

Zur Entwicklung junger Eichen unter Kiefernschirm

W. SCHIRMER, Th. DIEHL und Ch. AMMER

Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Ludwig-Maximilians-Universität München

Kurzfassung: Auf 22 Parzellen in sieben Kiefernaltbeständen eines Distrikts im Bayerischen Staatlichen Forstamt Nürnberg wurde im Jahre 1996 der Zustand (Dichte, Höhe und Qualität) achtjähriger Eichensaaten erfaßt. Die Eicheln wurden auf gefrästen Streifen gesät, die etwa 20 % der Bestandesflächen umfassen. Auf den Streifen wurden zwischen 130 000 und 300 000 Individuen/ha gezählt. Außerhalb der bodenbearbeiteten Flächen wurden bis zu 5500 Eichen/ha aus Naturverjüngung festgestellt. Auch die Zahl der natürlich angekommenen Kiefern übertraf auf den Saatstreifen (10 000 bis 150 000 Pflanzen/ha) in den meisten Fällen die Dichtewerte der unbearbeiteten Teilflächen. Die Zahl der beigepflanzten Buchen variierte auf den Saatstreifen zwischen 1500 und 6500/ha. Für die aus allen Parzellen errechneten mittleren Höhen der drei Baumarten wurden 95 %-Konfidenzintervalle berechnet, die sich nicht überlappten. Die mittlere Höhe der Buche lag deutlich über der der Eiche und deren Mittelwert über jenem der Kiefer. Als signifikante Variablen zur Erklärung der Variation der Höhen der höchsten Eichen erwiesen sich die Altbestandsdichte und die als Dummy Variable kodierte Bodenart. Es zeigte sich, daß die Höhenwuchsleistung der Eichen mit zunehmender Altbestandsdichte nur langsam zurückging. Auf tonigem Lehm scheinen die Eichen bei gleicher Altbestandsdichte höhere Werte erreichen zu können als auf Sand.

On the Development of Young Oaks under the Canopy of Pines

Abstract: On 22 plots in seven pine stands (*Pinus sylvestris* L.) of the Nürnberg Forest District, 8 years old direct seedings of oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (MATT.) Liebl. were measured in 1996 for plant density, height growth and seedlings quality. About 20 % of the stand area was tilled in strips in 1988. The subsequent direct seedings (also in 1988) resulted in 130,000 to 300,000 oaks per hectare on the strips. On the area without soil cultivation there was a great deal of independent natural regeneration up to 5,500 oaks per hectare caused by jays (*Garrulus glandarius* L.). On most plots the number of naturally-regenerated pines on the seeded tracts exceeded the corresponding density of the subplot without soil cultivation and ranged from 10,000 to 150,000 plants per hectare. Beech (*Fagus sylvatica* L.) regeneration (planted) ranged from 1,500 to 6,500 per hectare. The 95 % confidence intervals of the mean heights per species do not overlap. The mean height of beech was greater than that of oak, and the mean height of oak was greater than that of pine. Regression analysis showed that the variation of heights of the tallest oaks was significantly influenced by stand density of the old growth and the soil texture. The relationship shows that an increase in pine overstory stand density has decreased oak height growth only slightly. Assuming a constant density of the pine stand, oaks grown on loamy soils were taller than those on sand-dominated soils.

Keywords: direct seeding of oak, canopy density, competition, jay-dispersed seeds, natural forest management

Einleitung

In einem kürzlich erschienenen Beitrag faßte EDER (1997) die aus der Sicht einer Forstverwaltung drängendsten Fragen an die waldbauliche und waldwachstumskundliche Forschung folgendermaßen zusammen: „Wir wissen erstaunlich wenig über das Wachstum, genauer über Differenzierungsvorgänge und die Zeiträume dieser Differenzierungsabläufe von Verjüngung unter Schirm“ . . . „bei den Lichtbaumarten, die in Zukunft auch zielstärkenorientiert, einzelstammweise geerntet und keinesfalls auf der Freifläche verjüngt werden sollen, endet das Wissen endgültig“. Dieser Befund kann dahingehend erweitert werden, daß exakte, quantitative Informationen – von Ausnahmen (z. B. HAUSKELLER-BULLERJAHN 1997) abgesehen – besonders dann dürftig sind, wenn es um den Umbau von Kiefernreinbeständen in Kiefern-Laubholz-mischbestände geht. So wird aufgrund der vermuteten höheren Stabilität, Bodenfruchtbarkeit und Naturnähe von Kiefern-Eichen-Mischbeständen (EBELING u. HANSTEIN 1989) und der Stickstoffeinträge (HEINSDORF 1997) ein Bestockungsumbau von Kiefernreinbeständen zwar als dringend erforderlich angesehen, die Kenntnisse über die günstigste Mischungsform von Kiefern und Eichen, den Mischungszeitpunkt, die Wuchsrelation der beteiligten Baumarten im Laufe der Bestandesentwicklung und den Einfluß des Standortes darauf sind jedoch vergleichsweise gering (BARTSCH et al. 1996). Dies gilt vor allem dann, wenn man nicht an Erfahrungsberichten, sondern an Zahlen interessiert ist. Selbst zur besonders interessierenden Frage der für ein ausreichendes Wachstum der Verjüngungspflanzen erforderlichen Dichte des Kiefernschirmes liegen nur beschränkte Informationen vor (LÜPKE 1995).

Vertretern der naturgemäßen Waldwirtschaft ist immer wieder vorgehalten worden, daß ihre Postulate naturwissenschaftlich nicht überprüfbar seien, da die darin zum Ausdruck gebrachten Grundüberzeugungen metaphysischer Natur sind (HEHN 1990). Im Gegensatz dazu können die konkreten Objekte des naturgemäßen, d. h. im Sinne von THOMASIUS (1992) ökologisch orientierten, Waldbaus sehr wohl detailliert analysiert werden. Dies wurde von der forstwissenschaftlichen Forschung – gemessen an der Zahl der Studien in Altersklassenwäldern – bisher nur in beschränktem Umfang versucht (vgl. AMMER 1995). Es erscheint daher notwendig, die überwiegend auf empirischem Wege gewonnenen Erkenntnisse der Vertreter der naturgemäßen Waldwirtschaft naturwissenschaftlich zu beleuchten (THOMASIUS 1992).

Diesen Ansatz verfolgt die vorliegende Untersuchung, die im Forstamt Nürnberg, welches nach den Grundsätzen der ANW bewirtschaftet wird, durchgeführt wurde und die mit der Beantwortung der folgenden Fragen dazu beitragen will, die zuvor aufgezeigten Wissenslücken weiter zu schließen. Im einzelnen soll geklärt werden:

- Wie ist der Entwicklungszustand (hinsichtlich Dichte, Höhe und Qualität) achtjähriger Eichen aus Saat und beige-pflanzter Buchen unter dem Schirm von Kiefernaltbeständen und wie sind die Wuchsrelationen der beteiligten Baumarten zueinander?
- In welchem Umfang verjüngen und entwickeln sich Eichen und Kiefern auf natürlichem Wege?

- Läßt sich ein Einfluß der Dichte des Altbestandes auf die Höhenentwicklung der gesäten Eichen erkennen?

Untersuchungsgebiet, Versuchsbestände und Aufnahmemethoden

Die vorliegende Untersuchung wurde 1996 in Kiefernbeständen (*Pinus sylvestris* L.) des staatlichen Bayerischen Forstamts Nürnberg im sogenannten Nürnberger Reichswald durchgeführt. Dieser war bis in die jüngste Vergangenheit hinein durch großflächige Kiefernreinbestände geprägt, die ihren Ursprung in gewaltigen Übernutzungen, einer intensiven Streunutzung und biotischen Schadereignissen um die Jahrhundertwende haben (SPERBER 1968 zit. nach KRATZERT 1997). Natürlicherweise muß jedoch von einem erstaunlich hohen Laubholzanteil ausgegangen werden (OTT-ESCKE 1952). So wird der Eichenanteil der potentiell natürlichen Vegetation mit 34, der der Kiefer mit 35 % angegeben (Oberforstdirektion Ansbach 1991). Informationen zu den klimatischen Gegebenheiten und den Standortverhältnissen der Versuchsbestände finden sich in Tabelle 1. In Ergänzung zu aus der Standortkartierung verfügbaren Angaben führten DIEHL und SCHIRMER (1997) mit Hilfe des Bohrstocks in allen Versuchsbeständen eine Ansprache der Bodenart in 30, 60 und 90 cm Tiefe durch. Mit einer Ausnahme herrschten in den oberen 60 cm Sande vor, in 90 cm Tiefe konnten vereinzelt schluffige Sande vorgefunden werden. Von diesen einheitlichen Verhältnissen weicht – in allen Tiefenstufen – lediglich die Bodenart in Bestand 4 ab. Dort waren schon in den oberen 30 Zentimetern tonige Lehme zu finden (vgl. DIEHL u. SCHIRMER 1997). Die vornehmlich aus Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Heidekraut (*Calluna vulgaris*) bestehende Bodenvegetation bedeckte im Mittel rund 40 % der nicht bodenbearbeiteten Untersuchungsfläche.

