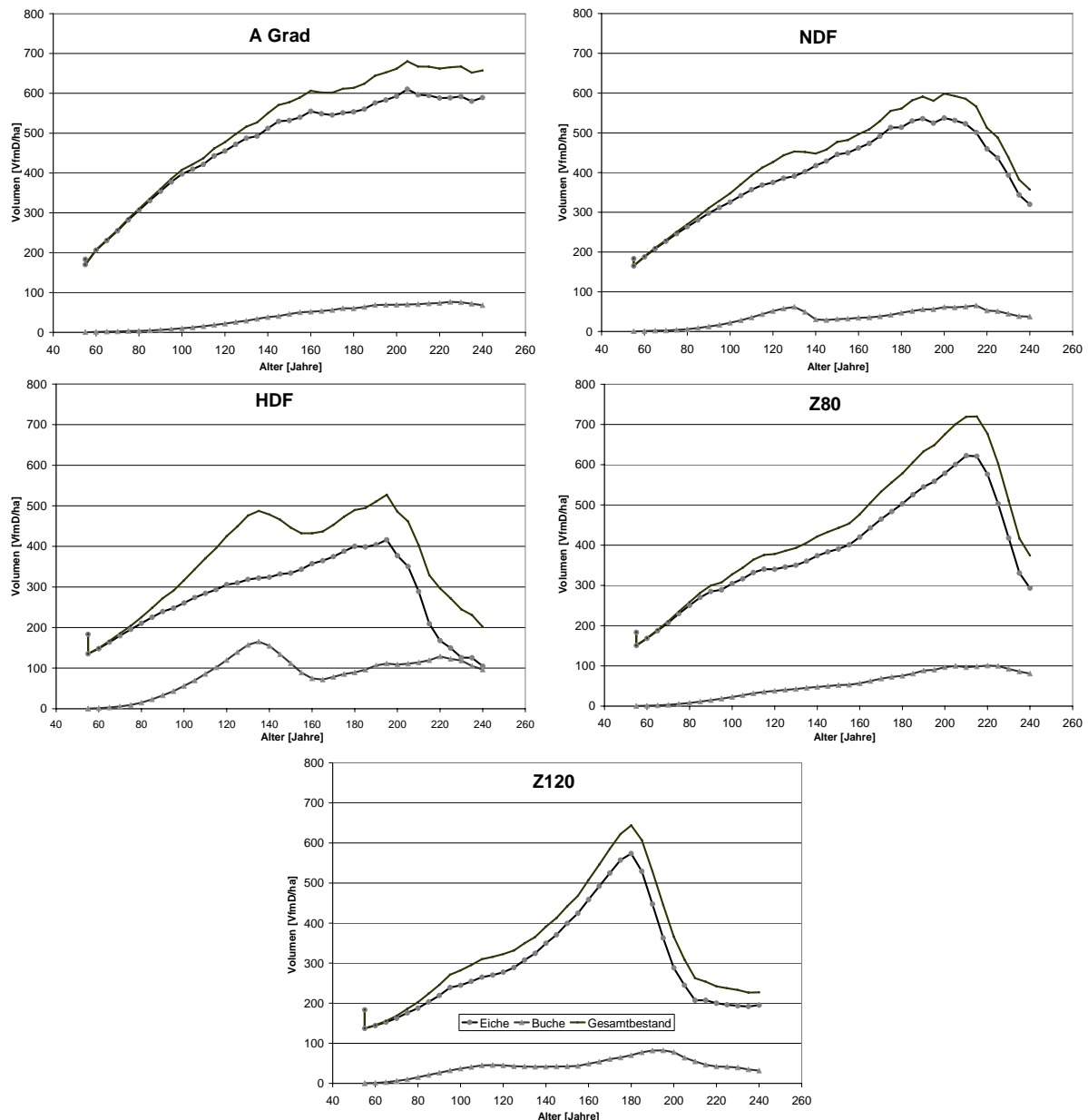
Als Ausgangsbestand für die Szenariorechnung wurde ein 55-jähriger Traubeneichenbestand mit 25-jährigem Buchenunterstand gewählt. Die standortbedingte Höhenwuchsleistung der Traubeneiche sollte der Ertragsklasse I.0 nach JÜTTNER, die der Buche der II.5 Ertragsklasse nach SCHÖBER entsprechen. Die Bestandesentwicklung wurde um 185 Jahre fortgeschrieben. Im Vergleich wurden eine klassische Niederdurchforstung (NDF), eine etwas stärkere Hochdurchforstung (HDF) und zwei Z-Baum-Varianten mit unterschiedlichen Z-Baumzahlen

(Z80; Z120) der undurchforsteten Referenz (A-Grad) gegenüber gestellt (Tab. 4). Dieses breite Behandlungsspektrum erlaubte die Betrachtung des Behandlungseffektes auf den Nährstoffentzug, der neben der Wahl der entzogenen Biomassekompartimente im Zuge der Holzernte Gegenstand der Untersuchung war.

**Tabelle 4: Vorgegebene Durchforstungsszenarien**

	<b>NDF</b>	<b>HDF</b>	<b>Z80</b>	<b>Z120</b>
<b>DF-Phase 1</b>	<b>NDF</b>	<b>HDF</b>	<b>Z-Baum-DF</b>	<b>Z-Baum-DF</b>
<b>Eiche</b>	nach G-Leitkurve	nach G-Leitkurve	mit 2,0 Bedrängern	mit 2,0 Bedrängern
<b>Buche</b>	Polynom (2.Grad)	Polynom (2.Grad)	80 Z-Bäume	120 Z-Bäume
	SILVA Standard „mittel“	SILVA Standard „mittel“	16 Z-Bäume	24 Z-Bäume
	bis Alter 195 (Oberhöhe 34,15 m)		bis Alter 90 (8 Perioden)	
<b>DF-Phase 2</b>	<b>Ziel-BHD-Ernte</b>	<b>Ziel-BHD-Ernte</b>	<b>Z-Baum-DF</b>	<b>Z-Baum-DF</b>
<b>Eiche</b>	max. 60 % Nutzung	max. 80 % Nutzung	mit 1,5 Bedrängern	mit 1,8 Bedrängern
<b>Buche</b>	Ziel-BHD 70	Ziel-BHD 70	80 Z-Bäume	120 Z-Bäume
	Ziel-BHD 60	Ziel-BHD 60	16 Z-Bäume	24 Z-Bäume
	bis Alter 180 (Oberhöhe 33,59 m)			
<b>DF-Phase 3</b>	-	-	<b>Ziel-BHD-Ernte</b>	<b>Ziel-BHD-Ernte</b>
<b>Eiche</b>			max. 70 % Nutzung	max. 100 % Nutzung
<b>Buche</b>			Ziel-BHD 70	Ziel-BHD 70
			Ziel-BHD 60	Ziel-BHD 60

Die Nieder- und Hochdurchforstung wurden mit zwei Phasen konzipiert, wobei in der ersten Phase bei beiden Varianten im Turnus von 5 Jahren nach einer Grundflächenleitkurve eingegriffen wurde. Ab einer Oberhöhe von 34,15 m (Alter 195) wurde mit der zweiten Phase, einer Zielstärkennutzung, begonnen. Die Simulation der Z-Baum-Varianten mit 80 bzw. 120 Z-Bäumen wurde nach einem dreistufigen Konzept realisiert, wobei die Z-Bäume in der ersten Phase stärker und in der zweiten Phase moderater in 5-jährigem Turnus freigestellt wurden. Ab einer Oberhöhe von 33,6m (Alter 180) wurde die dritte Phase der Zielstärkennutzung eingeleitet. Um die Buche bei der Z-Baumdurchforstung bis zum Ende der Umtriebszeit aktiv im Bestand zu erhalten, wurden bei den Z-Baum-Varianten auch einige Buchen-Z-Bäume ausgewählt. Dies trägt den „Durchwachsern“ Rechnung, die in den Hauptkronenraum vorstoßen, aber nicht selten als Ersatz für ausgefallene Eichen und aus ökologischen Gründen belassen werden. In Abbildung 2 ist die von SILVA berechnete Entwicklung des stehenden Bestandesvorrates im Vergleich der Durchforstungsvarianten dargestellt. Es wird dabei klar, wie sich die Varianten im absoluten Vorrat als auch in der Rhythmik der Volumenentwicklung unterscheiden. Erwartungsgemäß ändert sich der Beitrag der Buche zum Gesamtvorrat charakteristisch je nach Durchforstungsvariante.



