

Herausgeber: Prof. Dr. H. A. Gussone

Verlag M. &amp; H. Schaper · Alfeld – Hannover

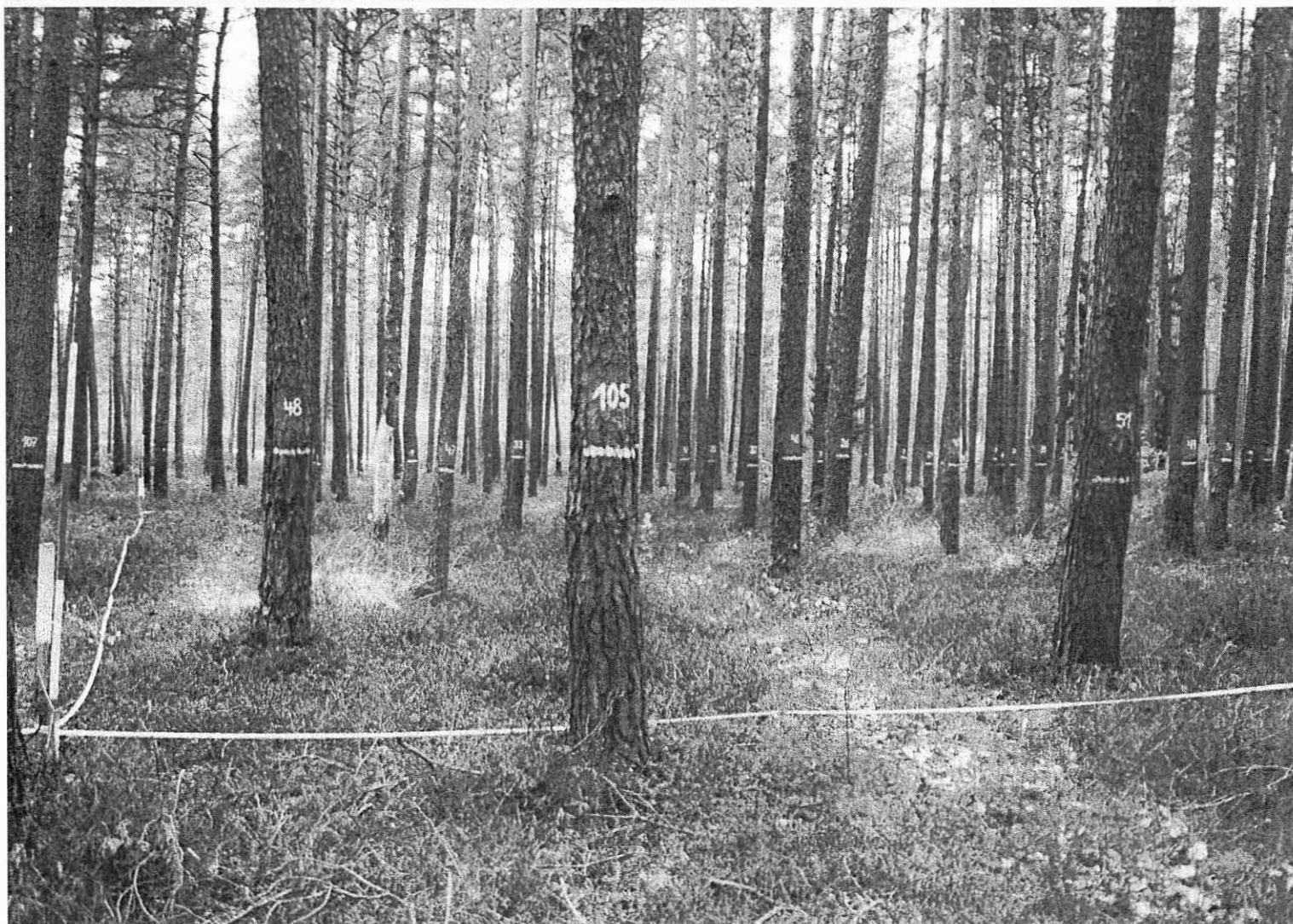
Postfach 16 42, D 31046 Alfeld (Leine)

# Forst und Holz

5

49. Jahrgang

10. März 1994



TIMM und UTSCHIG:

**Der Kiefern-Provenienzversuch Hagenbach acht Jahrzehnte nach seiner Begründung** Seite 115

Biographisches  
Tagungen und Organisationen

REUHLER, KÜHNEL  
und BOCK:

**Zum Wachstum von Eichensaat unter Kiefernschirm im Forstamt Nürnberg** Seite 123

GADOW und STÜBER:

**Die Inventuren der Forsteinrichtung** Seite 129

HRNER:

**Gefährdungsanalyse bei der Waldarbeit** Seite 132

UGLHÖR:

**Beiträge zur Vermessung von schwachem Nadelstammholz – Fehlerquellen und Verbesserungsvorschläge** Seite 136

**erichte** Seite 139–141: Schwammspinnerkalamität 1993

# Zum Wachstum von Eichensaat unter Kiefernschirm im Forstamt Nürnberg

Von Teja Preuhsler, Stefan Kühnel und Klaus Bock

Gewidmet Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Friedrich Franz anlässlich der Beendigung seiner aktiven Dienstzeit als Vorstand des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde und als Leiter des ertragskundlichen Versuchswesens in Bayern

## 1 Das „Reichswaldprogramm“

Als Peter Stromer im Jahr 1368 die ersten Kiefernsaaten durchführte, war damit der Grundstein einer bis heute andauernden Kiefernvorherrschaft im Nürnberger Reichswald gelegt. Über Jahrhunderte hinweg begünstigt durch intensive Streunutzung und Rotwildhege, andauernde Übernutzung und immer wiederkehrende Insektenkalamitäten, verschwand auf nahezu allen Standorten die ursprünglich laubholzreiche Mischbestockung.

In den letzten Jahrzehnten wurden die Bestockungsziele und waldbaulichen Verfahren wieder mehr den standörtlichen Gegebenheiten angepaßt und die Schalenwildbestände energisch reduziert. Die Böden haben sich bereits teilweise regeneriert und die Voraussetzungen zum Wiederaufbau ursprünglicher Mischstrukturen sind günstig.

Langjährige praktische Erfahrungen in den Reichswaldforstämtern zeigen, daß die Kiefer mit ihrer hohen Wuchskraft auf der Freifläche dem Laubholz kein Überleben im nennenswerten Umfang ermöglicht. Deshalb wird mit dem im Jahr 1987 angelaufenen „Reichswaldprogramm“ auf einer Fläche von insgesamt ca. 8000 ha durch Vorausverjüngung im Bestandesinneren ein Umbau standortsfremder und leistungsschwacher Kiefernbestände in Bestände mit Eiche und Kiefer als Hauptbaumarten sowie Buche und Edellaubholz als Nebenbestandsbaumarten betrieben: In einem ersten Schritt werden die schlechtesten Bestandesglieder durch eine Spätentrümpelung entnommen (rund 1/4 des Vorrates) und auf Fraßstreifen die Eiche durch Saat (400–600 kg/ha) und die Buche durch Pflanzung eingebracht. Nachlichtungen im Altbestand folgen erst, wenn das Höhenwachstum der Verjüngung ins Stocken gerät. In der Mittel- und Endphase des langfristigen Verjüngungszeitraumes soll sich eine ergänzende Kiefernverjüngung einfinden, die im Seitendruck der Eiche feinastig erzogen werden kann. Der über der Verjüngung stockende Kiefernaltbestand bleibt als stammzahlreicher Überhalt aus gut geformten und bekronten Altkiefern zur Starkholzzucht erhalten.