TABELLE 1
Klimatische und standörtliche Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet
Climate and site characteristics of the study site

Wuchsgebiet	5 Fränkischer Keuper und Albvorland
Wuchsbezirk	5.6 südliche Keuperabdachung
Teilwuchsbezirk	5.6/1 Rezat-Regnitzsenke
Jahresmitteltemperatur	8,3 °C (15,5 °C in der Vegetationszeit)
mittlere Jahresniederschläge	705 mm (ca. 380 mm in der Vegetationsperiode)
Höhenlage	340-380 m über NN
Böden	lt. Standortskarte im wesentlichen mäßig trockene bis mäßig wechsellückige Sande mit geringmächtiger Rohhumusaufflage

Zur Beantwortung der eingangs gestellten Fragen war es notwendig, möglichst viele der mit Eichen vorausverjüngten Bestände in die Untersuchung einzubeziehen. Dazu wurden alle im Jahre 1988 mit Eichen untersäten Kiefernaltbestände eines Distrikts (XVII. Haidberg, Forstdienststelle Schafhof) ausgewählt. In jedem Bestand wurden – proportional zur Flächengröße des Bestandes – ein bis mehrere 20 x 20 m große Versuchspartellen eingerichtet (insgesamt 22 Flächen, vgl. Tab. 2). Diese wurden zunächst auf einer Forstbetriebskarte festgelegt und dann im Gelände markiert. Dieses Vorgehen sollte eine subjektive Flächenauswahl verhindern. In allen untersuchten Beständen wurden durch eine Hiebsmaßnahme vor der Saat zunächst 20–30 % des aufstockenden Vorrats entnommen. An die sich anschließende Bodenbearbeitung

durch langsam laufende Fräsen (Fräsbreite ca. 1 m, Abstand der Frässtreifen 2-4 m) erfolgte die breitwürfige Aussaat des Eichensaatgutes (400-600 kg/ha Gesamtfläche, Eicheln von *Quercus robur* L. und *Quercus petraea* (MATT.) Liebl. aus in Mittelfranken gelegenen, zur Beerntung zugelassenen Eichenbeständen) mit nachfolgender Einarbeitung. Ein bis vier Jahre nach der Saat wurden in die Frässtreifen ca. 2000 Buchen (*Fagus sylvatica* L.) pro Hektar (Wildlinge oder Pflanzen des Sortiment 2/0) gepflanzt. Dieses Vorgehen entspricht dem im Forstamt Nürnberg üblichen und auf großen Flächen realisierten Verfahren. Details hierzu finden sich bei KRATZERT (1997).

Die Aufnahme der Altbestände erfolgte auf jeder der zwei- und zwanzig 400 m² großen Parzellen durch die Messung der Brusthöhendurchmesser und der Baumhöhen (mit Hilfe des Laserhöhenmeßgerätes LEM 300-W) sowie der Bestimmung der Koordinaten aller Altbäume. Zur Erfassung der Verjüngung wurde eine 100 m² große, im Zentrum jeder Parzelle gelegene Teilfläche ausgewählt und in 25 Quadrate von je 4 m² Größe unterteilt. Auf jeweils fünf, für jede Parzelle von neuem zufällig ausgewählten Probequadraten wurden alle Verjüngungspflanzen mit Baumart, Lage (im Saatstreifen oder außerhalb) und Höhe (in cm) erfaßt. Bei sämtlichen Verjüngungspflanzen von mehr als einem Meter Höhe erfolgte zusätzlich eine qualitative Ansprache der Qualität von Krone und Stamm im Anhalt an GOCKEL (1994). Für jedes Aufnahmequadrat wurde darüber hinaus der Deckungsgrad der Bodenvegetation angeschätzt.

Statistische Auswertung

Für sämtliche statistischen Tests und Rechenoperationen wurde auf das Programmpaket SAS (Version 6.08) zurückgegriffen. Bei der Berechnung von Höhenmittelwerten wurden Konfidenzgrenzen berechnet. Dadurch ließ sich überprüfen, inwieweit die erhobene Stichprobe die Höhen – gemessen an der Variabilität der Höhenwerte – ausreichend präzise erfaßt hat. Zudem geben die Konfidenzgrenzen darüber Aufschluß, ob die Unterschiede zwischen den mittleren Höhen der Baumarten signifikant sind oder nicht. LAAR (1979) gibt mehrere Formeln für die Berechnung von Konfidenzintervallen an, die jedoch voraussetzen, daß der Verteilungstyp der Daten bekannt ist oder dieser näherungsweise einer Normalverteilung entspricht. Für die Verteilung der Höhe der Eichen auf der Saatfläche traf letzteres jedoch nicht zu. Auffallend sind dort die zum Teil ausgesprochen asymmetrischen Verteilungen der Höhenwerte, bei denen in allen Fällen der Mittelwert über dem Median liegt und die Maximalwerte stets wesentlich weiter vom Mittel entfernt sind als die Minima (vgl. Abb. 1). Da der Shapiro-Wilk Test für die Prüfung auf Normalverteilung einer Meßwertreihe nach LAAR v. (1979) nur für Stichprobenumfänge < 50 geeignet ist, wurde die Verteilung der Höhen der Saateichen graphisch auf die Normalverteilungsannahme geprüft. Dabei wird die empirische Verteilungsfunktion mit Hilfe einer Probit-Transformation umgewandelt. Entsprechen die ursprünglichen Werte einer Normalverteilung, so lassen sie sich nach der Transformation gut durch eine Gerade approximieren (DUFNER et al. 1992). Das gelang im vorliegenden Fall erwartungsgemäß nicht. Erst eine Logarithmierung der Daten (bei Eiche und Kiefer) bzw. eine Wurzeltransformation (Buche) führte zur Annäherung an eine Normalverteilung. Für die transformierten Werte ließen sich nun ein arithmetischer Mit-

telwert sowie untere und obere Konfidenzgrenzen berechnen und abschließend rücktransformieren (vgl. Tab. 5).

Für die Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Auflichtungsgrad des Altbestandes und dem Höhenwachstum der Eichen mußte die ursprünglich vorgesehene und durch fehlgeschlagene Stahlungsmessungen verhinderte zählquadratbezogene Betrachtung ersetzt werden. Nach DOHRENBUSCH (1997) eignen sich Altbestandsparameter wie die Stammzahl und die Grundfläche in Kiefernbeständen gut zur Abbildung der relativen Beleuchtungsstärke. Im vorliegenden Fall wurde dazu die von EL KATEB (1991) vorgeschlagene Altbestandsdichte (N^2/G), die eine Kombination beider Größen darstellt, herangezogen. Als abhängige Variable diente die mittlere Höhe der fünf höchsten Eichen je Parzelle. Für diese Individuen wurde davon ausgegangen, daß ihr Lichtgenuß im wesentlichen durch den Altbestand und nicht durch andere Verjüngungspflanzen bestimmt ist. Da auch Einflüsse der Bodenvegetation, der Bodenart und der Verjüngungsdichte (Wurzelkonkurrenz) auf das Höhenwachstum der Eichen denkbar waren, wurden auch diese Größen als erklärende Variablen in einer multiplen Regressionsanalyse getestet. Die Auswahl des verwendeten Modells erfolgte nach der bei MUSSONG (1989) beschriebenen Vorgehensweise. Der Identifikation von Ausreißern und der Prüfung der Modellvoraussetzungen (Homoskedastizität und Normalverteilung der Residuen) diente die Residualanalyse (vgl. DUFNER et al. 1992).

