

Zum Einfluss von Soziologie und Standraum auf die Zuwachs- und Kronenentwicklung der Gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris*)

Influence of Social Status and Growing Space on Increment and Crown Development of Scots Pine (*Pinus sylvestris*)

Falk Stähr, Kerstin Hainke

Bei der Bewirtschaftung der Baumart Kiefer im Land Brandenburg bilden Art und Umfang der Standraumbereitstellung einen aktuellen Diskussions-Schwerpunkt. Vor allem der von der Gemeinen Kiefer tatsächlich produktiv genutzte Standraum steht im Fokus des derzeitigen waldbaustrategischen Meinungsaustausches um die Optimierung der Volumen- und Wertleistung in den Kiefernforsten.

Die nachfolgende Darstellung von Teilergebnissen aus den von BERGMANN in den Berliner Forsten angelegten Standraumversuchen dient der Versachlichung und substanziellen Anreicherung der aktuellen Waldbau-debatte.

Versuchskonzeption Berliner Forsten

Bei der Versuchskonzeption zu den Standraumversuchen wurde unterstellt, dass eine stammzahlreiche Bewirtschaftung von Kiefernforsten

- zu erhöhtem Schadens-, Verlust- und Wirtschaftsrisiko führt,
- Standortfaktoren wie limitierte Nährstoff- und Bodenwasserverfügbarkeit, erhebliche Bodendegradationen oder die Ausbreitung von Sandrohr (*Calamagrostis epigejos*) unzureichend beachtet,
- die vergleichsweise unwirtschaftliche Schwachholzphase verlängert.

Die Versuchsziele der BERGMANNschen Standraumversuche bestanden deshalb vor allem darin:

- die Bestandes- und Sortimentstruktur der Kiefernforsten zu verbessern,
- die Bestände gegenüber insbesondere abiotischen Schadfaktoren wie z.B. Sturmereignissen zu stabilisieren,
- wenig oder nicht rentable Wuchsphasen rasch zu überwinden,
- die verfügbaren Bodennährstoffe und Bodenwasseranteile effizient zu nutzen.

Hierzu erfolgte eine umfassende Versuchsanlage in Kiefernbeständen der Berliner Forsten in den drei Forstämtern Friedrichshagen (Revier Teufelssee), Treptow (Reviere Müggelheim und Fahlenberg) und Lanke (Revier Prenden). An jedem der drei Versuchsstandorte wurden drei Wuchsphasen einbezogen – die Dickungsphase, die Stangenholzphase und die Baumholzphase. Die Kiefern der bei Versuchsanlage 40- bis 72-jährigen Baumhölzer reagierten vergleichsweise sehr gering auf Freistellungsmaßnahmen. Daher werden nachfolgend ausschließlich Ergebnisse der Wuchsphasen Dickung und Stangenholz vorgestellt. Hierfür wurden im Forstamt Treptow zwei Flächen ausgewählt:

1. Dickung Müggelheim, Abt. 172a3

- Standort: M2m,
- Versuchsbeginn: 1996 im Alter 13 Jahre (Begründungsjahr: 1983).

2. Stangenholz Fahlenberg, Abt. 177a4

- Standort: Z2m,
- Versuchsbeginn: 1994 im Alter 29 Jahre (Begründungsjahr: 1965).

In jeder Wuchsphase wurde eine Versuchsreihe angelegt. Eine Versuchsreihe besteht aus vier Varianten, die jeweils 0,2 ha groß und wie folgt aufgebaut sind:

	Dickung:	Stangenholz
Variante 1:	1000 Ki/ha	1000 Ki/ha
Variante 2:	2000 Ki/ha	2300 Ki/ha
Variante 3:	4000 Ki/ha	4300 Ki/ha
Variante 4	Nullvariante	Nullvariante

In der Nullvariante fand ab Versuchsbeginn kein Durchforstungseingriff mehr statt.

Die Stammzahlreduzierung auf die genannten Individuenzahlen orientierte sich vorzugsweise am soziologischen Rang der Kiefern. Je stammzahlreicher die Variante ist, desto mehr soziologisch nachrangige Exemplare stocken auf der Fläche. Zudem wurden vitalitätsschwache sowie qualitativ geringwertige Exemplare entsprechend der angestrebten Variantenbaumzahl entnommen und – soweit möglich – auf eine gleichmäßige Verteilung des verbleibenden Bestandes geachtet. Die Eingriffsmaßnahme erfolgte somit in Form einer flächenhaften, bestandesweisen Durchforstung.

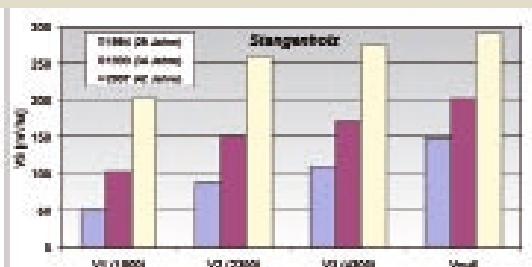
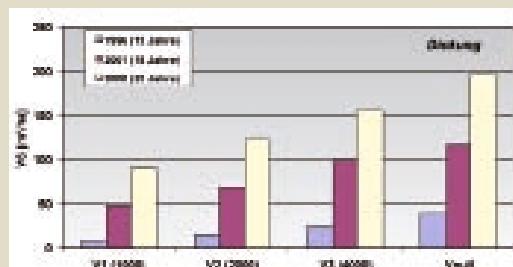


ABBILDUNG 1.1 | 1.2: Entwicklung des Schaftholzvolumens in den Versuchsparzellen.