## 2 Versuchsflächenanlage und waldwachstumskundliche Basisaufnahme

Anlässlich der alljährlichen waldwachstumskundlichen Studentenpraktika der Professoren Franz und Preuhsler im Bereich des Forstamtes Nürnberg wurde bereits Mitte der 80er Jahre mit dem Forstamtsleiter K. F. Sinner die wissenschaftliche, waldwachstumskundliche Begleitung der oben skizzierten praktischen Verjüngungs- und Umbaumaßnahmen geplant. Verzögert durch die schwere Erkrankung von Professor Franz konnte mit der Anlage und Basisaufnahme eines hierfür geeigneten waldwachstumskundlichen Versuches erst im Winter 1991/92 im Rahmen der Diplomarbeiten von KLAUS BOCK (1) und STEFAN KÜHNEL (2) begonnen werden.

Ausgewählt wurden vier Untersuchungsbestände für die insgesamt vier Versuchspartellen NUE 141/1–4 mit je 0,09 ha zuzüglich Umfassungstreifen (Tab. 1). Im Bereich der Partellen 1 und 2 war die Eichensaat 1988 bzw. 1986 erfolgt (Alter der Eichenverjüngung 3 bzw. 5 Jahre), im Bereich der Partellen 3 und 4 im Jahr 1982 (Alter der Eichenverjüngung 9 Jahre). In beiden Altersvarianten stockt jeweils eine Partelle auf trockenen Sanden (Part. 2 und Part. 3) und eine auf frischen Sanden (Part. 1 und Part. 4).

Die Versuchspartellen liegen im Forstamt Nürnberg im Sebalder Reichswald, Wuchsgebiet 5 *Fränkischer Keuper und Albvorland*, Wuchsbezirk 5.6 *Südliche Keuperabdachung* und 5.7 *Nördliches Albvorland* nach FOERST und KREUTZER (3). Das Klima im Untersuchungsgebiet ist subatlantisch bis subkontinental geprägt mit hohen Sommertemperaturen und geringen Niederschlägen (4). Als Bodentypen treten Braunerden sowie Gleye mit Übergangsformen zu Pseudogleyen auf. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Standortparameter zusammengestellt.

Die waldwachstumskundliche Vollaufnahme des Altbestandes im Frühjahr 1992 (F 1992) umfaßte für alle Flächen- und Grenzbäume: Durchmesser, Höhe, Kronenansatzhöhe, Stammfußkoordinaten, Kronenradien, Baumklassen und eine Qualitätsschätzung am stehenden Baum. Zusätzlich erfolgte im Winter 1992/93 bzw. im Frühjahr 1993 im umgebenden Bestand jeder Partelle die Entnahme



Abb. 1: Partelle NUE 141/4 mit 9jähriger Eichensaat (die Saatreihen sind noch sehr gut erkennbar).

eines herrschenden bis vorherrschenden Probestammes zur Stammanalyse und eine repräsentative Zuwachsbohrung für die 10 Jahre 1983–1992.

Eine Vollaufnahme der Verjüngungspflanzen erfolgte nach Baumart und Höhenstufen auf den gesamten Partellen in 5 x 5 m großen Verjüngungs-Aufnahmeeinheiten. In jedem Verjüngungsquadrat wurden zusätzlich die Höhe der jeweils höchsten Verjüngungspflanze der (soweit vorhanden) Baumarten Eiche, Kiefer, Buche, Roteiche und Hainbuche sowie deren Höhentrieblängen der letzten drei (Part. 1 und 2) bzw. fünf Jahre (Part. 3 und 4) gemessen.

## 3 Vorgeschichte der Versuchsbestände

Partelle 1, XVII 8b<sup>0</sup> Gunzenleithe: Der Kiefernreinbestand wurde vermutlich durch Pflanzung nach der Kiefernspannerkalamität von

Tab. 1: Die waldwachstumskundliche Versuchsanlage NUE 141/1-4 im FoA Nürnberg

Versuchsanlage:	Winter 1991/92			
Parzellengrößen:	30x30m = 0,09ha, zuzüglich 10m Umfassungstreifen um jede Partelle			
Temperatur:	8,3°C Jahresmittel, 15,5°C Mai - Sept.			
Niederschlag:	705mm/Jahr, 380mm Mai - Sept.			
Partelle	NUE 141/1	NUE 141/2	NUE 141/3	NUE 141/4
Waldort	XVII 8b <sup>0</sup> Gunzenleithe	XVII 8a <sup>0</sup> Gunzenleithe	XVIII 1b <sup>0</sup> Wildes Brünlein	XVIII 4b <sup>0</sup> Gründlach
Größe 1991/92	6,3ha	23,5ha	8,2ha	14,7ha
Bestandesalter	97 (70-104)	88 (70-104)	125 (63-140)	130 (126-139)
Ausgangsgestein	mittl. Burgsandstein	oberer Burgsandstein	Rhätolias	Terassenschotter (Gründlach)
Bodenart	frische Sande nährstoffreich	mäßig trockene bis wechsellückene Sande nährstoffarm   nährstoffreich		frische Sande nährstoffreich
Bodentyp	typ. Gley, Pseudogley	Braunerde		typ. Gley, Pseudogley
Verj.-Vorbereitung	keine	1981-86: 12Vfm/ha	1982: 73Vfm/ha	1976-82: 76Vfm/ha
Saat (Eicheln)	1988: 380kg/ha	1986: 522kg/ha	1982: 600kg/ha	1982: 400kg/ha
Pflanzung	1989: ca. 2500/ha Bu	1986: ca. 3400/ha Bu	1983: 2700/ha Bu 1000/ha WiLi, HBU, ELA, Ta, BAH 500/ha Sträucher	1983: ca. 1200/ha ELA, BAH, SpAh, Doug, Bu, SFR, HBU, WiLi, REI, und Sträucher
Maßnahmen von Saat bis 1991	keine	1987/88: 86Vfm/ha	1988: • 43Vfm/ha • JP Rücknahme verd. WLbh	1989: 31Vfm/ha

1893–1896 mit langjährigen Nachbesserungen begründet. Gemäß Forsteinrichtungswerk von 1991 und der Altersermittlung im Bestand beträgt das Bestandesalter 70–104, im Mittel 97 Jahre (F 1992). Bis 1972 wurde wohl nur mäßig niederdurchforstet, genaue Angaben (insbesondere aus der Nachkriegszeit) fehlen. Aus den späteren Revierbüchern wird ersichtlich, daß in der Zeit von 1972 bis 1991 lediglich ZE-Entnahmen von insgesamt rund 15 Vfm/ha stattfanden. Im Jahr 1988 wurden mit einem Weinbergsschlepper 0,8 m breite Frässtreifen im Abstand von 3–4 m möglichst parallel in den Bestand gelegt. In diese Frässtreifen wurden händisch rund 380 kg/ha Eicheln gesät. Im Jahr 1989 wurde ein Nebenbestand mit insgesamt 2500/ha Rotbuchen in die aufgelaufenen Saatstreifen gepflanzt. Der Bestand war zum Zeitpunkt der Flächenanlage noch dicht geschlossen.

**Parzelle 2, XVII 8a<sup>0</sup> Gunzenleithe:** Der nicht weit von Parzelle 1 gelegene Kiefernreinbestand wurde ebenfalls durch Pflanzung nach der Kiefernspannerkalamität begründet. Das Alter beläuft sich auf 70–104, im Mittel 88 Jahre (F 1992). Auch hier beschränken sich die Nutzungen im Zeitraum von 1972 bis zum ersten Verjüngungshieb 1987 auf ZE mit zusammen 12 Vfm. Im Jahr 1986 wurden 0,8 m breiten Frässtreifen angelegt und auf ihnen anschließend 522 kg/ha Eicheln per Hand gesät und 3400/ha Buchenwildlinge gepflanzt. Anschließend wurde in den Jahren 1987 und 1988 der Bestand aufgelichtet und rund 86 VfmD (60 Efm) entnommen.