Ergebnisse

Altbestände

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die wichtigsten ertragskundlichen Kennwerte der untersuchten, unterschiedlich alten Bestände und der dazugehörigen Teilparzellen. Bis auf eine schwache Fichte in Bestand 7 sind alle in den Altbeständen vorhandenen Bäume Kiefern. Die Stammzahlen, Grundflächen und Vorräte schwanken nicht nur zwischen den Beständen, sondern auch zwischen den Parzellen eines Bestandes z. T. erheblich. In den Unterschieden zwischen den Parzellen eines Bestandes hinsichtlich Grundfläche und Vorrat (vgl. Bestand 5 Parzellen 13 und 16) kommt möglicherweise die sich an der Qualität der Altkiefern orientierende unterschiedliche Durchforstungsintensität bei den letzten Eingriffen zum Ausdruck. Die Bonitäten der älteren Bestände sind deutlich schlechter als die der jüngeren. Die Bestockungsgrade schwanken dagegen nur wenig um ca. 0,9. Lediglich Bestand 3 macht hiervon eine Ausnahme. Allerdings weisen die Bestände auch sehr dicht bestockte Teilflächen (Parzellen) auf (Tab. 2).

Verjüngungsdichte

Die folgenden Ausführungen beruhen auf den arithmetischen Mittelwerten der Dichtewerte der Zählquadrate je Bestand.

Die für die Eiche gefundenen Werte enthält Tabelle 3, in der Angaben über drei Kollektive gemacht werden. Die Dichte der Eichen auf den Saatstreifen gibt an, wieviele Eichen auf einem Hektar stünden, wenn auf der gesamten Fläche gesät worden wäre. Daneben ist die Dichte der aus Naturverjüngung (vermutlich Eichelhäusersaat) stammenden Eichen auf der nicht bodenbearbeiteten Fläche angegeben. Die waldbaulich wichtigste Information ist die Zahl der je Hektar insgesamt vorhandenen Eichen. Wie sich zeigt, liegt der Anteil der bodenbearbeiteten und für eine Saat genutzten Fläche bei knapp 20 %. In allen Fällen waren die Saaten sehr erfolgreich, denn die auf den Saatstreifen ermittelten Pflanzendichten liegen

TABELLE 2

Daten der untersuchten Kiefernreinbestände (Die ersten sechs Spalten enthalten Angaben zu den Beständen, parzellenscharfe Informationen finden sich in den Spalten 7 bis 10, Bonitäten und Bestockungsgrade richten sich nach der Ertragstafel von WIEDEMANN (1943), Kiefer, mäßige Durchforstung, zit. n. Bayer. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten 1981)

Stand data (the first six columns give informations about the stands, columns 7 to 11 provide data for each plot. Site classes and stand density indices follow WIEDEMANN'S yield table)

Bestand	Waldort	Alter (Jahre)	Bonität	BG	Saatfläche 1988 (ha)	Parzelle	N/ha	Grundfl. (m ² /ha)	Vorrat (Vfm/ha)
1	Haidbrunnen 11 e ^l	124	III.4	0,93	6,5	1	350	23,92	199
						2	425	25,37	237
						3	525	26,91	251
2	Haidbrunnen 11 f ^l	90	II.7	0,90	8,5	4	650	30,13	269
						5	550	24,02	210
						6	550	27,32	248
						7	500	26,39	231
3	Hänge 5 e ^l	70	I.0	0,72	2,0	8	475	24,24	248
						9	675	38,32	389
4	Hänge 5 d ^l	77	I.6	0,89	4,0	10	325	20,79	212
						11	450	21,38	187
5	Mulden 7 d ^l	95	II.3	0,85	13,0	12	575	27,30	253
						13	525	37,06	368
						14	450	35,63	400
						15	350	20,28	211
						16	425	19,69	198
						17	425	30,72	322
6	Gunzenleithe 8 b ^l	93	I.7	0,93	6,3	18	425	28,99	290
						19	400	31,86	376
						20	450	30,30	327
7	Gunzenleithe 8 b ^l	97	II.3	0,86	7,0	21	375	24,73	246
						22	500	26,76	253

BG = Bestockungsgrad

TABELLE 3

Dichte der Eichen auf den Saatstreifen, den unbearbeiteten Bestandesteilen und auf der Gesamtfläche (die mit n bezeichneten Spalten geben die dem Mittelwert zugrundeliegende Zahl an Aufnahmequadraten wieder; SF bedeutet Standardfehler)

Number of oaks on the direct-seeded tracts, on the uncultivated subareas and on the total stand area (n = number of sample units, SF = standard error)

Bestand	Anteil der Saatfläche (%)	n	Saatfläche (N/ha)	SF	n	Restfläche (N/ha)	SF	n	Gesamtfläche (N/ha)	SF
Alle	18,51	79	205537	15179	110	3585	648	110	40966	4333
1	17,22	11	301882	32107	15	5573	1718	15	56597	12558
2	16,39	15	284044	35840	20	4221	1098	20	50084	11414
3	19,60	3	132625	18593	5	0	-	5	25995	11484
4	20,65	9	138615	48699	10	2758	1605	10	30813	8643
5	17,19	16	161720	31035	30	2737	953	30	30084	7516
6	26,17	12	190755	33402	15	5803	3041	15	54205	11720
7	17,27	13	135421	16447	15	1425	488	15	24566	5700

stets erheblich über 100 000 Pflanzen/ha. Erstaunlich hohe Zahlen an jungen Eichen ließen sich in einigen Beständen auch außerhalb der Saatstreifen feststellen, die Unterschiede zwischen den Beständen sind dort, relativ gesehen, jedoch wesentlich größer als auf den Saatflächen. Die Werte der beige-pflanzten Buchen lagen auf den Saatstreifen zwischen 1500 (Bestand 3) und 6500 (Bestand 4) pro Hektar. Im Mittel er-

rechneten sich 2475 Pflanzen pro ha, bezogen auf die Gesamtfläche sind dies rd. 460 Buchen/ha. Die über alle Bestände hinweg auf den Saatstreifen festgestellte mittlere Dichte der Kiefern ist mehr als doppelt so hoch wie der entsprechende Wert auf der unbearbeiteten Fläche (Tab. 4). Dieser Befund weist auf die Beeinflussbarkeit der Kiefern naturverjüngung durch Bodenbearbeitung hin.

TABELLE 4

Dichte der Kiefern auf den Saatstreifen, den unbearbeiteten Bestandteilen und auf der Gesamtfläche (die mit n bezeichneten Spalten geben die dem Mittelwert zugrundeliegende Zahl an Aufnahmequadraten wieder; SF bedeutet Standardfehler)

Number of pines on the direct-seeded tracts, on the uncultivated subareas and on the total stand area (n = number of sample units, SF = standard error)

Bestand	Anteil der Saatfläche (%)	n	Saatfläche (N/ha)	SF	n	Restfläche (N/ha)	SF	n	Gesamtfläche (N/ha)	SF
Alle	18,51	79	75187	8363	110	32804	3779	110	40649	4012
1	17,22	11	150972	23807	15	60340	12207	15	75947	13056
2	16,39	15	75682	16531	20	38109	86846	20	44267	8284
3	19,60	3	46956	10276	5	500	500	5	9605	5025
4	20,6	9	9764	2651	10	12195	3911	10	11693	3489
5	17,19	16	70810	19099	30	31109	6624	30	37934	7322
6	26,17	12	66511	14547	15	33337	8863	15	42018	9439
7	17,27	13	30401	7646	15	11824	3716	15	15032	3543

Höhen

Abbildung 1 zeigt die mittleren Höhen der Eichen auf den Saatstreifen insgesamt („Revier“), in den Beständen bzw. auf den einzelnen Parzellen. Die mittlere Höhe aller gemessenen Saateichen beträgt 35 cm. Die teilweise vermutlich älteren Eichen aus Naturverjüngung sind im Mittel 10 cm höher als die Saateichen. Auffällig ist die mit 101 Zentimetern stark abweichende mittlere Höhe der Saateichen in Bestand 4, dessen Bodenart sich von jener der anderen Bestände deutlich unterscheidet. Beim Vergleich der arithmetischen Mittelwerte der gesäten und der natürlich verjüngten Eichen mit den transformierten Mittelwerten beider Kollektive fällt auf, daß die zuerst genannten wesentlich höher sind (Tab. 5). Dieser Befund hat seinen Grund darin, daß die Bildung des arithmetischen Mittelwertes stark auch von wenigen extrem nach oben oder unten abweichenden Werten beeinflusst wird, was nach einer Logarithmierung der Werte nicht der Fall ist. Ein auf diese Weise gewonnener Mittelwert stellt nicht mehr das arithmetische, sondern das geometrische Mittel dar. Daraus wird auch verständlich, warum die angegebenen Konfidenzgrenzen den arithmetischen Mittelwert nicht einschließen. Die Aussagekraft des transformierten Mittelwertes und der dazu angegebenen Konfidenzgrenzen ist im vorliegenden Fall höher einzuschätzen als die des arithmetischen Mittelwertes. Der transformierte Wert enthält die für den Waldbau wichtigsten Informationen, weil man weniger am Einfluß einiger Vorwüchse, die im Zweifelsfalle ohnehin im Rahmen der Jungwuchspflege entfernt werden, interessiert ist, sondern vielmehr am Zustand des Gesamtkollektives.