**Abb. 2: Entwicklung des Bestandesvorrates (Vorratsfestmeter Derbholz) der 4 Durchforstungsvarianten im Vergleich zum A-Grad**

### 3.5 Kalkulation der Biomassenutzung vor Alter 55

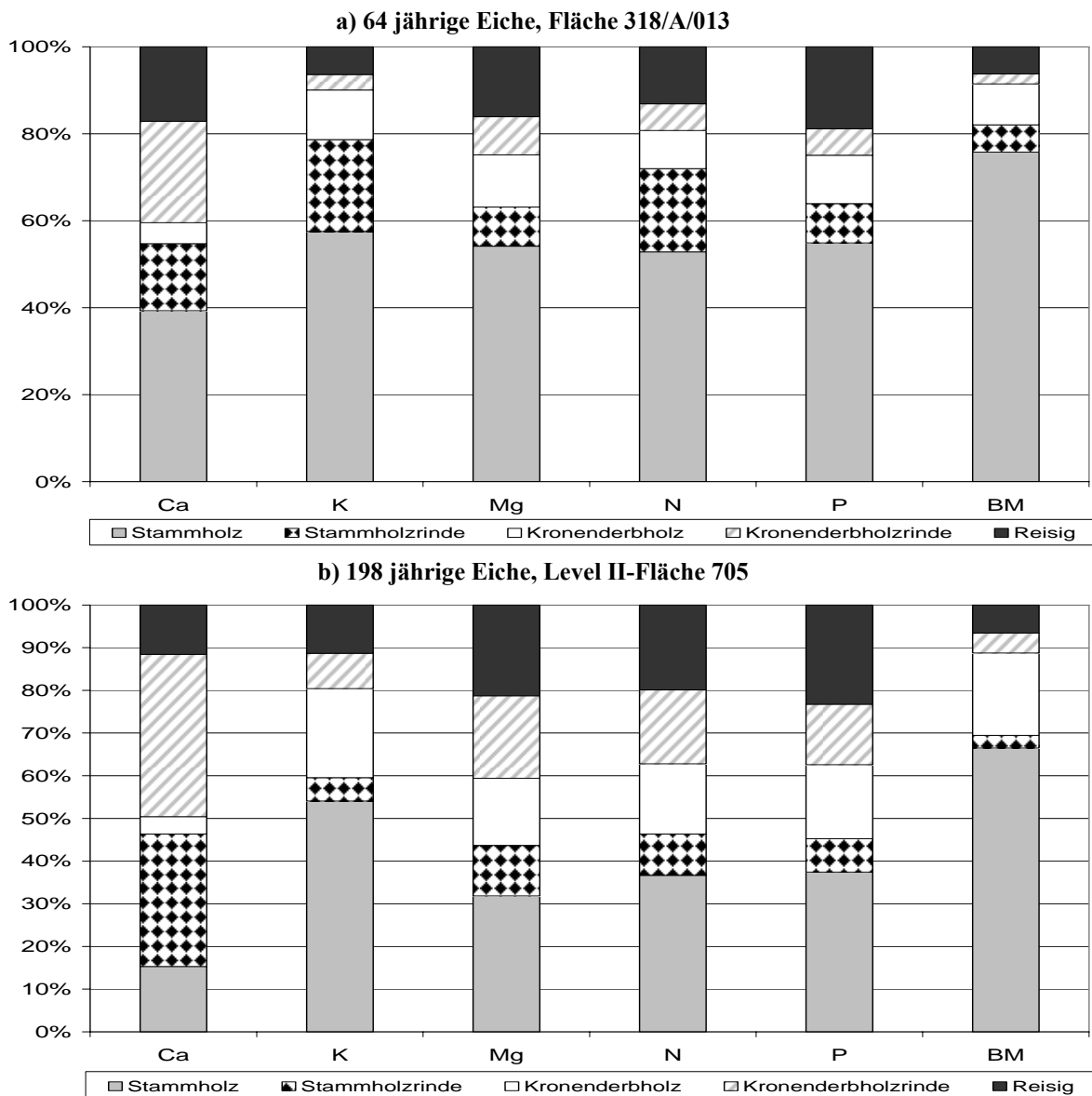
In einem zweiten Szenario wurde ein junger Traubeneichenreinbestand von 20 Jahren bis zu einem Alter von 55 Jahren fortgeschrieben, vor allem um frühe Nutzungen als Energieholz abzudecken. Es wurde dabei unterstellt, dass die Buche erst später eingebracht wird und falls Naturverjüngung vorliegt, dass diese durch die geringen Dimensionen nur unwesentlich zum Biomasse- und Nährstoffvorrat beiträgt. Deshalb wurde als Ausgangsbestand ein reiner, 20-jähriger Traubeneichenbestand mit einer Stammzahl von 5000 Bäumen pro Hektar bei einer Grundfläche von 21,5 m<sup>2</sup>/ha, einem Mitteldurchmesser von 7,4 cm vorgegeben. Als standörtliches Potenzial wurde ebenfalls eine I. Bonität nach JÜTTNER angenommen.

Als Durchforstung wurde eine grundflächengesteuerte Hochdurchforstung vorgegeben. Die Grundflächenentwicklung wurde so gesteuert, dass der Endwert möglichst nahe an die Anfangsgrundfläche des Ausgangsbestandes des 1. Simulationsszenarios herankommt.

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1 Verteilung der Biomasse und der Nährstoffe in den Beprobungsbeständen

In beiden Beständen nimmt bei den hauptständigen Eichen das Derbholz (ohne Rinde) in Stamm und Krone mehr als vier Fünftel der gesamten oberirdischen Biomasse ein (Abb. 3a und 3b). Der Anteil der Derbholzrinde liegt jeweils bei 8%. Der Anteil des Reisigmaterials (Ast- und Zweigmaterial unter Derbholzstärke, jeweils mit Rinde) an der oberirdischen Biomasse der Eichen beträgt in beiden Untersuchungsbeständen nur 6 bis 7%.



**Abb.3: Verteilung der oberirdischen Biomasse (BM) und der Nährstoffvorräte in der Biomasse (nur hauptständige Eiche; Angaben in Prozent des jeweiligen Gesamtvorrates)**

Demgegenüber ist bei den Nährstoffen der Anteil der Derbholzrinde und des Reisigmaterials bedeutsamer. So liegt der Anteil des Reisigs an der gesamten oberirdischen Biomasse der Traubeneichen bei 6 bzw. 11 % beim Kalium und zwischen 12 und 23 % bei den übrigen Nährstoffen. Der ältere Bestand weist dabei die höheren Reisiganteile am Nährstoffvorrat auf. Der Anteil der Derbholzrinde variiert bei den einzelnen Nährstoffen zwischen 13 % beim Kalium und 69 % beim Calcium jeweils im älteren Bestand. Auffällig ist der große Anteil der Rinde sowohl des Stammholzes als auch des Kronenderbholzes bei der Calciumverteilung beider Bestände. Eine erhebliche Akkumulation von Ca in der Eichenrinde wurde auch von MARKAN (1992), RADEMACHER et al. (2001) und ANDRÉ und PONETTE (2003) festgestellt.

Erwartungsgemäß ist der Anteil des Kronenmaterials (Kronenderbholz und Reisig) bei den älteren Eichen deutlich höher als bei den jüngeren Eichen. Bei der Biomasse liegt der Anteil des Kronenmaterials bei weniger als einem Fünftel bei den jüngeren und etwa 30% bei den älteren Bäumen. Bei den Nährstoffen variiert der Anteil des Kronenmaterials zwischen 20% beim Kalium in den jüngeren Eichen und mehr als 50% bei den anderen Nährelementen in den älteren Eichen.

Der jüngere Bestand enthält ca. 1530 Buchen je Hektar unter BHD 7 cm, die in der Simulation nicht erfasst sind. Ihre Biomasse und die hierin enthaltenen Nährstoffvorräte wurden über eine Regression zwischen BHD und Trockenmasse sowie Nährstoffgehalten aus dem Projekt „Biomasse und Nährstoffvorräte in jungen Waldbäumen“ (ANONYMUS 2007a) kalkuliert und in die Bestandesvorräte einbezogen. Die unter- und zwischenständigen Buchen nehmen am Derbholzvorrat 4 bzw. 11 %, an der oberirdischen Biomasse 7 bzw. 12 % und an den Nährstoffen 6 bis 33 % des Gesamtvorrates der jeweiligen Bestände ein (Tab. 5). Auffällig ist der hohe, den entsprechenden Biomasseanteil deutlich übersteigende Magnesiumvorrat in den Buchen beider Bestände und beim jüngeren Beprobungsbestand auch der hohe Phosphorvorrat im Buchenunterstand.