**Parzelle 3, XVIII 1b<sup>0</sup> Wildes Brunnlein:** Der Kiefern/Fichtenbestand ist gemäß Forsteinrichtung 63–140, im Mittel 125 Jahre alt (die Parzellenfläche umfaßt nur reine Kiefer). Er wurde im Jahr 1982 durch einen Hieb von 73 Vfm/ha auf die Verjüngung vorbereitet. Auf 0,8 m breiten Frässtreifen wurden 600 kg/ha Eicheln in Handsaat ausgebracht und anschließend 2700/ha Buchen gepflanzt. Dazu kamen nochmals 1000/ha WiLi, HBu, ELä, Ta und BAh sowie 500/ha Sträucher. Im Jahr 1988 wurden nochmals rund 43 Vfm genutzt.

**Parzelle 4, XVIII 4b<sup>0</sup> Gründlach:** Der Kiefern-/Fichtenbestand ist gemäß Forsteinrichtung 126–139, im Mittel 130 Jahre alt (die Parzellenfläche umfaßt nur reine Kiefer). Im Jahr 1976 wurden als Altdurchforstung rund 39 Vfm/ha entnommen. Weitere Entnahmen von rund 37 Vfm/ha in den Jahren 1981 und 1982 bereiteten die Eichensaat vor. Auf Frässtreifen von 1,2 m Breite erfolgte im Jahr 1982 die Saat mit einem landwirtschaftlichen Düngerstreuer mit rund 400 kg/ha. Der Nebenbestand aus ELä, BAh, SpAh, Dou, Bu, REr, Hbu, WiLi, REI und verschiedenen Sträuchern wurde im Jahr 1983 gepflanzt. Eine Nachlichtung im Jahr 1989 umfaßte rund 31 Vfm/ha.



Abb. 2: Dicht gedrängter Kronenraum mit kleinen Kronen auf Parzelle NUE 141/1 (A-Grad-Charakter). Bestockungsgrad 1,29, Übersicherungsgrad 0,89.

#### 4 Ergebnisse der waldwachstumskundlichen Aufnahmen

Die wichtigsten ertragskundlichen Kennziffern der Altbestände enthält Tabelle 2. Sie beziehen sich auf die Aufnahme vom Frühjahr 1992; die Zuwachsangaben (I<sub>g</sub> und I<sub>v</sub>) sind mittlere periodische Jahreszuwächse pro Hektar für die Zuwachsjahre 1983 bis 1992. Die Auswertungen erfolgten mit Standardprogrammen des Lehrstuhles für Waldwachstumskunde der Universität München.

Tab. 2: Ertragskundliche Kennwerte der Versuchspartellen NUE 141/1-4 (Aufnahme F1992)

Parzelle	Fischensgröße [m <sup>2</sup> ]	Alter	N/ha	G/ha [m <sup>2</sup> ]	V/ha [VfmD]	d <sub>m</sub> [cm]	d <sub>s</sub> [cm]	h <sub>m</sub> [m]	h <sub>s</sub> [m]	I <sub>v</sub> /ha* [VfmD]	I <sub>g</sub> /ha* [m <sup>2</sup> ]	B <sup>2</sup> (G)	Bonität [Wiedem. m.ä. Df.]
NUE 141/1	900	97	633	42,1	437,0	29,1	36,3	24,0	25,4	11,01	0,60	1,29	1,90
NUE 141/2	900	88	456	30,0	315,0	28,9	35,8	22,9	24,3	5,17	0,26	0,92	11,00
NUE 141/3	900	125	189	27,6	354,0	43,1	47,6	27,5	29,0	5,62	0,35	0,87	1,75
NUE 141/4	900	130	156	25,0	319,5	45,3	48,7	32,0	32,1	2,93	0,17	0,74	0,75

\* mittlerer jährlicher Zuwachs der 10 Jahre 1983 bis 1992

#### Bestandeshöhen und Bonität

Die Parzellen 1, 2 und 3 weisen mit Mittelhöhen von 24,0 m, 22,9 m und 27,5 m altersbedingte Unterschiede auf (97, 88 und 125 Jahre); nach der Ertragstafel für Kiefer, mäßige Durchforstung von WIEDEMANN (1943) sind ihre Bonitäten mit 1,75 und 11,0 recht ähnlich. Lediglich Parzelle 4 mit einem Alter von 130 Jahren erreicht bei einer Mittelhöhe von 32,0 m eine deutlich bessere Bonität von 0,75. Hier wird zumindest eine bessere Wasserversorgung auf Parzelle 4 erkennbar.

#### Stammzahl, Grundfläche und Vorrat

Parzelle 1 wurde bisher kaum aktiv durchforstet und weist daher annähernd A-Grad-Charakter auf. Sie hat die höchsten Stammzahlen, Grundflächen und Vorräte aller 4 Parzellen mit N = 633/ha, G = 42,1 qm/ha und V = 437 VfmD/ha. Gegenüber der Ertragstafel von WIEDEMANN weist sie damit Bestockungsgrade von 1,42 für Stammzahl, 1,29 für Grundfläche und 1,05 für Vorrat auf (Abb. 3).

Parzelle 2 wurde in den beiden Jahren nach der Kiefern Saat aufgelichtet. Bei der Aufnahme F 1992 liegen daher ihre Bestockungsgrade zur Ertragstafel WIEDEMANN für Stammzahl bei 0,86 (N = 456/ha), für Grundfläche bei 0,92 (G = 30,0 qm/ha) und für Vorrat bei 0,93 (V = 315 VfmD/ha).

Die beiden bereits seit 1982 in Verjüngung stehenden Parzellen 3 und 4 wurden vor der Kiefern Saat des Jahres 1982 aufgelichtet und anschließend nachgelichtet. Ihre Stammzahlen betragen nur noch 189 bzw. 156/ha, die Grundflächen 27,6 bzw. 25,0 qm/ha und die Vorräte 354 bzw. 319 VfmD/ha. Dies sind auf Parzelle 3 nur 66 % der Stammzahlen und 91 % der Grundflächen und Vorräte der Ertragstafel, auf Parzelle 4 noch 67 % der Stammzahlen, 74 % der Grundflächen und 67 % der Vorräte (Abb. 3).

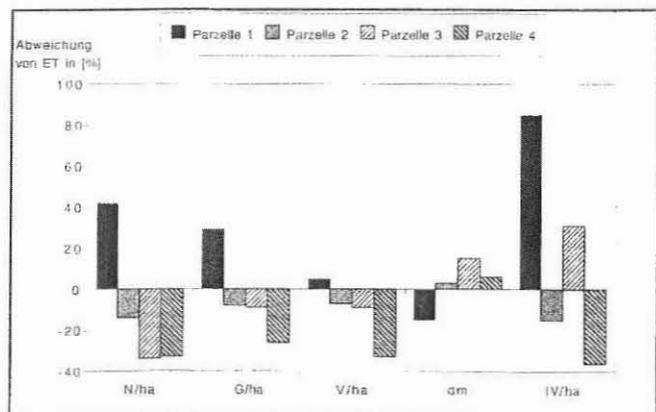


Abb. 3: Stammzahl, Grundfläche, Vorrat, Mitteldurchmesser und laufender jährlicher Volumenzuwachs der Partellen NUE 141/1-4 im Vergleich zu den Ertragstafelwerten (WIEDEMANN, Kiefer m.ä. Df., 1943).