Die Höhen der Buchen sind deutlich inhomogener als die der Eichen (Abb. 2). Dies gilt sowohl für den Vergleich der Parzellen als auch der Bestände untereinander. Abgesehen von Bestand 2, liegen die in den Abbildungen angegebenen Mittelwerte der Buche in den meisten Fällen deutlich über jenen der Eiche.

Sämtliche Kiefernjungpflanzen stammen aus Naturverjüngung. Da die vor der Eichensaat durchgeführte Bodenbearbeitung die dort vorhandenen Kiefern beseitigte, war zu erwarten, daß sich die Höhen der Kiefern auf den Saatflächen von denen der auf den unbearbeiteten Teilflächen befindlichen Individuen unterscheiden. Abgesehen von einigen wenigen besonders hohen Bäumchen, war dies jedoch nicht der Fall. Aus diesem Grund sind in Abbildung 3 und Tabelle 5 sämtliche Kiefern zusammengefaßt. Beim Vergleich der Abbildungen 1 und 3 fällt auf, daß die Box-plots der Kiefern und die der Eichen auf den jeweiligen Parzellen teilweise ähnlich sind. So weist z. B. Parzelle 4 sowohl bei den Kiefern als auch bei den Eichen relativ geringe Werte auf, während Parzelle 15 bei beiden Baumarten durch große Höhenwerte gekennzeichnet ist.

Da die sonstigen Baumarten (im wesentlichen Aspen, Birken und Weiden) der Zahl nach keine Rolle spielen, wird auf Höhenangaben für diese Arten verzichtet. Abbildung 4

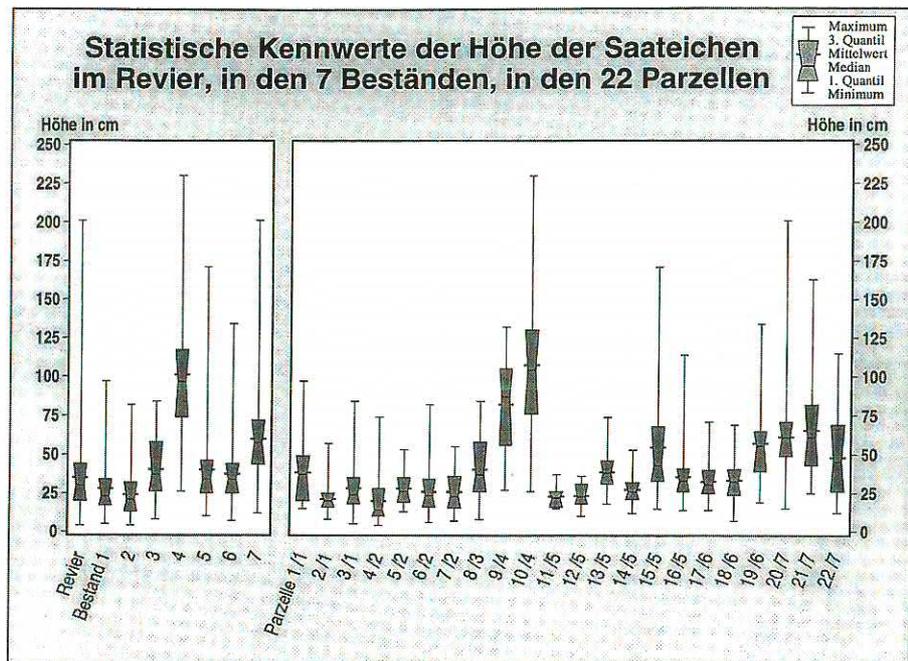


Abb. 1. Box-plots der Höhenmeßwerte der Eichen auf den Saatstreifen. Box-plots for heights of the direct-seeded oaks.

TABELLE 5

Mittelwerte und 95 %-Konfidenzgrenzen der Höhenmeßwerte der gesäten und der natürlich verjüngten Eichen, der gepflanzten Buchen und der natürlich verjüngten Kiefern

Mean heights and 95 % confidence intervals of naturally-regenerated and direct-seeded oaks, planted beeches and naturally-regenerated pines

Kollektiv	N	arithmet. Mittelhöhe (cm)	Art der Transformation	rücktransformierte Mittelhöhe (cm)	Konfidenzintervall
Eichen auf der Saatfläche	1522	35,0	$y=\ln(x)$	29,62	$28,76 < \mu < 30,50$
Eichen auf der unbearbeiteten Fläche	106	45,6	$y=\ln(x)$	33,49	$29,34 < \mu < 38,23$
Buchen auf der Saatfläche	99	86,8	$y=x^{0,5}$	78,68	$68,97 < \mu < 89,13$
Kiefern auf der Saatfläche	1560	28,89	$y=\ln(x)$	20,17	$19,30 < \mu < 21,09$

zeigt über alle Bestände hinweg die relativen Häufigkeiten von Eichen, Kiefern und Buchen in verschiedenen Höhenklassen. In der untersten Höhenklasse ist die Kiefer am stärksten vertreten. In den nächst höheren Klassen nimmt die Häufigkeit der Eiche zu. Die Buche besitzt nur geringe Anteile, die sie allerdings bis in die oberen Höhenklassen hält. In der Klasse der Bäume, die mindestens 100 cm hoch sind, ist die Buche die am häufigsten vorkommende Baumart.

Das Ergebnis der Regressionsrechnungen zur Erklärung der Variation der Höhenwerte verdeutlicht Tabelle 6. Als signifikante Variablen erwiesen sich nur die Altbestandsdichte und die als Dummy-Variable kodierte Bodenart. Es zeigt sich, daß die Höhen der Eichen mit zunehmender Altbestandsdichte nur sehr langsam zurückgeht (Abb. 5). Von weitaus stärkerem Einfluß auf das Höhenwachstum der übershirmten Ei-

chen scheint die Bodenart zu sein. Dieser Befund ist angesichts der geringen Zahl an Stichproben mit der Bodenart „toniger Lehm“ allerdings sehr vorsichtig zu bewerten.

Qualität

Insgesamt waren lediglich 83 Eichen höher als einen Meter. Von diesem Kollektiv entfielen 54,3 % auf die beste Kronenklasse (wipfelschäftig). Weitere 34,9 % wurden als „wipfelschäftig mit Tendenz zur Zwieselbildung“ eingestuft. Qualitativ unbefriedigend waren lediglich die Kronen von 10,8 % der beurteilten Individuen. Auch die Stammformen der meisten Bäumen

waren zufriedenstellend: 46,3 % wurden als gerade und 42,7 % als nur schwach knickig angesprochen. Knickige (7,3 %) oder bogige (3,7 %) Individuen waren selten.

Diskussion

Zur Beantwortung der eingangs gestellten Fragen soll im folgenden zunächst auf die Verjüngungsdichte eingegangen werden. Die festgestellten Individuenzahlen an aus Saat hervorgegangenen Eichen entsprechen in etwa den von PREUSHLER et al. (1994) ebenfalls im Forstamt Nürnberg an 9jährigen Eichensaaten ermittelten Werten. Sie sind ein Hinweis darauf, daß das hier praktizierte Verfahren zur Einbringung der Eiche in Kiefernbestände geeignet ist, eine ausgesprochen individuenreiche Verjüngung hervorzubringen.