**Tab. 5: Anteil der unter – und zwischenständigen Buchen an Derbholzvorrat, oberirdischer Biomasse und Nährstoffvorrat in der Biomasse bei beiden Beprobungsbeständen**

<b>Anteil der Buche</b>	<b>Bestand 318/A/013</b>	<b>Bestand Level II 705</b>
Derbholzvorrat	4 %	11 %
oberirdische Biomasse	7 %	12 %
N-Vorrat	13 %	14 %
P-Vorrat	33 %	12 %
K-Vorrat	6 %	13 %
Ca-Vorrat	10 %	8 %
Mg-Vorrat	33 %	20 %

Beim älteren Beprobungsbestand liegen die in der oberirdischen Biomasse vorliegenden Vorräte an Kalium und Magnesium in etwa gleicher Höhe wie die Vorräte, die in der Humusauflage und im Mineralboden bis Wurzeltiefe pflanzenverfügbar gespeichert sind (Tab. 6b). Als pflanzenverfügbar wird bei Ca, Mg und K in der Humusauflage der im Säureaufschluss extrahierbare Anteil und im Mineralboden der austauschbare Anteil des Nährstoffvorrats bis 90 cm betrachtet. Beim Calcium sind die Vorräte in der Biomasse sogar deutlich höher als im Boden dieses armen Standortes. Beim Stickstoff und beim Phosphor sind die Vorräte in der Biomasse dagegen im Vergleich zum Boden nur gering. Allerdings ist beim Phosphor nicht bekannt, welche Anteile des aus einem Königswasseraufschluss erhobenen Bodenvorrats tatsächlich für die Aufnahme durch die Wurzeln verfügbar sind. ULRICH (1975) gibt für Sande einen mobilisierbaren P-Vorrat im Boden von 170 bis 970 kg/ha an. Im Vergleich zu diesen Bodenvorräten nimmt der Phosphorvorrat in der oberirdischen Biomasse des Eichenökosystems einen Anteil zwischen 3 und 15 % ein.

Beim jüngeren Beprobungsbestand variieren die Basenvorräte im unteren, aber vermutlich noch wurzelerreichbarem Mineralboden sehr stark (vgl. Kap. 2.2, Tab. 2). In den Bereichen ohne nährstoffreichere Basislage im durchwurzeltten Bereich sind die Relationen zwischen den in der Bestandesbiomasse und den im Boden gespeicherten Nährstoffvorräten ähnlich wie auf der Fläche Level II 705. In Bereichen mit den höheren Basenvorräten im unteren Mineralboden übersteigen demgegenüber die Bodenvorräte an Calcium und Magnesium die entsprechenden Vorräte in der Biomasse um ein Vielfaches (Tab. 6a).

**Tab. 6: Biomasse- und Nährstoffverteilung im Ökosystem**

a) Fläche 318/A/013; Eiche 64 jährig, Buche 35 jährig

Kompartiment	Biomasse [t/ha]	N	P	K [kg/ha]	Ca	Mg
Stammholz m. R.	108	153	11	99	196	23
Kronenderholz m. R.	19	31	3	21	39	7
Reisig (ohne Blätter)	15	56	8	20	46	11
oberirdische Biomasse	143	241	21	139	282	41
Stock und Wurzeln*	(23)	(93)	(8)	(42)	(106)	(13)
Humusauflage (Moder)		800	44	26	362	120
Mineralboden bis 90/120 cm Tiefe		2500- 2600	422-2146	198-538	35-4544	25-1976

b) Level II- Fläche 705; Eiche 198 jährig, Buche 95 jährig

Kompartiment	Biomasse	N	P	K	Ca	Mg
	[t/ha]	[kg/ha]				
Stammholz m. R.	198	217	12	164	251	16
Kronenderbholz m. R.	72	157	8	82	223	12
Reisig (ohne Blätter)	24	110	7	37	71	8
oberirdische Biomasse	294	485	27	283	545	36
Stock und Wurzeln**	(65)	(206)	(16)	(128)	(215)	(27)
Humusauflage (F-Mull)	16	192	14	31	80	18
Mineralboden bis 90 cm Tiefe		5949	1687	267	76	29

\* Die Biomasse von Stock und Grobwurzeln wurde einzelbaumweise über das SILVA- Biomassemodul geschätzt; zur (groben) Schätzung der Nährelementvorräte in diesem Baumkompartiment wurde diese Biomasse mit den Nährstoffgehalten in den Ästen multipliziert.

\*\* Aus einer orientierenden Erhebung an 2 Eichen und 2 Buchen (Hohenadl'sche Stämme) geschätzt (BLOCK 1993).

#### 4.2 Biomasse- und Nährstoffentzug bei unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung

Geprüft wurden die Auswirkungen von 5 unterschiedlichen waldbaulichen Behandlungen auf die durchschnittlichen jährlichen Entzüge an Biomasse und Nährstoffen über eine ganze „Umtriebszeit“. Die Umtriebszeit variiert zwischen 200 Jahren bei der „Z 120“ und dem gesamten Simulationszeitraum von 240 Jahren bei A-Grad und Niederdurchforstung. Um die Kalkulationen vergleichbar zu halten, wurden die Bestände bei den Durchforstungsvarianten in dem Alter „abgetrieben“, zu dem der in SILVA kalkulierte Derbholzvorrat durch Nutzung der Zielstärkenbäume unter die Hälfte des jeweiligen Maximalvorrats absinkt.

Beim Vergleich der waldbaulichen Varianten wurde bei der Nutzungsintensität einheitlich die Variante „hoch“ kalkuliert (konventionelle Nutzung des Derbholzes mit Rinde ab Alter 55; nur Bäume ab BHD 17cm; zur Berücksichtigung von X-Holz und über der Derbholzgrenze liegenden Zopfdurchmessern pauschal um 10 % reduziert).

Die geringsten Biomasse- und auch Nährstoffentzüge ergeben sich bei der Variante „Z80“, die höchsten bei der Variante „A-Grad“ (beim A-Grad wurden als „Nutzung“ der absterbenden Bäume ab Alter 55 Jahre und der „Abtrieb“ des aufstockenden Bestandes im Alter 240 summiert). Allerdings sind die Unterschiede zwischen den waldbaulichen Behandlungsvarianten insgesamt nur vergleichsweise gering (Tab. 7). So liegen die Nutzungsentzüge bei der Variante „Z80“ um etwa 21 % bei der Biomasse und um bis zu 25 % bei den einzelnen Nährelementen niedriger als bei der Variante mit den höchsten Entzügen.

Bei gleicher Nutzungsintensität werden die Entzüge im Wesentlichen von der Gesamtwuchsleistung bestimmt und diese variiert zwischen den geprüften Varianten bei der Traubeneiche nur mäßig (Tab. 8).

Stärker als die Nutzungsentzüge insgesamt variieren die jeweiligen Anteile der beiden Baumarten. So ist der Biomasseanteil der Buche bei der Variante „Hochdurchforstung“, bei der sich in der SILVA-Simulation ein merklicher Anteil von Buchen in den Hauptbestand einschleibt, mit 33 % fast doppelt so hoch wie beim „A-Grad“.

