

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 m²) 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 Erwidern 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 5⁰ ‘‘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 ⁻¹)	hg (m)	dg (cm)	Grundfläche (m ² ha ⁻¹)	Vorrat (m ³ ha ⁻¹)	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 m² 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 m² 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 Hiebsmasse 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 m² 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 m² 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.

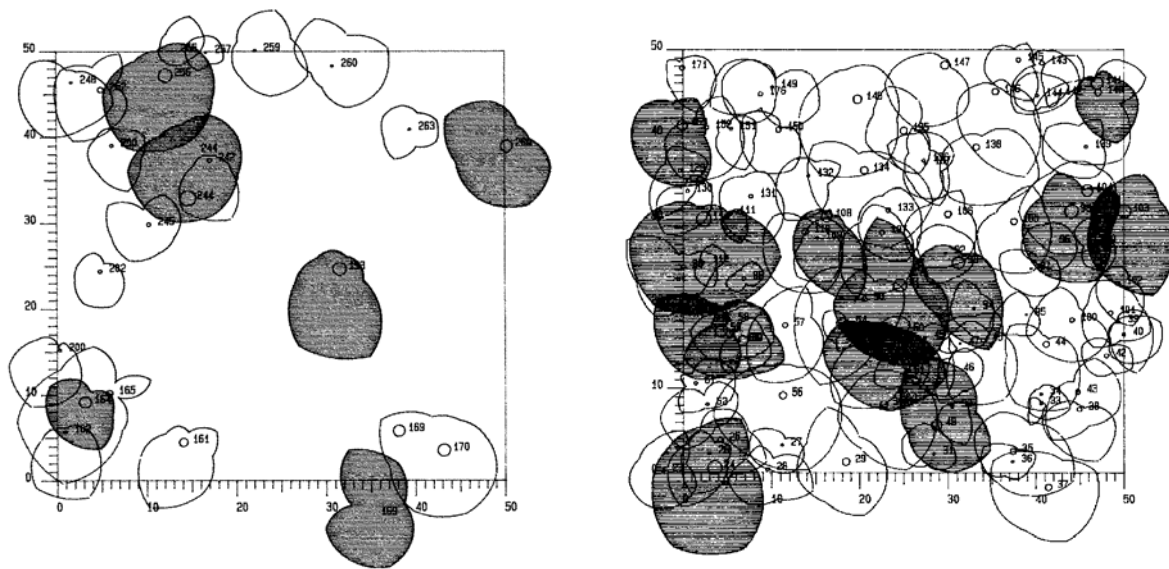


Abb. 1: Links: Kronenschirmflächenkarte einer der beiden Gruppen der Hiebsvariante Gruppenschirmschlag. Rechts: Kronenschirmflächenkarte des geschlossenen Bestandes vor dem Hieb. Dunkel schraffierte Kronen stellen Eichen dar, die nicht ausgefüllten Buchen (erstellt durch die Forstliche Versuchsanstalt 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 m² 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 α 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⁻² – 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 ⁻²) Mittelwert und Extreme	1-jährige Sämlinge	
		St m ²	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 m² beim Gruppenschirmschlag und 2,4 beim Femelschlag gezählt wurden. Die Buchen fruktifizierten zwar auch, aber deutlich schwächer, und die Sämlingszahlen blieben unbedeutend.

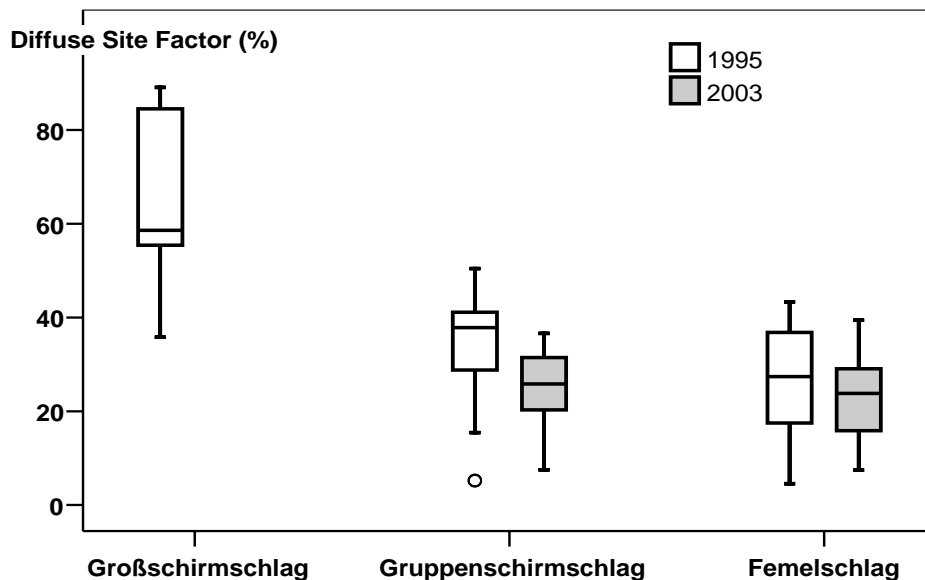
3.2 Strahlung und Überschirmung

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 ⁻²)	Höhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)	Höhensumme (cm m ⁻²)	Pflanzendichte (St m ⁻²)	Höhe (cm)	Wurzelhalsdurchmesser (mm)	Höhensumme (cm m ⁻²)
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.