Angesichts der teilweise erstaunlich hohen Dichten an natürlich verjüngten Eichen stellt sich allerdings die Frage, ob es in allen Fällen notwendig gewesen wäre, auf die kostspielige, weil künstliche Form der Eicheneinbringung zurückzugreifen. Dies, zumal MOSANDL und KLEINERT (1998) bei einer detaillierten Qualitätsansprache von Hähereichen vergleichbarer Dichte feststellten, daß unter relativ dichten Kieferschirmen erwachsene Eichen ihren Artgenossen einer stammzahlreichen Dichtung im Spessart qualitativ vergleichbar waren. Die im vorliegenden Fall beurteilten Individuen – zumeist ebenfalls Hähereichen – bestätigten diesen Befund, denn jeweils ca. 90 % der Bäume waren von guter Qualität. HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) konnte oberhalb einer kritischen Grenze des Lichtgenusses sogar den qualitätsfördernden Einfluß eines relativ dichten Kieferschirmes nachweisen. Obwohl nicht jede Hähersaat nach Zahl und Formigkeit der Bäumchen befriedigt – häufig aufgrund starken Verbiß-

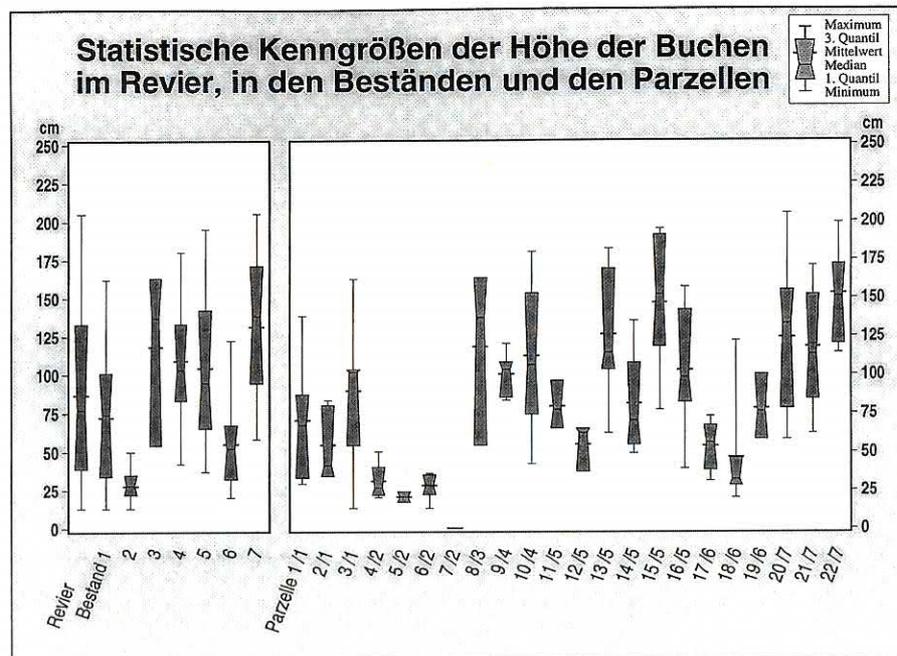


Abb. 2. Box-plots der Höhenmeßwerte der gepflanzten Buchen. Box-plots for heights of the planted beeches.

druckes (OTTO 1996) – lassen sich selbst geringe Dichten durch Nachanbau sinnvoll und kostengünstig vervollständigen (vgl. FISCHER 1993). Nach EISENHAUER (1994) ist jedoch selbst eine qualitativ unbefriedigende Eichenverjüngung aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung, z. B. durch die Behinderung der Vergrasung (vgl. BOLTE u. BILKE 1998) oder wegen der Verbesserung der Basensättigung der Humusaufgabe bzw. der Absenkung des C/N-Verhältnisses (STROHBACH 1997), eine Bereicherung. Analog zu VULLMER und HANSTEIN (1995) ergaben sich auch aus der vorliegenden Untersuchung keine Hinweise auf vom Eichelhäher besonders bevorzugte Bestandestypen. In jedem Fall scheinen aber auch Bestockungsgrade über 0,9 kein Ausschlusskriterium darzustellen.

Von besonderem Interesse war im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Frage nach der Wuchsrelation von Eiche zu Buche bzw. Kiefer. Wie sich zeigte (vgl. Abb. 1, 2, 3, 4 und Tab. 5), wirkte sich die bisher noch immer hohe Altbestandsdichte auf die Buche am geringsten aus, wodurch sie den oberen Höhenbereich der Verjüngung zu dominieren beginnt. Dieser Befund sollte angesichts der geringen Zahl beigeplanter Buchen jedoch nicht überbewertet werden, da es keinen hohen Pflegeaufwand bedeuten dürfte, die Konkurrenzverhältnisse zugunsten der Eiche (Kiefer) zu regeln, bzw. die Möglichkeit besteht, einzelne Buchen in den späteren Hauptbestand zu übernehmen (EBELING u. HANSTEIN 1988). Dennoch könnte dieses Ergebnis ein Hinweis darauf sein, die Einbringung des Schattlaubholzes keinesfalls schon kurz nach der Saat durchzuführen, sondern damit ca. 4 Jahre zu warten. Wo dies erfolgte (Bestände 1, 2 und 6), sind die Buchen bei weitem nicht so vorwüchsig.

Hinsichtlich der Konkurrenz von Eiche und Kiefer scheint die Eiche derzeit im Vorteil zu sein (Tab. 5). Auch PREUSHLER et al. (1994) kamen in der bereits erwähnten Untersuchung zu dem Schluß, daß die Eiche der Kiefer bei der vorliegenden

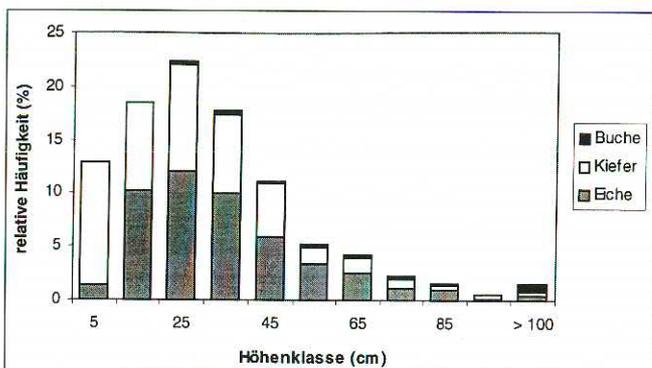


Abb. 4. Verteilung aller Höhenmeßwerte (angegeben sind jeweils die Klassenmitten).
Frequency distribution of height classes (the mean of classes are given).

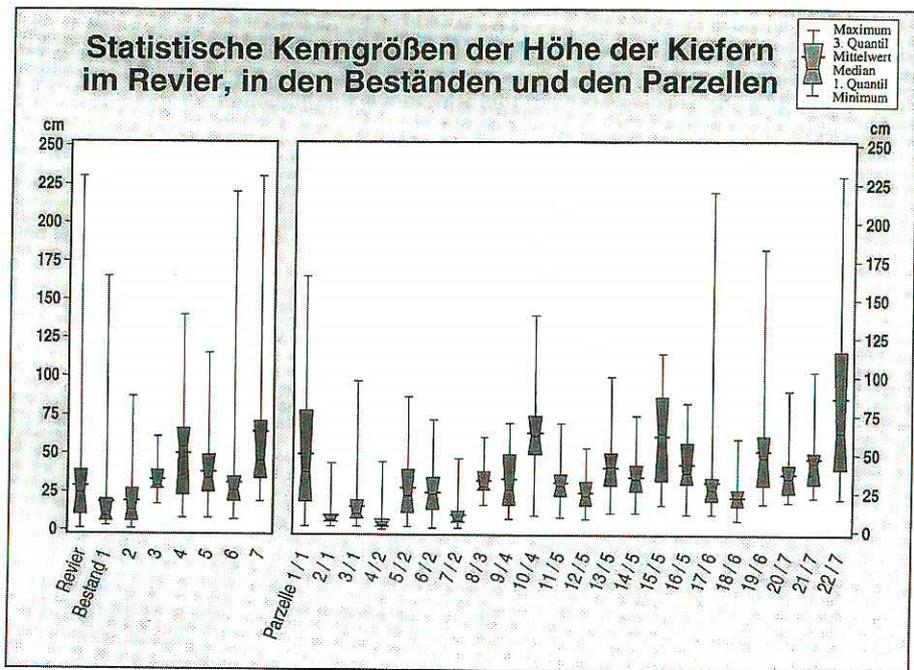


Abb. 3. Box-plots der Höhenmeßwerte der natürlich verjüngten Kiefern.
Box-plots for heights of the naturally-regenerated pines.