**Tab. 7: Biomasse- und Nährstoffentzug (Traubeneiche mit Buche) bei unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung**

(Biomasse: t / (ha • Jahr); Nährstoffe: kg / (ha • Jahr)

Nutzungsvariante „hoch“ (vgl. Kap. 4.3)

Angaben in Klammern: prozentualer Anteil der Buche am jeweiligen Gesamtentzug

Waldbauliche Behandlung		Biomasse	N	P	K	Ca	Mg
A-Grad	240 J.	5,1 (19)	8,9 (13)	0,4 (17)	4,9 (19)	9,5 (12)	0,8 (38)
Niederdurchforstung	240 J.	4,8 (22)	8,3 (15)	0,4 (20)	4,6 (23)	8,8 (15)	0,8 (44)
Hochdurchforstung	215 J.	4,6 (33)	7,7 (25)	0,4 (30)	4,5 (35)	8,0 (23)	0,8 (56)
„Z 80“	235 J.	4,2 (25)	7,3 (17)	0,4 (22)	4,0 (24)	7,6 (16)	0,7 (45)
„Z 120“	200 J.	4,7 (23)	8,2 (16)	0,4 (21)	4,5 (24)	8,6 (15)	0,7 (44)

**Tab. 8: Gesamtwuchsleistung Traubeneiche mit Buche bei den waldbaulichen Behandlungsvarianten**

	A Grad	NDF	HDF	Z 80	Z 120
Laufzeit [Jahre]	55-240	55-240	55-215	55-235	55-200
Oberirdische Biomasse [t/ha]	1554	1471	1329	1277	1261
Derbholz [Vfm/ha]	2316	2163	1920	1882	1814

### 4.3 Biomasse- und Nährstoffentzug bei unterschiedlicher Nutzungsintensität

Bei der Kalkulation des Einflusses der Nutzungsintensitäten wurden folgende Varianten mit unterschiedlicher Nutzungsintensität unterschieden:

„gering“: Nutzung nur des Stammholzes von Bäumen ab BHD 40 cm

„hoch“: ab Bestandesalter 55 Nutzung des Derbholzes mit Rinde; nur Bäume ab BHD 17 cm; zur Berücksichtigung von X-Holz und Zopfdurchmessern oberhalb der Derbholzgrenze pauschal um 10 % reduziert



„sehr hoch“: Bestandesalter 40 bis 60 Vollbaumnutzung von Bäumen ab BHD 10 cm; Bestandesalter > 60 bis 120 wie Nutzungsvariante „hoch“; Bestandesalter > 120 Vollbaumnutzung (z. B. Hackschnitzelerzeugung aus Kronenmaterial)

„Vollbaum“: Nutzung der gesamten oberirdischen Biomasse des ausscheidenden Bestandes ab Bestandesalter 20.

Die Variante „hoch“ entspricht einer konventionellen Nutzung mit Aufarbeitung von Brennholz. Bei der Variante „gering“ wird auf jegliche Nutzung schwächerer Sortimente verzichtet. Demgegenüber schließt die Variante „sehr hoch“ eine sehr intensive Energieholznutzung beispielsweise durch Gewinnung von Hackschnitzeln aus Vollbäumen bei allen Eingriffen in der Altersphase 40 bis 60 Jahre und aus Kronenmaterial bei allen Nutzungen ab Alter 120 mit ein. Die Variante „Vollbaum“ ist keine realistische Nutzungsoption, sondern gibt lediglich die obere Grenze der theoretisch möglichen Nutzungsentzüge vor. Alle nachfolgend aufgeführten Kalkulationen beziehen sich auf die waldbauliche Behandlung „Hochdurchforstung“.

Erwartungsgemäß variieren die Nutzungsentzüge bei unterschiedlicher Nutzungsintensität erheblich. Gegenüber der konventionellen Nutzung mit Brennholzgewinnung (Variante „hoch“) ist der Biomasseentzug bei der extensiven Nutzungsvariante „gering“ weniger als halb so hoch und bei der Variante mit der intensiven Biomassenutzung (Variante „sehr hoch“) um 30% höher (Tab. 9). Bei den Nährstoffen unterscheiden sich die einzelnen Varianten noch deutlicher. Gegenüber der Variante „hoch“ sind bei der Variante „gering“ die Nährstoffentzüge um etwa zwei Drittel niedriger, bei der Variante „sehr hoch“ beim Kalium und Magnesium um ein Drittel, bei den übrigen Nährstoffen um etwa die Hälfte höher.

Der Anteil der Buchen am Biomasse- und Nährstoffentzug ist bei der Variante mit der geringen Nutzungsintensität wegen des geringen Stammholzanteils der Buche merklich niedriger als bei den anderen Varianten. Auffällig ist der bei allen Nutzungsvarianten mit 45 bis 56 % hohe Buchenanteil am Entzug des Magnesiums gegenüber maximal einem Drittel bei der Biomasse und den anderen Nährelementen.

Die Ernteentzüge für die Variante „hoch“ können mit Befunden von RADEMACHER et al. (2001) verglichen werden. Diese kalkulierten die Biomasse- und Nährstoffentzüge für einen aus einem Hutewald entstandenen, reinen Stieleichenbestand auf Geschiebedecksand über Geschiebelehm im niedersächsischen Pleistozän über eine Umtriebszeit von 185 Jahren. Als Nutzung nahmen sie eine konventionelle Nutzung von Stammholz, Pfahlholz sowie Brenn-

und Industrieholz bei Belassung von 20% X-Holz an. Im von RADEMACHER et al. untersuchten Bestand liegt der Biomasse- und Nährstoffentzug mit je Hektar und Jahr 3t Biomasse, 5,5kg N, 2,9kg K, 7,4kg Ca und 0,4kg Mg merklich unter den hiesigen Befunden. Dies dürfte mit dem Fehlen des Buchenunter- und -zwischenstandes zu erklären sein.

**Tab. 9: Biomasse- und Nährstoffentzug (Traubeneiche mit Buche) bei unterschiedlicher Nutzungsintensität (Biomasse: t / (ha • Jahr); Nährstoffe: kg / (ha • Jahr)  
Waldbauliche Behandlung: „Hochdurchforstung“ (vgl. Kap. 4.2)  
Angaben in Klammern: prozentualer Anteil der Buche am jeweiligen Gesamtentzug**

Nutzungsvariante	Biomasse	N	P	K	Ca	Mg
„Vollbaum“	6,9 (30)	13,7 (26)	0,7 (30)	7,3 (31)	13,9 (22)	1,4 (45)
„sehr hoch“	6,0 (33)	11,6 (29)	0,6 (34)	6,1 (35)	11,4 (25)	1,2 (52)
„hoch“	4,6 (33)	7,7 (25)	0,4 (30)	4,5 (35)	8,0 (23)	0,8 (56)
„gering“	2,3 (23)	2,8 (17)	0,1 (25)	1,6 (24)	2,5 (20)	0,2 (50)

#### 4.4 Ökosystemare Nährstoffbilanz bei unterschiedlicher Nutzungsintensität

Zur Bewertung des Einflusses der Nährstoffentzüge auf den ökosystemaren Nährstoffhaushalt wurden die Befunde der Kalkulation bei unterschiedlichen Nutzungsintensitäten (Tab. 9) in Input-/Output-Bilanzen eingebunden. Als „Deposition“ ging in die Bilanz bei den Elementen N, Ca, K und Mg die durchschnittliche jährliche „Gesamtdeposition“, beim Phosphor die Deposition mit dem Waldniederschlag jeweils für den Zeitraum 1987 bis 2005 an der Level II-Fläche 705 (älterer Beprobungsbestand) ein. Die Berechnung der Gesamtdeposition erfolgte nach einem Kronenraumbilanzierungsansatz nach ANDREAE et al. (2001). Als jährliche Freisetzungsraten mit der Mineralverwitterung wurden Kalkulationen für die Level II-Fläche 705 mit dem Stoffhaushaltsmodell PROFILE durch R. BECKER im Rahmen der deutschen Level II-Kooperation verwendet. Der durchschnittliche jährliche Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser wurde aus den Sickeraten einer Wasserhaushaltssimulation mit COUPMODEL (Anwender: J. SCHERZER, UDATA) für die Level II-Fläche 705 und den Zeitraum 1987 bis 2005 und der Nährelementkonzentration im Sickerwasser aus 115 cm Tiefe für die 19 jährige Messreihe berechnet.

Für die Traubeneiche mit Buche auf dem basenarmen Buntsandsteinstandort ergibt sich bereits ohne Berücksichtigung der Holzernte eine negative Magnesiumbilanz (Tab. 10). Bringt man die Entzüge durch die Nutzung in die Bilanz ein, wird diese schon bei geringer

Nutzungsintensität auch für Calcium, bei hoher Nutzungsintensität für Kalium und bei sehr hoher Nutzungsintensität für Phosphor negativ. Demgegenüber bleibt die Ökosystembilanz für Stickstoff bei allen geprüften Nutzungsintensitäten deutlich positiv.