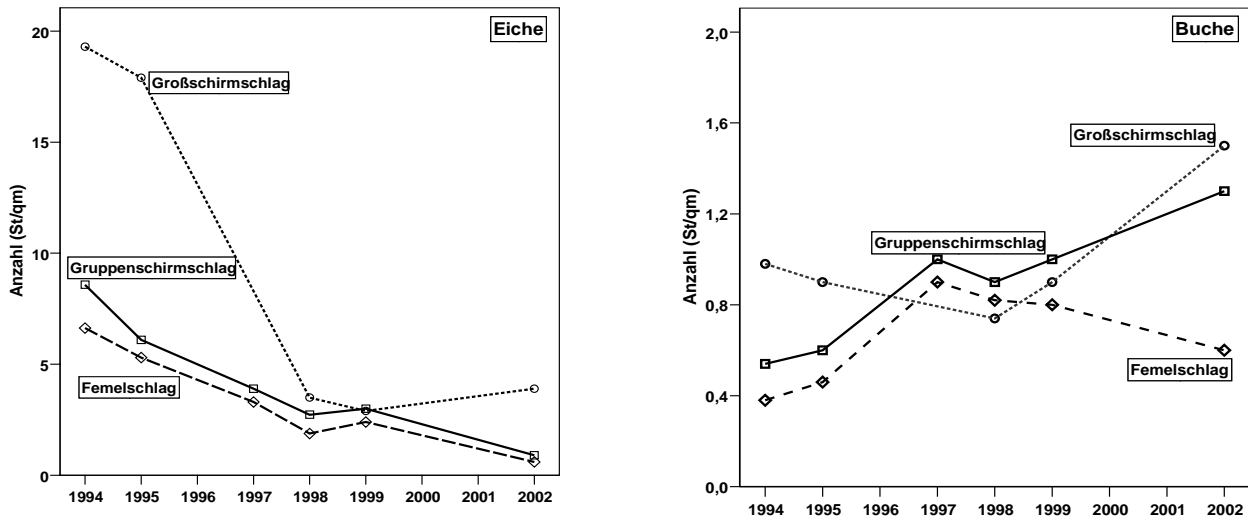


Abb. 3: Entwicklung der mittleren Dichte der Eichen- und Buchenpflanzen von 1994 bis 2002. Dargestellt ist die mittlere Anzahl der Pflanzen (St m²) je Hiebsvariante. Man beachte die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen.

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⁻² 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⁻² und der Eichenanteil mit 76 % deutlich die Werte der beiden anderen Varianten.

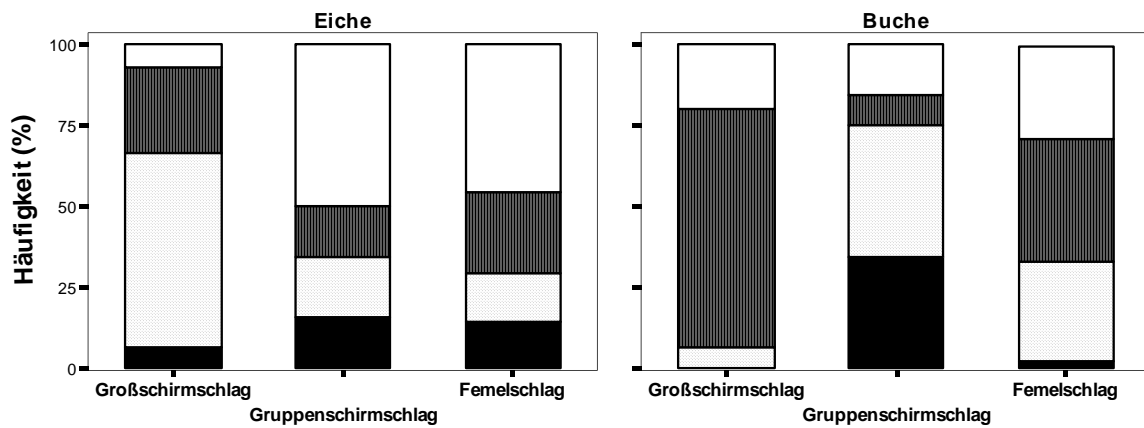


Abb. 4: Häufigkeit der Dichteklassen in % im Herbst 2002 für Eiche und Buche.