Überschirmungssituation im Höhenwachstum überlegen ist. Angesichts der hohen Zahl an Kiefern dürfte es jedoch ein leichtes sein, einen erwünschten Kieferranteil zu verwirklichen. Dies ist auch im Hinblick auf die Eichenverjüngung wünschenswert. So stellten BARTSCH et al. (1996) fest, daß Eichen, die sich in Mischung mit Kiefer befanden, ihren Artgenossen eines Reinbestandes im Höhen- und Dickenwachstum

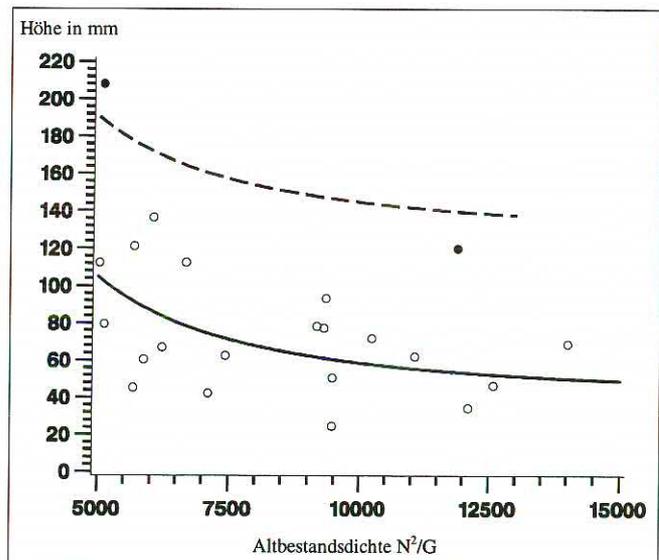


Abb. 5. Zusammenhang zwischen Altbestandsdichte (N^2/G) und arithmetischer Mittelhöhe der fünf höchsten Eichen je Parzelle (Kreise und durchgezogene Linie; Bodenart Sand, ausgefüllte Punkte und gestrichelte Linie; Bodenart toniger Lehm).
Relationship between the density of the pine stand and the mean height of the five tallest oaks per plot (circle and solid line: soil texture = sand; dots and broken line: soil texture = clay-loam).

TABELLE 6

Ergebnisse der Regressionsrechnungen zur Erklärung der Variation der Höhenmeßwerte der höchsten Eichen

Results of regression analysis of the relationship between the heights of the tallest oaks and the density of the old growth

Gleichung	Variable	Parameter	Signifikanz
$y = b_0 + b_1 x^{1.8} + b_2 z$	y = arithmetische Mittelhöhe der fünf höchsten Saateichen je Parzelle		p=0,0001
adj. $r^2 = 61,07$	Ordinatenabschnitt	$b_0 = 82,65$	***
	$x = N^2/G$ (des Altbestandes) je Parzelle	$b_1 = 29,57 \cdot 10^6$	***
	z = Dummy-Variable (Bodenart Sand: z = -1, Bodenart toniger Lehm: z = 1)	$b_2 = 42,74$	***

überlegen waren. Wie der Vergleich der Ergebnisse mit Untersuchungen aus Polen (ZWENIECKI u. TARASIUK 1993) zeigt, scheinen sich die Konkurrenzverhältnisse zwischen jungen Eichen und Kiefern unter Kiefernaltholzschirm mit zunehmender Kontinentalität zugunsten der Kiefer umzudrehen.

Zur Beantwortung der zweiten der eingangs gestellten Fragen kann festgestellt werden, daß sich besonders auf den bodenbearbeiteten Teilflächen, aber auch auf der Restfläche eine individuenreiche Kiefernaturverjüngung eingestellt hat. Dies ist ein eindeutiges Indiz gegen die von SEIDLING und LÜHRTE (1996) geäußerte Vermutung, daß junge Eichen das Lichtklima und die Qualität der Humusaufgabe zuungunsten der Kiefernaturverjüngung verändern. Die Bodenbearbeitung scheint vielmehr die eine Ansammlung häufig verhin- dernde Bodenvegetation (vgl. EBELING u. HANSTEIN 1989; DOHRENBUSCH 1995, 1997) erfolgreich zurückgedrängt zu haben. Weder auf den gefrästen noch auf den unbearbeiteten Teilflächen ließen sich in Übereinstimmung mit BRECHTEL (1969) erkennbare Beziehungen zwischen der Altbestands- und der Kiefernaturverjüngungsdichte feststellen. Offensichtlich ist auch die Wasserversorgung für das Ankommen und die Etablierung der jungen Kiefern auf allen Flächen ausreichend. Nach den Untersuchungen von HEINRICH (1936) und WITTICH (1938, 1955) hätten sich sonst in Abhängigkeit der Altbestandsdichte deutliche Dichteunterschiede feststellen lassen müssen. Nach den von DOHRENBUSCH (1997) mitgeteilten Befunden ist auf den stark überschirmten Teilflächen mittelfristig ein Rückgang der Kieferndichten allerdings wahrscheinlich.

Die nur geringe Zunahme der Höhe der Eiche mit abnehmender Altbestandsdichte (d. h. zunehmendem Auflichtungsgrad des Altbestandes) stimmt mit den Ergebnissen von LÜPKE (1995) überein. Er konnte nachweisen, daß – im Gegensatz zum Durchmesser – eine deutliche Reduktion des Höhenwachses junger Eichen erst bei einem Strahlungsangebot von weniger als 50 % des Freilandwertes eintritt. Bis zu einer Höhe von ca. 2 Metern ließen die Eichen fast gar keinen Einfluß der unterschiedlichen Überschirmungsdichte erkennen. Auch KOSS (1995) stellte an gepflanzten Eichen bei Überschirmungsgraden zwischen 30 und 70 % keine Wachstumsunterschiede fest. Sowohl IGBOANUGO (1990) als auch ZIEGENHAGEN und KAUSCH (1993) fanden in gezielten Experimenten maximale Sproßlängen ebenfalls nicht bei maximalen Strahlungsmengen. In einer sehr gründlichen Studie an gesäten und gepflanzten Eichen konnte HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) bei zwischen 30 und 60 % des im Freiland gemessenen Lichtes keine signifikanten Unterschiede im Höhenwachstum feststel-

len. Im Gegensatz dazu verringerte sich der Durchmesser der von ihr untersuchten Eichen bei abnehmendem Strahlungsangebot. Selbst beim Vergleich überschirmter und nichtüberschirmter 37-jähriger Eichenbestände ließen sich keine Unterschiede in der Höhenwuchsleistung der Bestände erkennen (URBAN 1994). Der Befund, daß die bei tonig-lehmiger Bodenart (Bestand 4) erreichten Wuchsleistungen bei gleicher Altbestandsdichte deutlich über den Werten der Vergleichskollektive auf Sand liegen, unterstreicht die Bedeutung der

Wasserversorgung in niederschlagsarmen Gebieten auf Standorten von begrenzter Wasserhaltekapazität nicht nur für das Ankommen (vgl. WITTICH 1955), sondern auch für das Wachstum der Verjüngungspflanzen (vgl. HEUER 1996). Angesichts von nur zwei Parzellen auf dem besseren Standort muß dieses Ergebnis jedoch vorsichtig interpretiert werden. Hierzu wären weitere Untersuchungen z. B. durch hydrologische Messungen wünschenswert. Entsprechende erste Meßreihen, die diesen Aspekt beleuchten, hat HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) vorgestellt. Sie konnte einen durchgängig negativen Effekt der Altholzwurzelkonkurrenz auf das Wachstum der jungen Eichen jedoch nicht feststellen, obwohl die Altholzwurzeln die Bodenfeuchtigkeit signifikant verringerten. Im Gegensatz dazu ließ sich der Einfluß des Strahlungsgenusses auf das Wachstum junger Eichen in Abhängigkeit der Bodenfeuchte in den Experimenten von HEES (1997) deutlich erkennen. Die von ihm untersuchten Eichen reagierten auf ein erhöhtes Strahlungsangebot nur im Falle ausreichender Bodenfeuchte mit einem gesteigerten Höhenwachstum.