**Tab. 10: Eintrag-Austragbilanzen, Traubeneiche mit unterständiger Buche auf Mittlerem Buntsandstein im Pfälzerwald**

	Ca	Mg	K	N	P
<b>„Einträge“</b>					
<b>Deposition</b>	5,9	1,5	2,3	21,9	0,5
<b>Mineralverwitterung</b>	0,2	0,8	4,5	-	-
<b>„Austräge“</b>					
<b>Sickerwasseraustrag</b>	4,5	2,9	2,4	6,8	0,03
<b>Ernteentzug (HDF U215) Nutzungsintensität (NI)</b>					
-- gering	2,5	0,2	1,6	2,8	0,1
-- hoch	8,0	0,8	4,5	7,7	0,4
-- sehr hoch	11,4	1,2	6,1	11,6	0,6
-- Vollbaum	13,9	1,4	7,3	13,7	0,7
<b>Bilanz</b>					
<b>ohne Holzernte</b>	+1,6	-0,6	+4,4	+15,1	+0,5
<b>geringe NI</b>	-0,9	-0,8	+2,8	+12,3	+0,4
<b>hohe NI</b>	-6,4	-1,4	-0,1	+7,4	+0,1
<b>sehr hohe NI</b>	-9,8	-1,8	-1,7	+3,5	-0,1
<b>Vollbaum</b>	-12,3	-2,0	-2,9	+1,4	-0,2

Der ökosystemare Stoffhaushalt wird erheblich von den Bilanzkomponenten Deposition und Sickerwasseraustrag beeinflusst. Die Calciumfreisetzung aus der Mineralverwitterung ist demgegenüber nur verschwindend gering. Auch beim Magnesium ist die Freisetzungsrate aus der Mineralverwitterung nur halb so hoch wie die Deposition. Beim Phosphor wurden bei den Mineralanalysen keine Minerale gefunden, die eine Freisetzung dieses Elements aus der Verwitterung erwarten lassen (BUTZ-BRAUN 1999). Demgegenüber ist die Verwitterung der im Boden dieses Standorts vorhanden Feldspäte eine bedeutsame Kaliumquelle und reicht bis zur Nutzungsintensität „hoch“ zum Ausgleich des Entzugs mit der Holzernte. Die negative Magnesiumbilanz wird sehr wesentlich durch die hohen Magnesiumausträge mit dem Sickerwasser mitbestimmt. Beim Stickstoff wird selbst bei sehr hoher Nutzungsintensität nur die Hälfte des aus der atmosphärischen Deposition stammenden Stickstoffs dem Ökosystem wieder entzogen. Auch beim Phosphor wird die Bilanz erheblich durch die atmosphärische Deposition bestimmt. Allerdings ist die Bestimmung der Phosphordepotion mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, da vor allem das Wasser der Kronentraufe erheblich durch Insekten

und Insektenkot aus dem Kronenraum verunreinigt sein kann (vgl. BLOCK und BARTELS 1985, ULRICH et al. 1979). Die in Tabelle 10 angegebene P-Depositionsrates wurde daher aus der P-Deposition im Freiland und der Relation Freiland- und Bestandesdeposition für Aluminium, das wie Phosphor im Wesentlichen aus Bodestaub stammt, hergeleitet. Erst bei sehr hoher Nutzungsintensität übersteigen die Nährstoffentzüge mit der Holzernte die auf diese Weise geschätzte atmogene P-Deposition.

Die Befunde für die Traubeneiche mit Buche auf Buntsandstein stimmen recht gut mit ökosystemaren Nährstoffbilanzen von RADEMACHER et al. (2001) für Stieleiche im pleistozänen Flachland überein. Wie in der hiesigen Untersuchung fanden diese Autoren bei einer konventionellen Nutzung einen sehr deutlichen Stickstoffüberschuss (+12kg N/ha\*Jahr), eine noch leicht positive Kaliumbilanz (+0,7kg K/ha) und deutliche defizitäre Bilanzen bei Calcium (-12kg Ca/ha) und Magnesium (-1,2kg Mg/ha).

Bei Kalkulationen über eine ganze Umtriebszeit werden die knapp 20 Jahre umfassenden Messreihen zur Deposition und zum Sickerwasseraustrag auf mehr als 200 Jahre hochgerechnet und die zum Behandlungszeitpunkt ermittelten Nährstoffgehalte als für die gesamte Zeitspanne gültig gewertet. Dies ist zwangsläufig mit Unsicherheiten bei der Kalkulation der Nährstoffbilanzen verbunden. Daher wurde ergänzend eine Berechnung für die Altersspanne 180 bis 200 Jahre durchgeführt, für die aus der Level II-Fläche 705 konkrete, aus Messdaten hergeleitete Daten zur Nährstoffdeposition und zum Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser und auch die gemessenen Nährstoffgehalte in den verschiedenen Baumkompartimenten vorliegen. Als Entzug wurden die Nährstoffspeicherung in der oberirdischen Biomasse während des 20-jährigen Zeitraums (Nährstoffvorräte im Alter 200 abzüglich Vorräte im Alter 180) der tatsächlichen Behandlung des Bestandes entsprechend für die Variante „Niederdurchforstung“ zuzüglich des Nährstoffexports mit der Holzernte bei Durchforstungen in dieser Altersspanne kalkuliert.

Auch für den 20-jährigen Zeitraum ergeben sich sehr deutliche Bilanzdefizite bei den Basenkationen, Phosphor und auch beim Stickstoff. (Tab. 11). Die jährlichen Defizite übertreffen in diesem Zeitraum sogar das durchschnittliche Defizit über die ganze Umtriebszeit selbst bei sehr hoher Nutzungsintensität.

**Tab. 11: Eintrag-Austragbilanzen, Traubeneiche mit unterständiger Buche, Alter 180-200 Jahre**

	Ca	Mg	K	N	P
	[kg/ha]				
„Einträge“					
Deposition	124	32	44	440	10
Mineralverwitterung	4	16	90	-	-
„Austräge“					
Sickerwasseraustrag	90	58	48	136	0,6
Speicherung in oberirdischer Biomasse und Ernteentzug	320	25	178	346	14
<b>Bilanz</b>	<b>-282</b>	<b>-35</b>	<b>-92</b>	<b>-42</b>	<b>-4,6</b>

Einen ähnlichen Ansatz zur Kalkulation einer Nutzungsbilanz über 10 Jahre verfolgten GERBER et al. (2004). Über Dichtebestimmungen und Analysen an Bohrproben stehender Eichen und Buchen der Entwicklungsstufen Dickung bis Altholz auf karbonischem Substrat in der Nähe von Saarbrücken schätzten sie die Fixierung der Basekationen im Zuwachs und banden diese Daten in aus dreijährigen Messungen der atmosphären Deposition und der Auswaschung mit dem Sickerwasser hergeleitete Bilanzen ein. Dabei wurde als Eintrag auch die Rückführung der Nährstoffe aus nicht aufgearbeitetem Holz berücksichtigt. Sowohl für Eiche als auch für Buche ergaben sich bei allen Entwicklungsstufen deutlich defizitäre Basekationen(Mb)-Bilanzen. Leider geben die Autoren nur die Mb-Bilanzen, nicht aber die Bilanzen der einzelnen Nährstoffe an.

## 5. Diskussion und Schlussfolgerungen

Die angewandte Methodik zur Schätzung der Nährstoffgehalte in verschiedenen Baumkompartimenten und zur flexiblen Kalkulation der Biomasse und Nährstoffvorräte in den Beständen und der Ernteentzüge bei variierenden waldbaulichen Behandlungskonzepten und unterschiedlichen Nutzungsszenarien hat sich bewährt. Die Befunde zeigen, dass der Nutzungsintensität in den Traubeneichenökosystemen mit Buche eine weitaus größere Bedeutung im Hinblick auf die Biomasse- und Nährstoffentzüge zukommt als der waldbaulichen Behandlung. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die waldbauliche Behandlung auch auf andere Bilanzgrößen wie Deposition über Veränderungen der Rauigkeit des Kronendaches und auf den Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser Einfluss nimmt. Die vorläufigen Befunde eines im älteren Beprobungsbestand (Level II-Fläche 705) durchgeführten Versuchs zu den Auswirkungen von Bestandeslücken zeigen einen beträchtlichen Anstieg der Nährstoffausträge bei Entnahme großkroniger Eichen (ANONYMUS

2007b). Es ist davon auszugehen, dass Eingriffe in den Stehendbestand umso größere zusätzliche Austräge an Nährstoffen mit dem Sickerwasser verursachen, umso größer die entstehenden „root gaps“ sind. Allerdings war es im hiesigen Projekt nicht möglich, diese Effekte in die Bilanz einzubeziehen.