Die Muster in den Balken bedeuten von oben nach unten: weiß ohne Muster: 0 (keine Pflanzen vorhanden)
 schwarze Linien: > 0–3 Pflanzen m²
 schwarz gepunktet: >3–8 Pflanzen m²
 schwarz ohne Muster: >8 Pflanzen m²

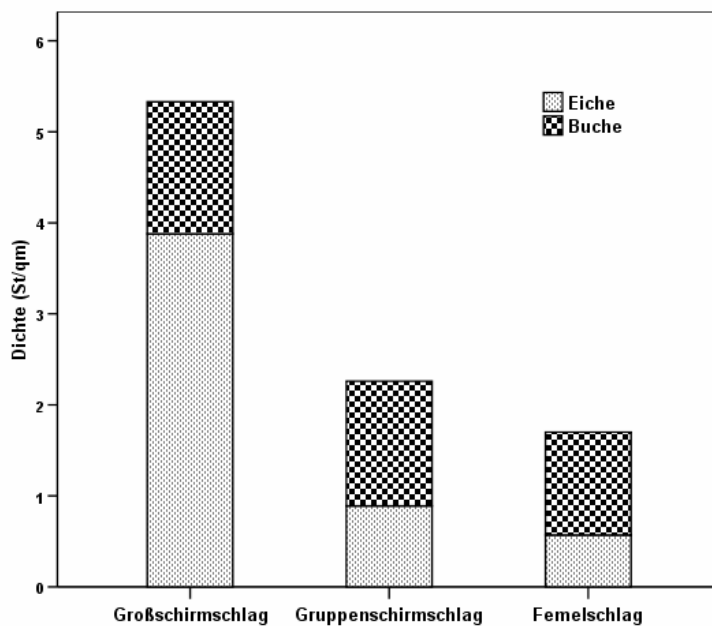


Abb. 5: Mittlere Dichten (St m⁻²) von Eichen und Buchen im Herbst 2002

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 m² bei gleichzeitiger Verringerung der Zahl der Kreise auf die Hälfte).

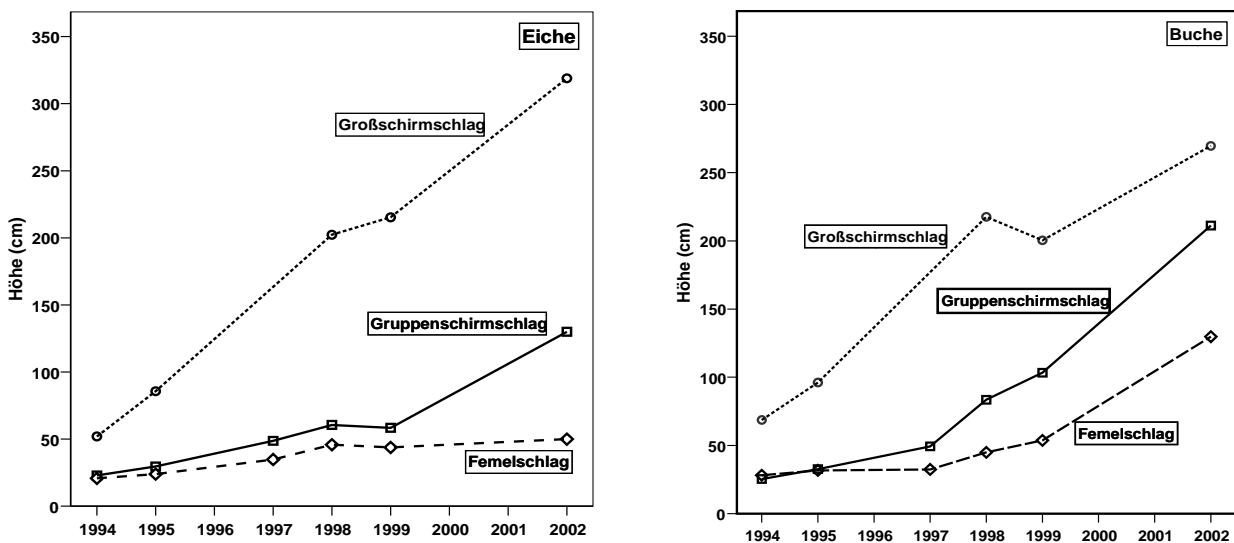


Abb. 6: Entwicklung der mittleren Höhen (cm) der Eichen- und Buchenpflanzen von 1994 bis 2002

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.