Die hinsichtlich der Identifikation der für das Pflanzenwachstum entscheidenden Faktoren vagen Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstreichen die Notwendigkeit, den von HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) und HEES (1997) beschrittenen Weg der möglichst getrennten Erfassung der den Pflanzen zur Verfügung stehenden Ressourcen in künftigen Untersuchungen weiter zu gehen. Dies schließt nach Möglichkeit auch Messungen zu weiteren potentiellen Einflußgrößen, wie z. B. der Lichtqualität, ein.

Aufgrund des allorts veränderten Zuwachsganges von Kiefernaltbeständen (vgl. z. B. PRETZSCH 1985) lassen sich bei der künftigen Bestandesbehandlung Ernte- und Pflegemaßnahmen im Sinne von THOMAS (1992) auf lange Zeit eng verzahnen, da die mit einer der Verjüngung zugute kommenden Auflichtung verbundene Minderung des Volumenzuwachses durch die Nutzung hiebsreifer Bäume weitaus geringer ausfällt, als das nach der Ertragstafel zu erwarten wäre (vgl. RÖHE 1996). Angesichts der Überschirmungstoleranz der Eichenverjüngung bietet das in Nürnberg gewählte Vorgehen damit bei der künftigen, am Wert des Einzelstammes orientierten Nutzung der Altbestandsbäume ein Höchstmaß an waldbaulicher Freiheit. Die von HAUSKELLER-BULLERJAHN (1997) beobachtete Altersabhängigkeit des Lichtbedarfs der jungen Eichen erfordert – neben der Notwendigkeit zur Durchführung langandauernder Versuchsreihen – allerdings die ständige Aufmerksamkeit des den Wald Bewirtschaftenden.

Literatur

- Ammer, Ch. 1995. Was ist ökologisch fundierter Waldbau - Gedanken zu: Auf dem Weg zum Waldbau auf ökologischer Grundlage von E. Röhrig. *Forstarchiv*, 66, 100-102.
- Bartsch, N., Petercord, R., Lüpke, B. v. 1996. Wachstum von Traubeneiche in Mischung mit Kiefer. *Forst u. Holz* 51, 195-200.
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), 1981. *Hilfsstafeln für die Forsteinrichtung*.
- Bolte, A., Bilke, A. 1998. Wirkung der Bodenbelichtung auf die Ausbreitung von *Calamagrostis epigejos* in den Kiefernforsten Nordostdeutschlands. *Forst u. Holz* 53, 232-236.
- Brechtel, H. M. 1969. Methode zur Untersuchung der Kiefernaturverjüngungsfrage. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 140, 193-204.
- Dichl, T., Schirmer, W. 1997. *Zur Entwicklung von Eichensaat unter Kiefernschirm im Nürnberger Reichswald*. Unveröffentl. Diplomarbeit, Forstwissenschaftl. Fakultät d. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Dohrenbusch, A. 1995. Die ökologischen Voraussetzungen der Kiefernaturverjüngung. In: Lüpke, B. v. (Hrsg.), *Waldbauliche Fragen der Kiefernwirtschaft. Kolloquium aus Anlaß des 100 jährigen Geburtstages von Adolf Olberg*. Schriften a. d. Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen u. d. Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, Band 119, 72-87.
- Dohrenbusch, A. 1997. *Die natürliche Verjüngung der Kiefer (Pinus sylvestris L.) im nordwestdeutschen Pleistozän*. Schriften a. d. Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen u. d. Niedersächsischen Forstl. Versuchsanstalt, Band 123.
- Dufner, J., Jensen, U., Schumacher, E. 1992. *Statistik mit SAS*. Stuttgart.
- Ebeling, K., Hanstein, U. 1988. Eichenkulturen unter Kiefernaltholzschirm. *Forst u. Holz* 43, 463-467.
- Ebeling, K., Hanstein, U. 1989. Kiefern-Eichen-Mischbestände - ein Betriebszieltyp mit Zukunft? Am Beispiel des staatlichen Forstamtes Sellhorn, Lüneburger Heide. *Forst u. Holz* 44, 63-66.
- Eder, W. 1997. Aufgaben der Waldwachstumsforschung aus der Sicht der forstwirtschaftlichen Praxis. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 168, 177-182.
- Eisenhauer, D.-R. 1994. Eichennaturverjüngung unter Kiefer. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol.* 28, 53-61.
- El Kateb, H. 1991. *Der Einfluß waldbaulicher Maßnahmen auf die Sproßgewichte von Naturverjüngungspflanzen im Bergmischwald*. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 111.
- Fischer, E. 1993. Über den Umbau von Kiefernreinständen mit Eiche aus Hähersaat und Pflanzung. *Forst u. Holz* 48, 525-528.
- Gockel, H.A. 1994. *Soziale und quantitative Entwicklung sowie Z-Baumhäufigkeiten in Eichenjungbeständen; die Entwicklung eines neuen Pflanzschemas „Die Trupppflanzung“*. Dissertation, Forstwissenschaftl. Fachbereich d. Georg-August-Universität Göttingen.
- Hauskeller-Bullerjahn, K. 1997. *Wachstum junger Eichen unter Schirm*. Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 147.
- Hees, A. F. M. 1997. Growth and morphology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in relation to shading and drought. *Ann. Sci. For.* 54, 9-18.
- Hehn, M. 1990. Naturgemäße Waldwirtschaft - was ist das eigentlich? Grundgedanken der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft. *Forst u. Holz* 45, 177-184.
- Heinrich, F. 1936. Wasserfaktor und Kiefernwirtschaft auf diluvialen Sandböden Norddeutschlands. *Z. f. Forst- u. Jadwes.* 68, 245-279 u. 353-390.
- Heinsdorf, M. 1997. Boden- und ernährungkundliche Untersuchungen in Kiefern-Buchen-Mischbeständen auf verschiedenen Standorten Brandenburgs. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol.* 31, 119-124.
- Heuer, E. 1996. Begründung von Mischbetänden aus Laub- und Nadelbäumen unter Schirm von Kiefernalthbeständen. *Allg. Forstz.* 51, 724-727.
- Igboanugo, A.B.I. 1990. Effects of shading on shoot morphology, wood production and structure of *Quercus petraea* seedlings. *For. Ecol. Manage.* 38, 27-36.
- Koss, H. 1995. Versuche zur Eichen-Nesterpflanzung als Voranbaumaßnahme unter Kiefer. *Der Wald* 45, 312-315.
- Kratzert, G. 1997. *Die Entwicklung des Waldbaus in den Reichswäldern bei Nürnberg unter besonderer Berücksichtigung der Großkahlfächenaufforstungen um die Jahrhundertwende sowie nach dem 2. Weltkrieg*. Dissertation, Forstwissenschaftl. Fakultät d. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Laar van, A. 1979. *Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft. Teil I Verfahrensgrundlagen*. Forstliche Forschungsberichte München Nr. 44/I.
- Lüpke v., B. 1995. Überschirmungstoleranz von Stiel- und Traubeneiche als Voraussetzung für Verjüngungsverfahren unter Schirm. *Mitt. Forstl. Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz* 34, 141-160.
- Mosandl, R., Kleiner, A. 1998. Development of oaks (*Quercus petraea* (MATT.) Liebl.) emerged from bird-dispersed seeds under old-growth pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *For. Ecol. Manage.* 106, 35-44.
- Mussong, M. 1989. Multiple Regressionsmodelle maximaler Treffsicherheit für die Anwendung im SAS-System. *Forstarchiv* 60, 236-238.
- Oberforstdirektion Ansbach. 1991. *Textteil zum Forstwirtschaftsplan für den Staatswald des Forstamtes Nürnberg*.
- Ott-Escke, M. 1952. Pollengeschichtliche Untersuchungen im Gebiet des Nürnberger Reichswaldes. *Forstw. Cbl.* 71, 48-63.
- Otto, H.-J. 1996. Die Ausbreitung spontaner Verjüngung in den Wäldern des nordwestdeutschen Flachlandes während des letzten Vierteljahrhunderts. Waldbauliche Chancen und Probleme. *Forstarchiv* 67, 236-246.
- Pretzsch, H. 1985. Wachstumsmerkmale Oberpfälzer Kiefernbestände in den letzten 30 Jahren. Vitalitätszustand, Strukturverhältnisse, Zuwachsgang. *Allg. Forstz.* 39, 1122-1126.
- Preushler, T., Kühnel, S., Bock, K. 1994. Zum Wachstum von Eichensaat unter Kiefernschirm im Forstamt Nürnberg. *Forst u. Holz* 49, 123-128.
- Röhe, P. 1996. Ertragskundliche und betriebswirtschaftliche Aspekte der Kiefernaturverjüngungswirtschaft. *Forst u. Holz* 51, 38-44.
- Seidling, W., Lührte von, A. 1996. Spontane Gehölzentwicklung in wenig gepflegten Kiefernbeständen. *Forstarchiv* 67, 147-159.
- Strohbach, B. 1997. Vergleich des Oberbodenzustandes von zwei Berliner Stadtwaldrevieren. *Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol.* 31, 134-138.
- Thomasius, H. 1992. Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus. *Forstw. Cbl.* 111, 141-155.
- Urban, K. 1994. *Traubeneichenverjüngung unter Schirm - eine ertragskundliche und qualitative Untersuchung*. Unveröffentl. Diplomarbeit, Forstwissenschaftl. Fakultät d. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Vullmer, H., Hanstein, U. 1995. Der Beitrag des Eichelhäfers zur Eichennaturverjüngung in einem naturnah bewirtschafteten Wald in der Lüneburger Heide. *Forst u. Holz* 50, 643-646.
- Wittich, W. 1938. Wasserfaktor und Kiefernwirtschaft auf diluvialen Sandböden. Die Bedeutung der Bodendecke. *Z. f. Forst- u. Jadwes.* 70, 337-387.
- Wittich, W. 1955. Die standörtlichen Bedingungen für die natürliche Verjüngung der Kiefer und für ihre Erziehung unter Schirm. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 126, 109-117.
- Ziegenhagen, B. und Kausch, W. 1993. Zur Reaktion junger Eichen auf Licht und Schatten. *Forst u. Holz* 48, 198-201.
- Zwieniecki, M., Tarasiuk, S. 1993. Five year vitality changes in an old-growth Scots pine (*Pinus sylvestris*) forest with a mixed and uneven-aged understorey. *For. Ecol. Manage.* 58, 273-286.