Die Nutzungsintensitäten wirken sich über die Intensität der Holz- und Biomasseexporte sehr erheblich auf den Nährstoffentzug und die ökosystemaren Nährstoffbilanzen aus. Schon bei geringer Nutzungsintensität sind die Calcium- und Magnesiumbilanzen und bei hoher bzw. sehr hoher Nutzungsintensität auch die Kalium- und Phosphorbilanzen im Eichenökosystem der Level II- Fläche 705 defizitär. In Relation zu den in der Humusaufgabe und im Mineralboden pflanzenverfügbar gespeicherten Vorräten liegen die jährlichen Verluste an Calcium und Magnesium bei der herkömmlichen Holznutzung (Intensitätsstufe „hoch“) bei etwa 3 % jährlich. Über eine Umtriebszeit (215 Jahre) betrachtet übersteigen die Defizite demnach die aktuellen ökosystemaren Vorräte um ein mehrfaches. Dies belegt die erhebliche Sensibilität der Eichenökosysteme auf Buntsandstein gegenüber Eingriffen in den Nährstoffhaushalt.

Ohne Ausgleich durch Kalkung und/oder Ascherückführung ist die Nachhaltigkeit des Nährstoffhaushaltes auf diesem Standort demnach nicht gewährleistet. Allerdings ist bei den Nährstoffen Calcium und Magnesium ein Ausgleich defizitärer Bilanzen durch Zufuhr dolomitischer Kalke ökosystemverträglich möglich (u.a. SCHÜLER 2002). Schon eine einmalige praxisübliche Kalkung mit 3 t Dolomit je Hektar mit einem Anteil von 40 %  $MgCO_3$  reicht rechnerisch (ohne Berücksichtigung des „Wirkungsgrades“) aus, die Bilanz bei Magnesium und Calcium auszugleichen. Die Notwendigkeit einer dolomitischen Kalkung ergibt sich aber nicht nur aus dem Basenexport mit der Holzernte. Schon ohne Ernteentzüge ist die Mg-Bilanz auf dem Buntsandsteinstandort defizitär. Auch überschreiten die Einträge potentieller Säure mit  $1,8 \text{ kmol}_e/\text{ha} \cdot \text{Jahr}$  im Durchschnitt der letzten 20 Jahre die Critical Load an diesem Standort von  $0,9 \text{ kmol}_e/\text{ha} \cdot \text{Jahr}$  beträchtlich. Aber je intensiver die Nutzung, umso größer ist der Basenexport mit der Ernte und desto größer ist die Gefahr einer zunehmenden Bodenversauerung. Kalkungen mit Dolomit sind in Rheinland-Pfalz auf versauerungsgefährdeten Standorten ein wesentlicher Bestandteil des angewandten Bodenschutzes (BLOCK, et al. 1997).

Beim Kalium ist die Input/Output-Bilanz bei herkömmlicher Nutzungsintensität noch in etwa ausgeglichen, wird aber bei zusätzlicher Nutzung von Vollbäumen z.B. für energetische Zwecke deutlich defizitär. Kalium kann nicht so unproblematisch wie Calcium und Magnesium dem Ökosystem wieder zugeführt werden. Bei Düngung von Kalium in sulfatischer Bindung wird das Kalium meist sehr rasch wieder aus dem Ökosystem ausgewaschen. Der Wirkungsgrad ist somit weit geringer als bei Ca und Mg aus einer

Dolomitapplikation. Zudem ist mit der Zufuhr der Sulfatanionen ein negativer Nebeneffekt für das Ökosystem verbunden. Eine Möglichkeit zur Reduzierung der Nebenwirkungen kann die Applikation von Holzasche in Verbindung mit einer dolomitischen Kalkung sein (SCHÄFFER 2002, v. WILPERT et al. 2002). Mit der Asche werden dem Ökosystem zudem auch Phosphor und Spurennährstoffe wieder zugeführt. Allerdings kann gegenwärtig der Wirkungsgrad der Nährelementzuführung (insbesondere bei K) noch nicht sicher abgeschätzt werden. Auch liegen bislang noch keine hinreichenden Praxiserfahrungen mit der Ascherückführung vor. Das Verfahren ist demnach noch nicht generell praxistauglich.

Zu berücksichtigen ist auch, dass mit dem Biomasseentzug ein Eingriff in die Humusproduktion verbunden ist, der mit Kalkung und Ascherückführung nicht ausgeglichen werden kann. KREUTZER hat bereits 1979 auf die diesbezüglichen Nachteile einer Vollbaumernte vor allem auf sorptionsschwachen Standorten, zu denen auch die hier untersuchten Böden aus Mittlerem Buntsandstein zu rechnen sind, hingewiesen. Eine überschlägige Kalkulation der Biomasseentzüge (und der damit verbundenen Kohlenstoffentzüge) in Relation zu der im Bestandesleben insgesamt erzeugten Biomasse zeigt für die Traubeneiche mit Buche auf Mittlerem Buntsandstein bei geringer Nutzungsintensität (nur Stammholz) einen Entzug von weniger als einem Fünftel, bei konventioneller Derbholznutzung (mit Kronenderbholz z. B. als Brennholz) von etwa einem Drittel und bei intensiver Energieholznutzung von fast der Hälfte der gesamten Biomasseproduktion (Tab. 12).

**Tab. 12: Überschlägige Kalkulation zum Biomasse (Kohlenstoff)-Entzug in Relation zu der im Bestandesleben insgesamt erzeugten Biomasse**

(Traubeneiche mit Buche auf Mittlerem Buntsandstein im Pfälzerwald: Hochdurchforstung, Umtriebszeit 215 Jahre)

		t(TM)/ha
Gesamtwuchsleistung (GWL) oberirdische Biomasse		1500
GWL Grobwurzeln (25% im Anhalt an JACOBSEN et al. 2003)		375
Blattbildung (2,6t/ha*Jahr)		560
Feinwurzelumsatz (Annahme: 50% von Blattbildung)		280
<b>Biomasseproduktion insgesamt</b>		<b>2715</b>
Biomasseentzug bei:		
Nur Stammholznutzung > 40cm BHD (keine Brenn- oder Industrielholznutzung)	495t/ha =	18%
Konventioneller Nutzung (einschließlich Brennholz)	989t/ha =	36%
Intensiver Nutzung (Energieholz und Kronenbiomasse in den Altersspannen 40-60 u. <120Jahre)	1290t/ha =	48%
Kompletter Vollbaumnutzung über gesamte Umtriebszeit	1484t/ha=	55%

Aus Vorsorgegründen erscheint es geboten, die Nutzungsintensität in Eichenbeständen auf armen Buntsandsteinstandorten zu begrenzen. So sollte vorläufig grundsätzlich nicht mehr als e i n e Energieholznutzung (Vollbäume ohne Laub) im Alter 40 bis 60 Jahre erfolgen. Dabei sollten nach Möglichkeit die Bäume im Winter umgeschnitten werden, den Sommer über an Ort und Stelle trocknen und dann erst herausgezogen und gehackt oder gebündelt werden. Hierdurch bricht ein erheblicher Teil des Feinreisigs ab und verbleibt im Bestand (LECHNER, mündl. Mitteilung); auch wird bei dieser Vorgehensweise eine bessere Hackschnitzelqualität erzielt (FISCHER, mündl. Mitteilung). Auf eine gegenwärtig in der Regel auch nicht wirtschaftliche Nutzung des Reisigmaterials in älteren Laubholzbeständen sollte verzichtet werden. Grundsätzlich sollten Intensivnutzungen (Vollbaumnutzungen, Hackschnitzelgewinnung aus Kronenmaterial, Einsatz von Reisigbündlern etc.) mit Angaben zur entnommenen Biomasse (z. B. Kubikmeter Schüttgut) bestandesbezogen dokumentiert werden.

Möglichst umgehend geprüft werden sollte die Möglichkeit einer Kreislaufwirtschaft, bei der die dem Waldökosystem entzogenen Nährstoffe z.B. über die Holzasche wieder zugeführt werden.

Die dargelegten Befunde und Bewertungen dürfen nicht ungeprüft auf andere Standorte und andere Bestockungen übertragen werden. Nach RADEMACHER et al. 2002 sind bei Derbholznutzung mit Rinde die Nährstoffentzüge bei Eiche höher als bei Buche, Fichte und Kiefer. Zu berücksichtigen ist, dass für dieses Projekt gezielt nährstoffarme Standorte mit nur geringer Freisetzungsrate basischen Nährstoffe durch Mineralverwitterung ausgewählt wurden, die allerdings in Rheinland-Pfalz als Waldstandorte weit verbreitet sind.