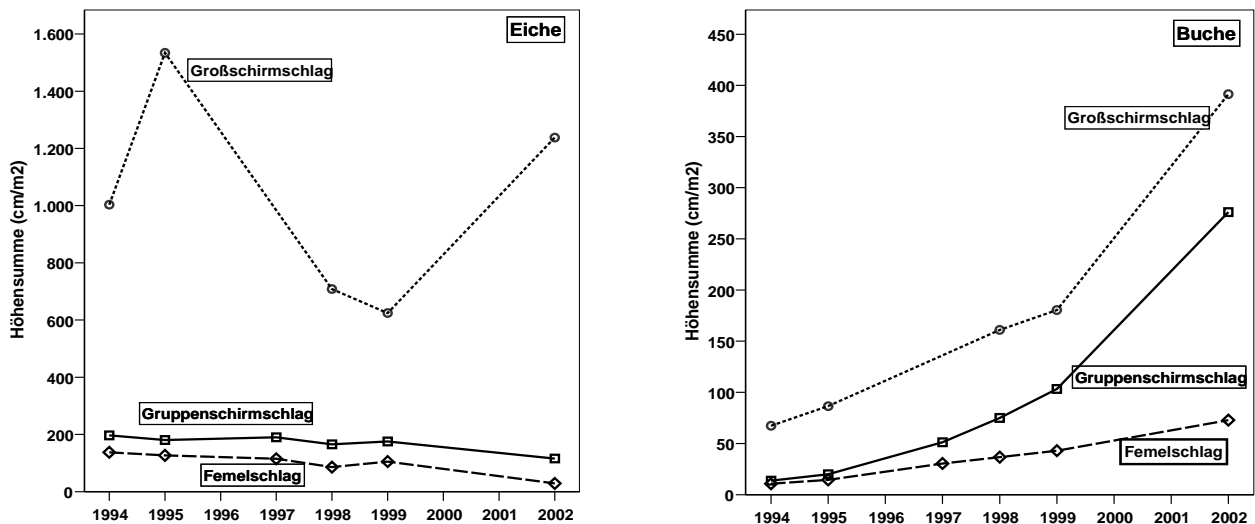


Abb. 7: Entwicklung der Höhensumme der Eichen- und Buchenpflanzen von 1994 bis 2002. Dargestellt ist die mittlere Höhensumme je Hiebsvariante ($cm\ m^2$). Man beachte die unterschiedliche Skalierung der y-Achsen

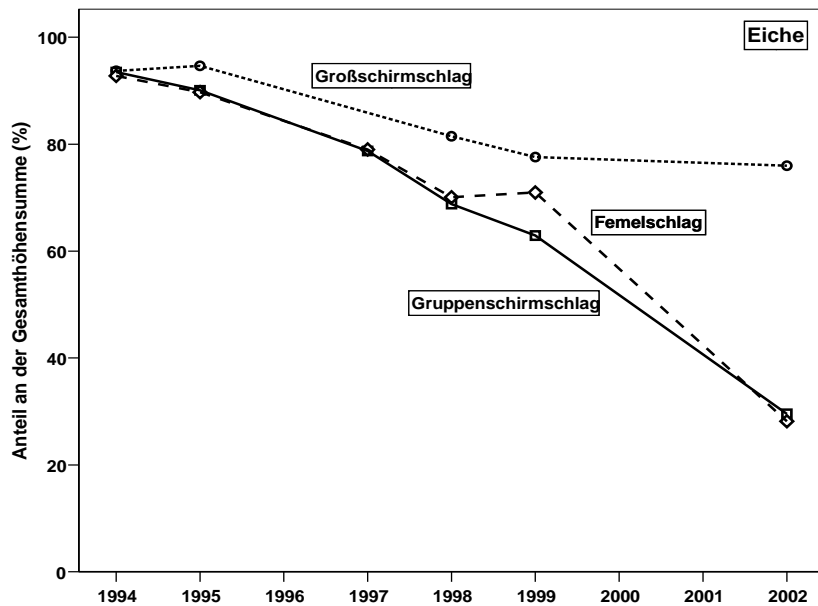


Abb. 8: Entwicklung des Anteils der Eiche an der Gesamthöhensumme von Eichen und Buchen von 1994 bis 2002. Dargestellt ist der mittlere Prozentwert je Hiebsvariante

Die Höhensummen 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 m² 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 nennenswertem 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 m²- 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 m²- 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 m² bei den letzten drei Aufnahmen auf 5 m² 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 4–6-jährigen Traubeneichen nach Unterbrechung der Altbaumwurzeln durch Trenngräben einen deutlichen Höhenzuwachsanstieg. 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 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 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 m²) 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 Überschilderung 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