#### Mitteldurchmesser und Volumenzuwachs

Der Mitteldurchmesser (dm) der noch geschlossenen Parzelle 1 liegt mit 29,1 cm lediglich bei 85 % des ertragstafelmäßigen Bestandesmitteldurchmessers, während die bereits aufgelichteten Parzellen 2, 3 und 4 mit 103 %, 115 % und 106 % die Ertragstafelwerte über-

steigen (Abb. 3). Hier ist sicherlich nicht allein der bei Kiefer im höheren Alter nur noch träge reagierende Durchmesserzuwachs nach Freistellungen die Ursache, sondern verstärkt die rechnerische Verschiebung im  $\bar{d}_m$ -Wert bei „Entrümpelung“ der nach Qualität und zu meist auch nach Dimension geringwertigen Bäume; dies wird durch die DELTA-d-Werte (=  $\bar{d}_0 - \bar{d}_m$ ) erkennbar, die 7,2 bzw. 6,9 cm auf den Parzellen 1 und 2 betragen und 4,5 bzw. 3,4 cm auf den Parzellen 3 und 4.

Erste Zuwachsdaten der Altbestände (Tab. 2) wurden über Zuwachsbohrungen angeschätzt und umfassen die Zuwachsjahre 1983 bis 1992. (Exakte Zuwachswerte können nur durch langfristige Versuchsbeobachtungen gewonnen werden, was im vorliegenden Fall erst nach einer Zweitaufnahme voraussichtlich im Jahr 1996 der Fall sein wird.)

Hohe laufende jährliche Volumenzuwächse der Jahre 1983 bis 1992 zwischen 9,6 und 14,2 VfmD/ha und einen hohen periodisch mittleren Zuwachs ( $\bar{v}$ ) von 11,1 VfmD/ha zeigt Parzelle 1 bei einem Alter von 97 Jahren und einer Bonität von I,9. Sie liegt damit bei 186 % des ertragstafelmäßigen Zuwachses für diese Parzelle. Den Spitzenwert von 14,2 VfmD/ha zeigt das Jahr 1984.

Auf Parzelle 2 liegen die laufenden jährlichen Zuwächse zwischen 4,1 und 6,6 VfmD/ha ( $\bar{v} = 5,17$  VfmD/ha). Auch vor den ersten Eingriffen zur Verjüngungssteuerung im noch dicht geschlossenen Bestand waren sie deutlich niedriger als auf Parzelle 1. Als Ursache kommt in Frage, daß der Standort nicht nur trockener ist, sondern gemäß der Standortserkundung von 1989 (4) auch eine geringere Nährstoffversorgung aufweist. Im Vergleich mit den Zuwachsvorgaben (der vollbestockten Modellbestände) der Ertragstafel werden nur 85 % erreicht.

Auf der bereits auf- und nachgelichteten Parzelle 3 liegen die laufenden Zuwächse zwischen 4,7 und 7,2 VfmD/ha ( $\bar{v} = 5,62$  VfmD/ha, das sind 131 % nach Ertragstafel bei Vollbestockung) und auf der stark gelichteten Parzelle 4 zwischen 2,3 und 3,5 VfmD/ha ( $\bar{v} = 2,93$  VfmD/ha oder 64 % nach vollbestocktem Ertragstafelbestand).

### Baumklassen nach KRAFT

In Tabelle 3 sind die Stammzahlen und die Mittelwerte der wichtigsten Einzelbaumparameter nach den KRAFT-Baumklassen aufgeführt. Parzelle 1 zeigt die ungestörte, linkssteile Häufigkeitsverteilung eines mehr oder weniger gleichaltrigen Kiefernreinbestandes mit Schwerpunkt in den Klassen 2 und 1 (herrschend und vorherrschende Bäume). Die Baumklassen 4 und 5 sind (mit geringen Baumzahlen) noch vertreten. Ähnlich normalverteilt sind die Baumklassen auf den Parzellen 2 und 3, wenn auch ersichtlich wird, daß die schwächeren Sozialklassen bevorzugt entfernt wurden. Auf Parzelle 4 ist die Klasse 1 eindeutig am stärksten vertreten, der Bestand nähert sich in seiner Struktur dem angestrebten Ziel des stammzahlreichen Starkholzüberhalts.

Auf allen Parzellen ist eine klare Staffelung der mittleren Einzelbaumparameter nach der Sozialklasse zu erkennen. Darüber hinaus liegen die  $h/d$ -Werte aller Klassen bei den jüngeren Parzellen deutlich höher als bei den älteren Parzellen, während die übrigen Parameter bei den beiden älteren Parzellen größere Werte aufweisen, z. B. bei der mittleren Kronengrundfläche oder den Durchmesser- und Höhenwerten.

Tab. 3: Ertragskundliche Kennwerte der Parzellen NUE 141/1-4 differenziert nach Baumklassen (Aufnahme F1992)

Parzelle	BKL	N/ha	N [%]	$\bar{d}$ [cm]	$\bar{h}$ [m]	$h/d$	krp [%] *	krgr [m <sup>2</sup> ] *
	KKL 1	155	24,5	33,40	24,96	0,74	32	23,3
NUE	KKL 2	277	43,8	29,73	24,09	0,81	29	17,2
141/1	KKL 3	144	22,8	25,46	23,21	0,91	27	11,4
	KKL 4	33	5,3	20,00	20,16	1,00	24	6,8
	KKL 5	22	3,5	24,95	23,35	0,95	17	6,5
	KKL 1	122	27,0	31,85	23,44	0,73	35	24,5
NUE	KKL 2	222	49,0	29,46	22,63	0,76	32	19,6
141/2	KKL 3	100	22,0	22,88	21,36	0,93	27	11,9
	KKL 4	11	2,0	24,60	21,40	0,86	25	5,4
	KKL 1	78	41,0	45,74	27,37	0,59	32	40,5
NUE	KKL 2	100	53,0	41,10	26,28	0,63	29	36,6
141/3	KKL 3	11	6,0	36,10	26,60	0,73	34	21,8
	KKL 1	89	57,1	48,93	33,13	0,67	32	41,1
NUE	KKL 2	44	28,6	42,22	31,50	0,74	25	33,3
141/4	KKL 3	22	14,3	36,95	28,8	0,77	18	30,1

\* krp: Kronenprozent (Bekronungsgrad \* 100)

\* krgr: Kronengrundfläche



Abb. 4: 125jähriger Kiefernbestand auf Parzelle NUE 141/3. Bestockungsgrad 0,87, Überschirmungsgrad 0,61.

### Baumverteilungskarten

Auf Abbildung 5 ist das Gedränge im Kronenraum und die dichte Überschirmung auf Parzelle 1 sehr gut zu erkennen. Die Größe der Einzelkronen auf Parzelle 2 (im Mittel 18,9 qm) gleicht denen der Parzelle 1 (im Mittel 16,6 qm, einschließlich der hier noch häufiger vorhandenen Bäume schwacher sozialer Klasse), es sind lediglich weniger Bäume verblieben. Die Parzellen 3 und 4 hingegen zeigen neben der weiter verringerten Stammzahl vor allem deutlich größere Kronendimensionen (im Mittel 37,7 qm auf jeder Parzelle) und rundere Kronenformen. Die Flächenüberschirmung beträgt 89,8 % auf der dicht geschlossenen Parzelle 1, was für Kiefer recht hoch ist. Parzelle 2 ist zu 67,3 % überschirmt, Parzelle 3 zu 61,8 % und Parzelle 4 zu 55,2 %.

### Stammanalyse

Die Höhenentwicklung der vier Stammanalyseebäume zeigt Abbildung 6 vor dem Hintergrund der Bestandesmittelhöhen-Entwicklung der Ertragstafel WIEDEMANN. Die Probestämme der Parzellen 3 und 4 aus der KRAFT-Klasse 2 fallen gegenüber der Mittelhöhenentwicklung der Ertragstafel erwartungsgemäß leicht zurück, da die in der Ertragstafel dargestellte Bestandesmittelhöhen-Entwicklung laufende positive rechnerische Verschiebungen durch Verringerung der Stammzahl beinhalten muß. Die Höhenentwicklungen der Probestämme aus den jüngeren Parzellen 1 und 2 steigen jedoch um ein bis zwei Bonitätsstufen an.