Angesichts der rasant steigenden Nachfrage nach Holz und holziger Biomasse und der dargelegten Relevanz der Ernteentzüge für die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung, sollten die Untersuchungen nach Möglichkeit auf alle flächenmäßig bedeutsamen Standorte in Rheinland-Pfalz ausgeweitet werden. Zur Abschätzung der Nährstoffnachlieferung aus der Mineralverwitterung wird die gegenwärtig laufende Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) die erforderlichen Ausgangsdaten liefern. Aus Aufwandsgründen wird es nicht möglich sein, für alle relevanten Standorte und Baumarten die Nährstoffgehalte in der Biomasse detailliert zu erheben und die Ernteentzüge bei variablen Szenarien nach dem vorstehend dargelegtem Verfahren zu kalkulieren. Daher wird eine Ergänzung der Methodik um ein vereinfachtes



Verfahren angestrebt, das sich in das entwickelte System einhängt, aber mit vertretbarem Aufwand Abschätzungen für alle bedeutsamen Waldstandorte und Bestandestypen zulässt.

## **6. Zusammenfassung**

Die dauerhafte Erhaltung der ökosystemaren Nährstoffpotenziale ist eine grundlegende Forderung der in den Waldgesetzen und Zertifizierungssystemen fixierten nachhaltigen Bewirtschaftung unserer Wälder. Vor allem auf armen Substraten spielt der Nährstoffexport durch die Ernte von Holz oder holziger Biomasse eine wichtige Rolle in den Nährstoffbilanzen der Waldökosysteme. Durch die zunehmende Intensivierung der Nutzung von Holz auch als Ersatz fossiler Brennstoffe nimmt die Bedeutung nutzungsbedingter Nährstoffentzüge für den ökosystemaren Nährstoffhaushalt erheblich zu.

Mit dem Projekt „Nährstoffentzüge durch die Holzernte und ihr Einfluss auf den Nährstoffhaushalt armer Waldstandorte“ wird eine flexible Kalkulation der Närelemententzüge bei unterschiedlicher Waldbehandlung und unterschiedlichen Nutzungsintensitäten für bedeutsame Waldböden auf den ärmeren Standorten in Rheinland-Pfalz angestrebt. Durch Einbindung der kalkulierten Ernteentzüge in ökosystemare Input/Output-Bilanzen wird geprüft, in wie weit und bei welcher Waldbehandlung und Nutzungsstrategie die Nachhaltigkeit der Nährstoffversorgung langfristig gefährdet sein kann. In diesem Beitrag werden die Befunde für Traubeneichenbestände mit beigemischter Buche auf Buntsandsteinstandorten des Pfälzerwaldes dargelegt.

Die Kalkulation der Biomasse- und Nährstoffentzüge bei unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung und variierenden Nutzungsvorgaben erfolgt über Szenariosimulationen mit dem Waldwachstumssimulator SILVA. Hierzu wurden in SILVA die Wachstumsfunktionen an das standortstypische Wachstum der Traubeneichenbestände mit Buche auf Buntsandstein im Pfälzerwald angepasst. Weiterhin wurde SILVA um Biomassefunktionen zur Schätzung der Nährstoffvorräte nach Baumkompartimenten erweitert. Zur Gewinnung der Grundlagendaten wurden umfangreiche Aufnahmen, Beprobungen und Analysen in zwei unterschiedlich alten Eichenbeständen mit Buche durchgeführt. Die Ergebnisse der Kalkulationen für fünf unterschiedliche Durchforstungsszenarien und vier verschiedene Nutzungsvarianten wurden in die Input/Output-Bilanzen der Level II-Fläche 705 (198-jähriger Traubeneichenbestand mit Buche auf Mittlerem Buntsandstein) integriert und bewertet.

Während bei der Verteilung der Biomasse in den Untersuchungsbeständen das Stammholz dominiert, nimmt bei den Nährstoffen auch das Kronenmaterial einen bedeutsamen Anteil ein.

Vor allem im jüngeren Bestand entfallen erhebliche Anteile der Nährstoffvorräte auch auf den Buchenunter- und -zwischenstand.

Die in der Baumbiomasse gespeicherten Vorräte an Kalium, Calcium und Magnesium überschreiten vor allem beim älteren Bestand die im Boden pflanzenverfügbar gespeicherten Nährstoffvorräte.

Beim Vergleich der waldbaulichen Varianten ergaben sich bei gleicher Nutzungsintensität die höchsten Nährstoffentzüge bei der Variante A-Grad (keine aktiven Eingriffe), die geringsten bei der Auslesedurchforstung mit 80 Z-Bäumen. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten mit maximal 21-25 % bei den einzelnen Nährelementen vergleichsweise gering.

Demgegenüber variieren die Nährelemententzüge bei unterschiedlicher Nutzungsintensität erheblich stärker. Gegenüber der konventionellen Nutzung mit Industrie-/Brennholzgewinnung ist der Nährstoffentzug bei der extensiven Nutzungsvariante (starkes Stammholz) um etwa zwei Drittel niedriger, bei der Variante mit der intensiven Biomassenutzung um ein Drittel bis zur Hälfte höher. Die Input/Output-Bilanz des Traubeneichenökosystems auf Buntsandstein ist beim Nährstoff Magnesium bereits ohne Holznutzung, beim Calcium schon bei geringer Nutzungsintensität negativ. Bei hoher Nutzungsintensität werden auch die Kalium- und bei sehr hoher Intensität die Phosphorbilanzen defizitär. Demgegenüber bleibt die Ökosystembilanz beim Stickstoff bei allen geprüften Nutzungsintensitäten deutlich positiv. In Relation zu den pflanzenverfügbar im Boden gespeicherten Nährstoffvorräten liegen die jährlichen Bilanzdefizite bei Calcium und Kalium bei etwa 3 % und überschreiten über eine Umtriebszeit kalkuliert die aktuellen Bodenvorräte um ein mehrfaches. Ohne Ausgleich durch Kalkung und/oder Ascherückführung ist die Nachhaltigkeit des Nährstoffhaushaltes auf diesem Standort nicht gewährleistet. Daher wird eine eingehende Prüfung der Möglichkeit einer Kreislaufwirtschaft, bei der die dem Waldökosystem entzogenen Nährstoffe z.B. über die Holzasche wieder zugeführt werden, empfohlen. Aus Vorsorgegründen sollte in den Eichenbeständen auf Buntsandstein vorläufig nicht mehr als eine Energieholznutzung (Vollbäume ohne Laub im Alter 40 bis 60 Jahre) erfolgen und auf eine Nutzung des Reisigmaterials in älteren Beständen verzichtet werden.

## 7. Literaturverzeichnis

ANDRÉ, F., PONETTE, Q. (2003): Comparison of biomass and nutrient content between oak (*Quercus petraea*) and hornbeam (*Carpinus betulus*) trees in a coppice-with-standards stand in Chimay (Belgium).

Annals of Forest Science 60, 6, 489-502

ANDREAE, H., GEHRMANN, J., FISCHER, U., LUX, W., SPRANGER, T. (2001): Luftqualität und atmosphärische Stoffeinträge an Level-II Standorten in Deutschland. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.), Bonn 94 S. und Anhang

ANONYMUS (2007a): Biomasse- und Nährstoffvorräte in jungen Waldbäumen. In: Jahresbericht 2006.

Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 61/07

ANONYMUS (2007b): Auswirkungen der Ernte von Einzelbäumen in einem 190-jährigen Eichenbestand auf den Nährstoffaustrag mit dem Sickerwasser.

In: Jahresbericht 2006. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 61/07

BECKER, R., BLOCK, J., SCHIMMING, C.-G., SPRANGER, T., WELLBROCK, N. (2000): Critical Loads für Waldökosysteme - Methoden und Ergebnisse für Standorte des Level II-Programms.

In: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Arbeitskreis A der Bundesländer Arbeitsgruppe Level II, Bonn (Hrsg.); Bonn, Selbstverlag.

BLOCK, J., BARTELS, U. (1985): Ergebnisse der Schadstoffdepositionsmessungen in Waldökosystemen in den Meßjahren 1981/82 und 1982/83.

Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung, Nordrhein-Westfalen (Hrsg.); Forschung und Beratung, Reihe C: Wissenschaftliche Berichte und Diskussionsbeiträge, Heft 39; Landwirtschaftsverl. Münster-Hiltrup, 1-296.

BLOCK, J. (1995): Konzept der Waldökosystem-Dauerbeobachtung in Rheinland-Pfalz. Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 32/95, 1-11.

BLOCK, J. (1995): Stoffbilanzen ungekalkter und gekalkter Teilareale der Waldökosysteme an den Umweltkontrollstationen Merzalben und Idar-Oberstein.