Verfasser: Dipl.-Forstw. W. SCHIRMER, Dipl.-Forstw. Th. DIEHL, Dr. Ch. AMMER, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Ludwig-Maximilians-Universität München, Am Hochanger 13, D 85354 Freising.

Untersuchungen in der Zerfalls- und Verjüngungsphase eines Buchennaturwaldes auf der Insel Vilm

J. SCHMALTZ und A. LANGE

Fachbereich Forstwirtschaft und Umweltmanagement der Fachhochschule Hildesheim/Holzminde

Kurzfassung: Auf der Insel Vilm bei Rügen stockt ein über 200 Jahre alter naturnaher Buchenmischwald, welcher während seiner gesamten Entwicklung durch Hiebsmaßnahmen kaum beeinflusst worden ist. Er befindet sich in der Zerfalls- und Regenerationsphase. Um den augenblicklichen Zustand zu dokumentieren und damit Vergleiche mit später zu erhebenden Daten zu ermöglichen, wurde 1996 und 1997 auf 20 ha Fläche eine Stichprobeninventur mit festen Probekreisen durchgeführt. Dabei wurden die Durchmesser aller Bäume, die Baumhöhen an einer Stichprobe sowie die Anzahl und die Höhe der Verjüngungspflanzen festgestellt, die relative Beleuchtungsstärke gemessen und die Totholzmenge bestimmt.

Die herrschenden Buchen mit Baumhöhen von bis zu 43 m und Brusthöhendurchmessern bis zu 145 cm halten den größten Anteil an dem Vorrat von 560 Fm/ha. Einzelne sehr starke Eichen und der zwischen- bis unterständige Bergahorn weisen jeweils Vorräte von rd. 90 Fm/ha auf.

In der Verjüngung überwiegt der Bergahorn mit 18 400 Pfl./ha bei weitem das Vorkommen der Buche mit nur 3200 Pfl./ha. Der Bergahorn ist überdies meistens höher und weniger stark verbissen als die Buche; auf manchen Bestandespartien bildet er bereits geschlossene Jungwüchse ohne jede Buchenbeteiligung.

Das liegende und das stehende Totholz summieren sich zu einem Volumen von 150 Fm/ha, was 27 % des lebenden Vorrates entspricht. Es ist auf der Fläche recht ungleichmäßig verteilt; auf größeren zusammenhängenden Teilflächen liegt der Totholzanteil selbst in diesem Buchenwald in der Zerfallsphase deutlich unter 10 %.

Investigations in the Phase of Decay and Regeneration of a Natural Beech Forest on the Island of Vilm

Abstract: The island of Vilm near Rügen is home to a more than 200 year-old beech-forest. During the whole period of its development this forest has never been managed by foresters, but it has been severely influenced by cattle grazing. Currently it is in the phase of decay and regeneration.

During the years of 1996 and 1997 a randomised inventory was taken in order to record the current status and to start a future monitoring program. The following inventory data were taken:

- diameter at breast height of all trees
- tree height of a smaller sample
- number and height-class of tree regeneration
- light intensity
- volume of dead trees

The dominant beech trees with tree heights up to 43 m and DAB up to 145 cm held most of the total timber volume of the stand, which was calculated to be 560 m³/ha. Timber volumes per hectare of some very big oak-trees and of a large number of under story maple trees amounted to approximately 90 m³/hectare.

The natural regeneration is presently dominated by maple with a number of 18,400 plants/ha, while only 3,200 beeches/ha can be found. In many cases the maples are taller than the beeches and there are many plots covered with thickets of maple without any regeneration of beech.

The volume of dead trees was found to be 150 m³/ha, which corresponds to 27 % of the living timber volume. The distribution of dead trees is very irregular in this forest: there are at least two areas of several hectares where the percentage of dead trees was found to be less than 10 % in volume, even though the forest is in a phase of decay over most of the area.

Keywords: *Fagus sylvatica*, natural forest, decay phase, regeneration, dead wood

Einführung

Im Nordosten der Insel Vilm stockt ein über 200 Jahre alter Buchennaturwald, welcher die Zerfalls- und Verjüngungsphase erreicht hat. Die standörtlichen Verhältnisse und der Entwicklungsgang des Bestandes sind in dieser Zeitschrift bereits ausführlich beschrieben worden (SCHMALTZ u. STANKE 1999). Deshalb werden an dieser Stelle nur die wichtigsten Daten kurz wiederholt.

Die Insel liegt dicht bei Rügen im Greifswalder Bodden. Ihr Nordostteil, der Große Vilm, besteht aus einem Moränenkern, der in der letzten Eiszeit bis zu 38 m hoch aufgeschüttet worden ist und auf welchem teils sandiges, teils lehmiges Material abgelagert wurde. Die oft kleinflächig wechselnde Bodenvegetation weist auf gut mesotrophe bis eutrophe Standorte hin, die überwiegend den Waldmeister-Buchenwäldern zuzuordnen sind.

Entsprechend finden sich *Galium odoratum* mit einer Stetigkeit von 70 %, mit hohem Deckungsgrad im Sommer-

aspekt noch *Lamium galeobdolon* und recht verbreitet auch *Oxalis acetosella* sowie, zurücktretend, *Stellaria holostea*. Die Gräser sind überwiegend durch *Milium effusum* und *Melica uniflora* vertreten. In den staufrischen Bestandespartien am Ostrand des Bestandes kommt *Pteridium aquilinum* häufig vor. Straucharten sind, mit Ausnahme der Brombeere, nur sehr selten anzutreffen.

Der relativ geringe Jahresniederschlag von nur 570 mm wird durch die hohe Luftfeuchte von 80 % im Jahresmittel kompensiert.

Der Buchenbestand ist ca. 33 ha groß. An seinen Rändern ist er aber durch Uferabbrüche an der Küste und durch menschliche Einflüsse gestört, so daß nur gut 20 ha davon als annähernd gleichförmig anzusehen sind (Abb. 1). Der Bestand ist während seiner gesamten Entwicklung nie forstlich bewirtschaftet worden. Vermutlich haben geringfügige Holzentnahmen durch Brennholzsammler und Holzdiebe stattgefunden, und bis in die 50er Jahre unseres Jahrhunderts ist er durch Vieh-