Die Kulmination des Höhenzuwachses erfolgt bei allen vier Analyseebäumen im Alter zwischen 15 und 25 Jahren. Bei den Analyseebäumen der Parzellen 3 und 4 sinken die jährlichen Höhenzuwächse nach dem Kulminationspunkt langsam aber stetig ab, die Probestämme der Parzellen 1 und 2 steigen in ihrem Höhenzuwachs ab dem Alter 70 jedoch wieder an, bei Baum 2 zeigt sich ein zweiter Gipfel.

Die laufenden Durchmesserzuwächse zum Zeitpunkt der Fällung betragen rund 0,20 cm/Jahr für die Probestämme der Parzellen 1, 2 und 3 und lediglich rund 0,05 cm/Jahr für den Probestamm der Parzelle 4. Eine eindeutige Steigerung nach den Bestandesauflichtungen für die Verjüngungsmaßnahmen ist bei keinem der vier Probestämme zu erkennen. Allerdings zeigen die Analyseebäume der Parzellen 1, 2 und 3 nach wie vor einen steigenden Trend im laufenden Grundflächen- und Volumenzuwachs, nur der Baum von Parzelle 4 nimmt nach der Kulmination dieser Zuwachsgrößen im Alter von 60 bis 65 Jahren kontinuierlich ab.

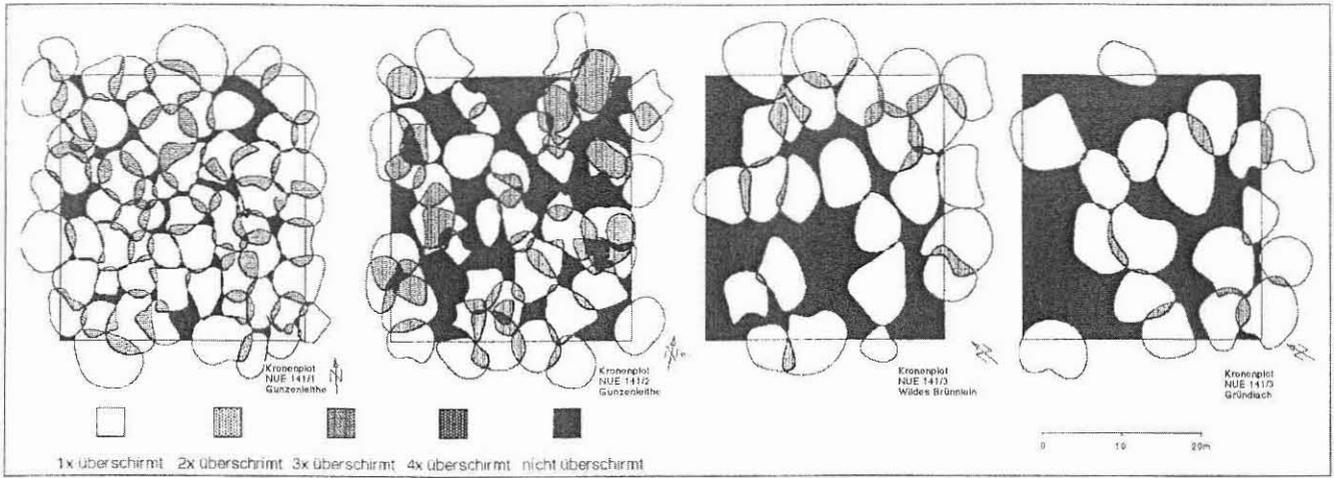


Abb. 5: Kronenkarten der Parzellen NUE 141/1-4 (Aufnahme F1992).

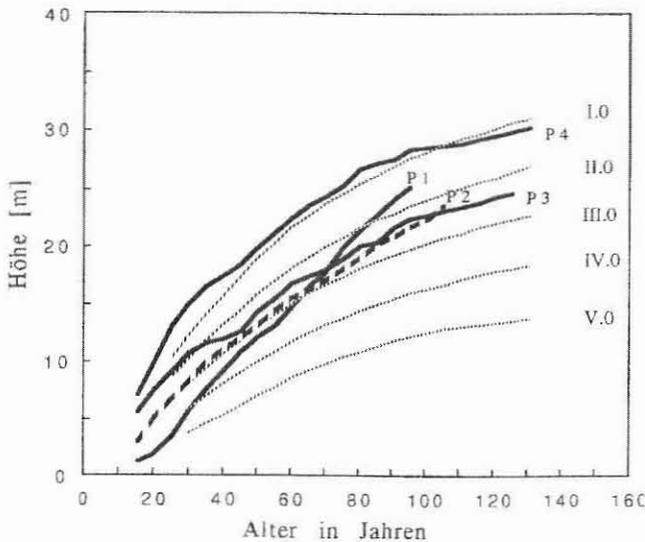


Abb. 6: Höhenentwicklung der Stammanalyse-Probestämme im Höhenfächer der Ertragstafel von WIEDEMANN, Kiefer maß. Df. 1943 der Parzellen P1, P2, P3 und P4.

### 5 Verjüngung

Auf den Parzellen 3 und 4 war die Eichensaat zum Zeitpunkt der Aufnahme im Winter 1991/92 bereits 9 Jahre alt, auf Parzelle 2 war sie 5 Jahre und auf Parzelle 1 erst 3 Jahre alt. Die Buchen und sonstigen Baumarten wurden als Wildlinge oder 2- bis 3jährige Pflanzen im jeweiligen Folgejahr gepflanzt, nur auf Parzelle 2 noch im gleichen Jahr der Eichensaat.

In der folgenden Darstellung werden die Eichen, Buchen und Kiefern der Verjüngung getrennt behandelt, die sonstigen Laubbölder zur Gruppe „SLbh“ und die sonstigen Nadelhölzer zur Gruppe „SNdh“ zusammengefaßt.

### Gesamtpflanzenzahlen nach Baumarten

Wie Tabelle 4 zeigt, finden sich die höchsten Pflanzenzahlen mit 131 848/ha auf Parzelle 2 (5jährige Verjüngung), gefolgt von Parzelle 1 mit 52 994/ha (3jährige Verjüngung). Die beiden älteren Verjüngungen haben 54 072/ha (Parzelle 3) und 27 633/ha (Parzelle 4). Hier spiegeln sich vermutlich die unterschiedlichen Saatmengen (Tab. 1)

Tab. 4: Gesamtpflanzenzahlen (N/ha) der Verjüngung nach Baumarten auf den Parzellen NUE 141/1-4 (Aufnahme F1992)

Parzelle	Jahr der Saat	Alter der Saatverjüngung	Pflanzenzahlen/ha und %						h <sub>0</sub> * Eichensaat [cm]	Überschirmung % (Altbestand)
			Ei	Kie	Bu	SNdh	SLbh	Gesamt		
NUE 141/1	1988	3-jährig	18877 35,6%	31908 60,2%	1600 3,0%	0 0%	544 1,2%	52994 100%	44	89,8
NUE 141/2	1986	5-jährig	43253 32,8%	86961 66,0%	1432 1,1%	22 0,0%	177 0,1%	131848 100%	45	67,3
NUE 141/3	1982	9-jährig	40189 73,2%	2411 4,4%	4721 8,6%	1143 2,0%	6408 11,8%	54072 100%	305	61,8
NUE 141/4	1982	9-jährig	23844 86,3%	1611 5,8%	422 1,5%	223 0,8%	1600 5,6%	27633 100%	319	55,2

\*h<sub>0</sub>: arithmetisches Höhenmittel der jeweils höchsten Pflanzen (in den Saatreihen) der einzelnen Aufnahmequadrate der Parzelle.

wider, aber besonders in den beiden älteren Parzellen auch standörtliche Unterschiede. Die Eichen haben auf den Parzellen 1 und 2 Anteile von rund 36 bzw. 33 %, die flächig vorhandene Kiefernaturverjüngung findet sich gehäuft auf den Frässtreifen und umfaßt 60 bzw. 66 % der Pflanzenzahlen. Auf den Parzellen 3 und 4 dominiert die Eiche mit 73 bzw. 86 %, Kiefer, Buche und die sonstigen Nadel- und Laubbbaumarten sind nur noch gering vertreten.