In: Forstliche Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt (Hrsg.); Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Nr. 32/95, 298

BLOCK, J., BOPP, O., BUTZ-BRAUN, R., WUNN, U. (1996): Sensitivität rheinland-pfälzischer Waldböden gegenüber Bodengradation durch Luftschadstoffbelastung.

Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz 35/96, Trippstadt, Selbstverlag.

BLOCK, J.; ROEDER, A.; SCHÜLER, G. (1997): Waldbodenrestauration durch Aktivierung ökosystemarer Nährstoffkreisläufe Grundlagen und Maßnahmen in Rheinland-Pfalz.

Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 52(1997)1, 29-33.

BREDEMEIER, M. (1987): Stoffbilanzen, interne Protonenproduktion und Gesamtsäurebelastung des Bodens in verschiedenen Waldökosystemen Norddeutschlands.

Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme / Waldsterben: Reihe A; 33; Göttingen, 183 S.

- BUTZ-BRAUN, R. (1999): Tonmineralogische Untersuchungen an Bodenproben der Umweltkontrollstation Merzalben(1999).  
Unveröffentlichter Bericht für die FVA Rheinland-Pfalz zu WV C/8/99 und C/10/99.
- DONG, P. H., EDER, W., MUTH, M.: Eichen-Durchforstungsversuche im Pfälzerwald.  
(in diesem Band)
- FICHTER, J. (1997): Minéralogie quantitative et flux d'éléments minéraux libéré par altération des minéraux des sols dans deux écosystèmes sur granite (bassin versant du Strengbach, Vosges).  
In: Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, Champenoux (Hrsg.)
- GAUER, J. (2005): Standortsufnahmen an den Beprobungsbeständen des Nährstoffentzugsprojekts (unveröffentlicht)
- GERBER, C., KUBINIÖK, J., FRITZ, E. (2004): Nährstoffhaushalt von Laubwald auf unterschiedlichen Böden. Sicherung der Nachhaltigkeit forstlicher Standortnutzung im Saarland.  
Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 59, 22, 1230-1232
- JACOBSEN, C.; RADEMACHER, P.; MEESENBURG, H.; MEIWES, K.-J. (2003): Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten - Literaturstudie und Datensammlung.  
Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Band 69;
- KREUTZER, K. (1972): Über den Einfluss der Streunutzung auf den Stickstoffhaushalt von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris* L.).  
Forstwissenschaftliches Centralblatt. 91, 263-270
- KREUTZER, K. (1979): Ökologische Fragen zur Vollbaumernte.  
Forstwissenschaftliches Centralblatt 98, 298-308
- KUBLIN, E., SCHARNAGL, G. (1988): Verfahrens- und Programmbeschreibung zum BWI-Unterprogramm BDAT.  
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 87 S.
- MARKAN, K. (1992): Biomasse und Elementgehalte von Berliner Eichen auf grundwasserfernen Sandstandorten.  
In: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Berlin(Hrsg.); Arbeitsmaterialien der Berliner Forsten Nr. 2, 61-70, Berlin, Kulturbuch-Verlag
- PRETZSCH, H. (2002): Grundlagen der Waldwachstumsforschung.  
Blackwell Verlag, Berlin, Wien, 414 S.
- RADEMACHER, P., BUSS, B., MÜLLER-USING, B. (1999): Waldbau und Nährstoffmanagement als integrierte Aufgabe in der Kiefernwirtschaft auf ärmeren pleistozänen Sanden.  
Forst und Holz 54, 11, 330-335
- RADEMACHER, P., MEESENBURG, H., MÜLLER-USING, B. (2001): Nährstoffkreisläufe in einem Eichenwaldökosystem des nordwestdeutschen Pleistozäns.  
Forstarchiv 72, 2, 43-54
- RADEMACHER, P., MÜLLER-USING, B., MEESENBURG, H. MEIWES, K.-J. (2002): Kalkulation der Nährstoffentzüge durch Erntemaßnahmen. Posterbeitrag und Kurzfassung bei Forstwissenschaftliche Tagung vom 9.-11. Oktober 2002 in Göttingen.  
Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe B, Band 68, 129

- SCHÄFFER, J. (2002): Meliorationswirkung und ökosystemare Risiken von Holzascheausbringung auf Waldböden Südwestdeutschlands. Berichte Freiburger Forstliche Forschung 43, 39-51
- SCHRÖCK, H.W., BLOCK, J., ENGELS, F., ZIMMER, M. (1998): Level-II-Dauerbeobachtung in Rheinland-Pfalz. Dokumentation der Lage, der Messstellenausstattung sowie der Homogenität der Untersuchungsbestände. Selbstverlag der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt, 58 S.
- SCHÜLER, G. (2002): Schutz versauerter Böden in nachhaltig bewirtschafteten Wäldern - Ergebnisse aus 10-jähriger interdisziplinärer Forschung -. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173, 1, 1-7
- SEIFERT, T., PRETZSCH, H., BÜCKING, M. (2003): „Mittelwaldfichten“ aus dem Hochwald? Teil I: Gestalt und Wachstum langkroniger Fichten. Forst und Holz 58(13/14): 420-426
- SEIFERT, TH., SCHUCK, J., BLOCK, J., PRETZSCH, H. (2006): Simulation von Biomasse- und Nährstoffgehalt von Waldbäumen. In: Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde, NAGEL, J., Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, Göttingen(Hrsg.); Beiträge zur Jahrestagung vom 29.-31. Mai 2006 in Staufen, 209-224
- STAAP, A. (1989): Standortaufnahme auf Versuchsflächen der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz angefertigt im Auftrag der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz, Trippstadt (unveröffentlicht).
- ULRICH, B. (1972): Betriebswirtschaftliche Konsequenzen von Eingriffen in den Nährstoffhaushalt von Wald-Ökosystemen. Forstarchiv. 43 ,129-132.
- ULRICH, B. (1986): Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben: Langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten. Forstwissenschaftliches Centralblatt 105, 421-435.
- ULRICH, B. (1988): Ökochemische Kennwerte des Bodens. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 151, 171-176.
- ULRICH, B., MAYER, R., SOMMER, U. (1975): Rückwirkungen der Wirtschaftsführung über den Nährstoffhaushalt auf die Leistungsfähigkeit der Standorte. Forstarchiv 46,.5-8.
- ULRICH, B., MAYER, R., KHANNA, P.K. (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Sauerländer Verlag Frankfurt am Main, 291 S.
- WILPERT VON, K., NIEDERBERGER, J., SCHÄFFER, J. (2002): Asche von unbehandeltem Holz im Kreislaufkonzept. Chance neuer Düngemittelverordnung zur Lösung wirtschaftlicher und ökologischer Probleme der Holzverbrennung nutzen. Holz-Zentralblatt 128,105, 1224.
- WITTICH, W. (1954): Die Melioration streugennutzter Böden. Forstwissenschaftliches Centralblatt 73 ,211-232.

**Bisher sind folgende Mitteilungen aus der *Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz* erschienen:**

63/2007	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Eiche im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€10,--
62/2007	BÜCKING, MOSHAMMER, ROEDER Wertholzproduktion bei der Fichte mittels kronenspannungsarm gewachsener Z-Bäume ISSN 0931-9622	€15,--
61/2007	JAHRESBERICHT 2006 ISSN 1610-7705 ISSN 1610-7713	
60/2006	BLOCK UND SCHÜLER (Hrsg.) Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder; Erschließung von Sekundärrohstoffen als Puffersubstanz für Bodenmaßnahmen im Wald ISSN 1610-7705	€10,--
59/2006	PETERCORD UND BLOCK (Hrsg.) Strategien zur Sicherung von Buchenwäldern ISSN 0931-9662	€10,--
58/2006	JAHRESBERICHT 2005 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
57/2005	SEEGMÜLLER (Hrsg.): Die Forst-, Holz- und Papierwirtschaft in Rheinland-Pfalz ISSN 0931-9662	€10,--
56/2005	JAHRESBERICHT 2004 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
55/2005	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Zum Aufbau und Wachstum der Douglasie ISSN 0931-9662	€10,--
54/2004	DONG (Hrsg.) [AUTORENKOLLEKTIV]: Kiefer im Pfälzerwald ISSN 0931-9662	€10,-- vergriffen
53/2004	JAHRESBERICHT 2003 ISSN 0931-9662 ISSN 0936-6067	
52/2004	MAURER (Hrsg.) Zwei Jahrzehnte Genressourcen-Forschung in Rheinland-Pfalz 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