Die Maximalhöhen der Eichensaat (das arithmetische Höhenmittel der jeweils höchsten Pflanzen der 5 x 5m-Verjüngungsquadrate, „h<sub>0</sub>“ in Tab. 4) liegen auf den Parzellen 1 und 2 bei 45 cm, und auf den Parzellen 3 und 4 zwischen 305 und 319 cm.

### Gesamtpflanzenzahlen nach Höhenklassen

Auf Parzelle 1 sind rund 40 000 Pflanzen kleiner als 25 cm und 11 200 Pflanzen zwischen 25 und 50 cm hoch (Tab. 5). Dies sind 77 bzw. 21 % aller Pflanzen. Die um 2 Jahre ältere Eichensaat von Parzelle 2 hat mit rund 101 000 Pflanzen ebenfalls rund 77 % unter 25 cm Höhe. Beide Verjüngungen befinden sich noch in einer ausgeprägten Startphase, in der besonders die Eiche in den ersten Jahren ihren Wurzelbereich zunächst „nach unten“ ausbaut, ehe sie „nach oben steigt“. Eine Konkurrenzwirkung der Nachbarpflanzen ist noch nicht zu erkennen. Die beiden älteren Parzellen hingegen zeigen schon ausgeprägte vertikale Verteilungsstrukturen mit Schwerpunkten in den Höhenklassen 51–100 cm (20 bzw. 22 %), 101–150 cm (24 bzw. 22 %) und 151–200 cm (24 bzw. 18 %) sowie 13 bis 16 % in den folgenden Klassen 201–250 cm und >250 cm. Hier ist bereits ein deutlicher Ansatz zur Sozialgliederung festzustellen. Abbildung 7 läßt die ausgeprägte Linkverteilung der relativen Häufigkeiten der Parzellen 1 und 2 erkennen, wie auch die mit leichtem Rechtstrend versehenen Normalverteilungen auf den Parzellen 3 und 4.

Tab. 5: Pflanzenzahlen (N/ha) nach Höhenklassen auf den Parzellen NUE 141/1-4 (Aufnahme F1992)

Parzelle	0-25cm	26-50cm	51-100cm	101-150cm	151-200cm	201-250cm	>250cm	Sa.
NUE 141/1	40751	11158	922	122	11			52994
NUE 141/2	101253	25454	1777	265	77	11	11	131848
NUE 141/3	455	2744	10844	13342	13242	7109	7055	54872
NUE 141/4	222	1911	6089	6133	5044	3900	4333	27633

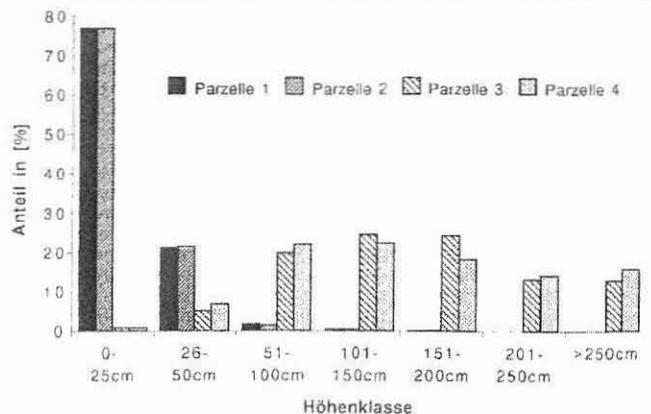


Abb. 7: Relative Häufigkeiten der Pflanzen nach Höhenklassen auf den Parzellen NUE 141/1-4 (Aufnahme F1992).

## Baumartenanteile in den Höhenklassen

Inwieweit einzelne Baumarten sich in den Höhenklassen behaupten oder durchsetzen können, zeigt Abbildung 8. Auf den Parzellen 1 und 2 dominiert noch die Kiefer in der untersten Klasse bis 25 cm. Dann wird sie deutlich von der Eiche verdrängt: Auf Parzelle 1 hat sie bis zur Klasse 101–150 cm nur noch rund  $\frac{1}{3}$  der Eichenanteile, auf Parzelle 2 sind es  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{1}{5}$  der Eichenanteile. In den Klassen über 150 cm ist nur noch die Hähersaat-Eiche zu finden. Sonstige Laub- und Nadelbaumarten sind ebenfalls höher als die Saatpflanzen und stockten schon vor Saatbegründung im Bestand. Auf Parzelle 3 hat die Kiefer zwar noch in der ersten Klasse Priorität, mit zunehmender Höhe aber setzt sich die Eiche konsequent durch und drängt die anderen Baumarten immer mehr ab. Nur die Buche kann sich in den letzten Höhenklassen noch behaupten und erreicht in der Klasse >250 cm sogar einen Anteil von 25 %. Auf Parzelle 4 erliegt selbst die Buche dem Konkurrenzdruck der Eiche. Diese dominiert mit großem Vorsprung in allen Höhenklassen.

Auf Parzelle 1 (stellvertretend für die beiden jüngeren Parzellen) mit 77 % aller Pflanzen unter 25 cm Höhe, ist Kiefern- und Buchenverjüngung einfach gesichert geklumpt (\*), während Eiche zufällig verteilt ist (d. h. zufällige natürliche Verteilung). Zwar stockt sie nur in den Frässtreifen, aber aus der Sicht der ganzen Parzelle ergibt die Frässtreifenanordnung das zufällige natürliche Verjüngungsmuster.

Auf Parzelle 4 (als Repräsentant der beiden älteren Parzellen) ist die Verjüngung über alle Baumarten in den Höhenklassen 1 (0–25 cm), 2 (26–50 cm), 3 (51–100 cm), 4 (101–150 cm) und 7 (>250 cm) zweifach gesichert geklumpt, in der Höhenklasse 5 (151–200 cm) einfach gesichert geklumpt, in der Höhenklasse 6 (201–250 cm) findet sich keine signifikante Klumpung. Die Eichenverjüngung zeigt in den Höhenklassen 2, 3 und 7 einen zweifach gesicherten, in der Höhenklasse 5 einen einfach und in der Höhenklasse 6 keinen gesicherten Klumpungsindex. Die Kiefernverjüngung kommt in allen von ihr besetzten Höhenklassen (2, 3 und 4) zweifach gesichert geklumpt vor. Für die Buche sowie für die Eichen in der Höhenklasse 1 und die Kiefern in der Höhen-

klasse 1, 5, 6 und 7 konnten keine Indexwerte berechnet werden, da hier ihre Dichten zu gering waren.

## Höhenentwicklung der Verjüngungspflanzen

Abbildung 9 unten zeigt für Parzelle 1 das Höhenwachstum (als Mittel) der jeweils höchsten Pflanzen der Aufnahmequadrate der Eichensaat und der Kiefernverjüngung sowie der bereits im Bestand vorgefundenen älteren Eichenhähersaat und des Kiefernvoranfluges. Der Wuchsvorsprung der älteren Eichen und Kiefern ist eindeutig. Hier wie aber auch in den Saatreihen ist die Eiche der Kiefer im Höhenwuchs überlegen. Dies zeigt sich besonders deutlich im Höhenzuwachs auf Abbildung 9 oben.

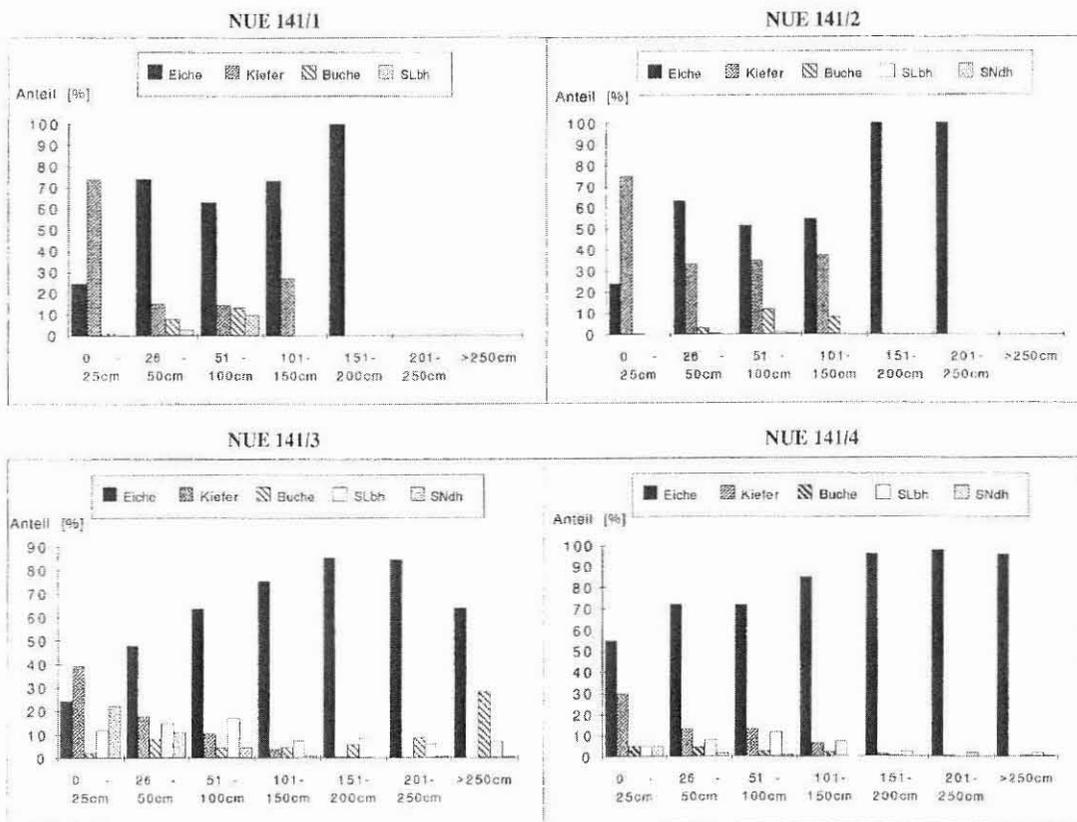


Abb. 8: Anteile der Baumarten bzw. Baumartengruppen in den Höhenklassen auf den Parzellen NUE 141/1-4 (Aufnahme F1992).

## Räumliche Verteilung der Verjüngung

Mit statistischen Methoden in Anhalt an PINTO da COSTA (5) wurde geprüft, ob in den Strukturen der räumlichen Verteilung der Verjüngung eine Klumpung, eine zufällige natürliche Verteilung oder (wie z. B. in nach Pflanzverbänden gepflanzten Verjüngungen) eine systematisch gleichmäßige Verteilung vorliegt. Zur Anpassung der Zählergebnisse der Verjüngungsquadrate an die Poisson-Verteilung wurde der  $\chi^2$ -Anpassungstest ( $\chi^2$  goodness-of-fit test) sowie der Verteilungsindex (dispersion index) verwendet. Für die Beurteilung nicht zufälliger Verteilungen hat FISHER et al. (5) die relative Varianz (Verteilungskoeffizient) als Testgröße vorgeschlagen. Sie beruht auf der Gleichheit von Mittelwert und Varianz der Poisson-Verteilung:

$$I = \frac{s^2}{\bar{n}} = \frac{\sum_{j=1}^m (n_j - \bar{n})^2}{(m-1)\bar{n}}$$

$s^2$ : Varianz  
 $m$ : Anzahl der Verj.-Quadrate  
 $n_j$ : Anzahl der beobachteten Pflanzen in jedem der  $m$  Quadrate  
 $\bar{n}$ : mittlere Pflanzenzahl je Quadrat

Zusätzlich wurde der Morisita-Index ( $I_m$ ) als weitere Testgröße verwendet. Er stellt ein Maß für die Abweichung von der Zufälligkeit einer Verteilung dar:

$$I_m = \frac{m \sum_{j=1}^m n_j(n_j - 1)}{N(N-1)}, \text{ wobei } N = \sum_{j=1}^m n_j \quad N: \text{Gesamtzahl der Pflanzen}$$

Auf Abbildung 10 (unten) ist für Parzelle 4 das Höhenwachstum von Eiche, Roteiche, Kiefer, Buche und Hainbuche mit ebenfalls den jeweils höchsten Pflanzen pro Verjüngungsquadrat wiedergegeben. Hier steht die Roteiche mit knapp 0,5 m über der Eiche; die Hainbuche ist der Eiche zuerst noch um 10–20 cm im Höhenwuchs überlegen. Buche und Kiefer stehen anfangs 0,5 m, am Ende mehr als 1,0 m unter der Eiche. Bei den laufenden Höhenzuwachsen auf Abbildung 7 (oben) ist ein starker Anstieg des Höhenzuwachses der Eiche in der letzten Vegetationsperiode erkennbar, hinter dem auch die Roteiche weit zurückbleibt. Die dieser Gegenüberstellung zugrunde liegenden Messungen an den ausgewählten höchsten Pflanzen pro Verjüngungsaufnahmeeinheit von  $5 \times 5 \text{ m} = 25 \text{ qm}$  repräsentieren natürlich nicht die gesamte Verjüngung, vermitteln aber durch ihre dominante Stellung in ihrem Umfeld einen Eindruck der möglichen Wuchseistung der beteiligten Baumarten, die später den Endbestand bilden sollen.

Die Unterschiede im Höhenwachstums (der Jahre 1987 bis 1991) dieser Pflanzen wurden nach dem Methodenvorschlag von RAO (6) auf ihre statistische Sicherheit geprüft und im Anhalt an MUDRA (7) graphisch interpretiert. Für die neunjährige Verjüngung auf Parzelle 4 ergab sich:

– Auf den  $5 \times 5 \text{ m}$  großen Aufnahmequadraten mit geringer (weniger als 35 %) Übersicherung ist das Höhenwachstum von Eiche und Kiefer hochsignifikant (\*\*\*) größer als auf den Quadraten mit dichter

Parzelle 1

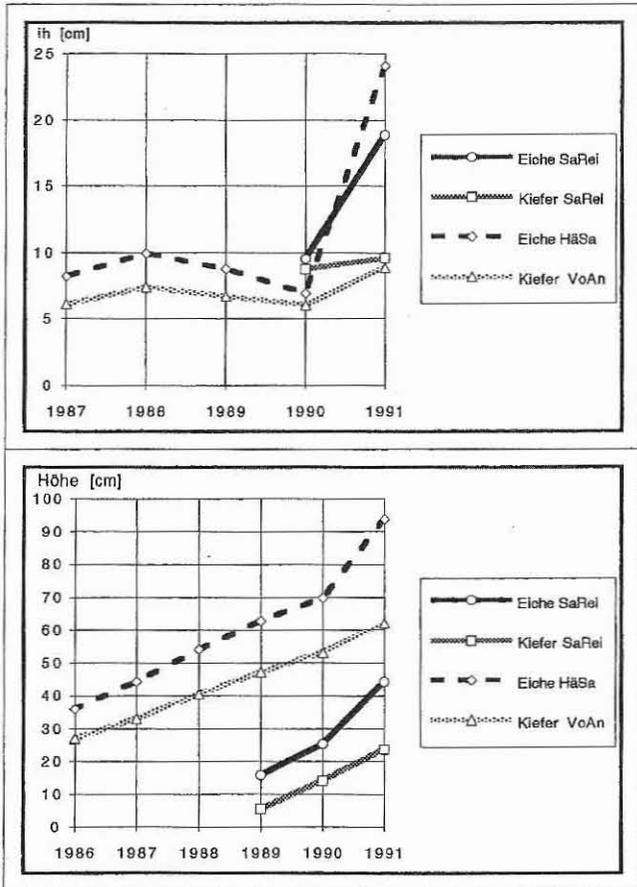


Abb. 9: Höhenzuwachs (oben) und Höhenentwicklung (unten) der Verjüngung auf Parzelle NUE 141/1.

Parzelle 4

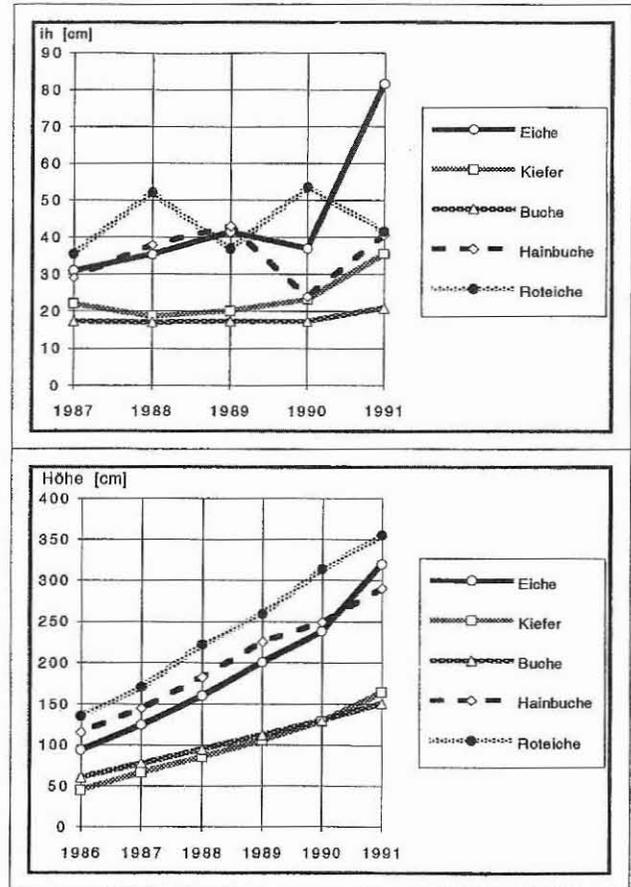


Abb. 10: Höhenzuwachs (oben) und Höhenentwicklung (unten) der Verjüngung auf Parzelle NUE 141/4.

ter (mehr als 80 %) Überschirmung; bei Buche ist der Unterschied nicht signifikant.

- Auf der gesamten Parzellenfläche – unabhängig von der kleinräumigen Überschirmungssituation – weisen die Eichenpflanzen hochsignifikant (\*\*\*) stärkeres Höhenwachstum auf als Kiefer und Buche. Die Kiefer ihrerseits ist der Buche ebenfalls hochsignifikant (\*\*\*) überlegen.

## 6 Zusammenfassung

Die noch dicht geschlossene Parzelle 1 hat deutlich die größten Grundflächen, Vorräte und Zuwächse, die über den Ertragstafelangaben nach WIEDEMANN liegen. Die anderen, im Zuge der Eichensaat aufgelichteten Parzellen liegen natürlich je nach Eingriffsstärke und ggf. Nachlichtungen unter den Ertragstafelangaben. Allerdings zeigt Parzelle 3 für die letzten 10 Jahre einen laufenden Zuwachs von im Mittel 5,6 VfmD/ha oder 131 % eines vollbestockten Ertragstafelmodellbestandes.

Die Durchmesserzuwächse von vier Probestämmen der vier Parzellen mit Grundflächenbestockungsgraden von 1,29 (Parzelle 1), 0,92 (Parzelle 2), 0,87 (Parzelle 3) und 0,74 (Parzelle 4) zeigen keine eindeutige Reaktion auf die Auflichtungen zur Verjüngungssteuerung in den Beständen. Die Höhenzuwächse der beiden jüngeren Probestämme zeigen jedoch im Ertragstafelvergleich langfristige Verbesserungen der Höhenwuchsleistung.

Alle Einzelbaumparameter lassen eine deutliche Sozialklassengliederung erkennen und die Verjüngungsentnahmen zur „Ent-rümpelung“ betrafen besonders die unteren Sozialklassen, was auch in den Baumverteilungskarten zum Ausdruck kommt.

Die 3jährige und 5jährige Eichensaate befinden sich noch in einem Stabilisierungsstadium, in dem die Pflanzen vor allem, „nach unten“ wachsen (die Wurzeln ausbilden). Über zwei Drittel aller Pflanzen sind noch kleiner als 25 cm und es haben sich noch keine Konkurrenzstrukturen ausgebildet.

Die 9jährigen Verjüngungen werden durchweg von Eiche dominiert, die Nebenbaumarten sind nur mit sehr geringen Anteilen ver-

treten, ihr Höhenwachstum kann mit der Eiche nicht Schritt halten. Ohne Begünstigung ist ihr Verschwinden zu befürchten.

Bei allen untersuchten Verjüngungsbaumarten sind die stark übershirmten Pflanzen im Wachstum denjenigen mit geringer Überschirmung signifikant unterlegen.

Daß die 9jährigen Eichenpflanzen sowohl bei schwacher als auch bei starker Überschirmung sehr gute Höhenwuchsleistungen zeigen belegt, daß sie zumindest bis zu diesem Alter mit dem Schirmdruck gut zurechtkommen. Die große Durchsetzungskraft der Eiche gegenüber den anderen Baumarten auf den untersuchten Parzellen ist in erster Linie auf ihre große Dichte und auf das rasche Jugendhöhenwachstum dieser Lichtbaumart zurückzuführen.

## Literatur

- (1) BOCK, K. (1993): Wachstum von Eichenverjüngung aus Saat unter Kieferschirm auf mäßig trockenen Sanden im Forstamt Nürnberg. Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München.
- (2) KÜHNEL, S. (1993): Wachstum von Eichenverjüngung aus Saat unter Kieferschirm auf mäßig frischen Sanden im Forstamt Nürnberg. Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München.
- (3) FOERST, K. und KREUTZER, K. (1978): Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns nach Hauptbaumarten (Karte 1:100000). Hrsg. Bayer. Staatsm. f. E.L.F.
- (4) OBERFORSTDI-REKTION ANSBACH (1991): Forsteinrichtungsoperat für das Forstamt Nürnberg.
- (5) PIN-TO da COSTA, M. E. (1992): Zur räumlichen Verteilung von Bäumen im Bestand – Untersuchungen in Bergmischwald-Beständen Zentralportugals. FwCbl, 111, S. 403–415.
- (6) RAO, C. R. (1958): Some statistical methods for comparison of growth curves. Biometrics 14 (1), S. 1–17.
- (7) MUDRA, A. (1958): Statistische Methoden für landwirtschaftliche Ver-suche. Berlin und Hamburg. Paul Parey, 336 S.

FDK: 235.2 : 235.5 : 176.1 *Quercus petraea* Liebl.

Dr. Dr. habil. Teja PREUHSLER ist apl. Professor am Lehrstuhl für Wald-wachstumskunde und Sachgebietsleiter an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft in Freising; Dipl.-Forstw. Stefan KÜHNEL ist am Lehr-stuhl für Waldwachstumskunde in Freising tätig; Forstreferendar Klaus BOCK ist z. Zt. beim Forstamt Forchheim eingesetzt.