FIGURE 1.1 | 1.2: Total stem wood volume production in the experimental plots.

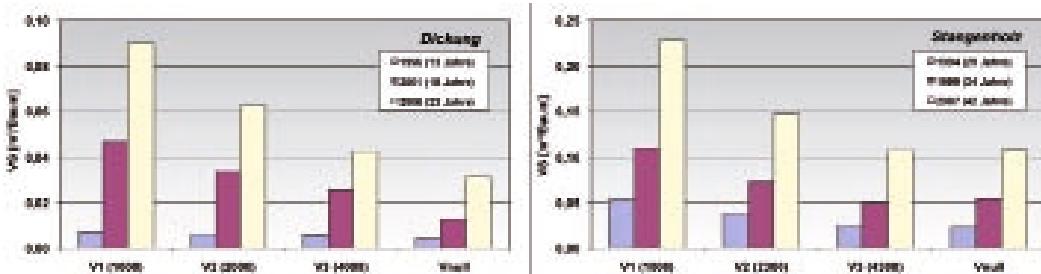


ABBILDUNG 2.1 | 2.2: Entwicklung des mittleren Einzelbaum-Schaftholzvolumens in den Versuchsparzellen.

FIGURE 2.1 | 2.2: Average stem wood volume increment in the experimental plots.

TABELLE 1: Stammzahlentwicklung in den Versuchsparzellen.

TABLE 1: Number of trees in the experimental plots.

Dickung Müggelheim				Stangenholz Fahlenberg			
	Aufnahmejahr	Pfl./ha	Absterberate [%]		Aufnahmejahr	Pfl./ha	Absterberate [%]
V1	1996	1.055		V1	1994	965	
	2001	1.005	4,7		1999	925	4,2
	2006	1.000	5,2		2007	905	6,2
V2	1996	2.105		V2	1994	2.305	
	2001	1.985	5,7		1999	2.070	10,2
	2006	1.950	7,1		2007	1.760	23,6
V3	1996	4.015		V3	1994	4.300	
	2001	3.880	3,4		1999	3.480	19,1
	2006	3.665	8,7		2007	2.550	40,7
Vnull	1996	15.710		Vnull	1994	6.340	
	2001	9.070	42,3		1999	3.735	41,1
	2006	6.280	60,0		2007	2.725	57,0

TABELLE 2: Höhenrahmen der Versuchsparzellen im Beobachtungszeitraum.

TABLE 2: Average tree height in the experimental plots during the period of observation.

Dickung Müggelheim				Stangenholz Fahlenberg			
	Aufnahmehjahr	HG [m]	HO100 [m]		Aufnahmehjahr	HG [m]	HO100 [m]
V1 (1000)	1996 2006	5 10	6 12	V1 (1000)	1994 2007	10 16	11 18
V2 (2000)	1996 2006	5 10	6 13	V2 (2000)	1994 2007	10 16	11 18
V3 (4000)	1996 2006	5 11	6 13	V3 (4000)	1994 2007	11 16	11 18
Vnull (kein Eingriff)	1996 2006	5 10	6 13	V4 (kein Eingriff)	1994 2007	10 15	12 17

Erhoben wurden umfangreiche Daten zur standorts- und vegetationskundlichen Entwicklung der Flächen sowie insbesondere waldbaulich-waldwachstumskundliche Parameter zur Beschreibung der Ertrags- und Strukturentwicklung in den Varianten der untersuchten Kiefernforsten. Die Ergebnisdarstellungen beziehen sich vornehmlich auf ausgewählte ertragskundliche Parameter der Versuchsbestände und Angaben zur Kronenentwicklung.

Folgende Parameter wurden ermittelt und im Weiteren ausgewertet:

- Brusthöhendurchmesser ($D_{1,3}$):
- Überkreuzklippung aller Individuen
- Oberdurchmesser:
- entspricht dem $D_{1,3}$ der 100 durchmesserstärksten Bäume pro ha,
- rechnerisch ermittelt mit Programm „Ertragskennwerte (EKW)“ (DEGENHARDT, 2001)
- Baumhöhe:

- Messung mit dem Höhenmessgerät Vertex III,
- in den Varianten „1000 Ki/ha“ und „2300 Ki/ha“ Messung aller Höhen,
- in den Varianten „4300 Ki/ha“ und „Null“ Bildung von $D_{1,3}$ -Klassen, danach Messung von mindestens drei Höhen je Durchmesserklasse.
- Schaftholzvolumen [m^3/ha]: rechnerisch ermittelt mit Programm „Ertragskennwerte (EKW)“ (DEGENHARDT, 2001)
- Stammklasse nach KRAFT (1884)
- Kronenlänge: ab erstem grünen Ast bis Terminaltriebspitze
- Kronenradius:
- Dickung – Einmalmessung (2006) mit acht Messradien,
- Stangenholz – zwei Messungen (1999, 2007) mit jeweils vier Messradien.
- Kronenkreis- und Kronenmantelfläche: rechnerisch ermittelt

Zur speziellen Aufnahmemethodik wird darüber hinaus auf BERGMANN et al. (2007) und STÄHR et al. (2007) verwiesen. Insgesamt wurden drei Erhebungen durchgeführt. In den Dickungen 1996, 2001 und 2006, d.h. der Beobachtungszeitraum betrug zehn Jahre. In den Stangenholzern 1994, 2001 und 2007, demnach liegt hier ein Beobachtungszeitraum von 13 Jahren vor.

Ergebnisse und Diskussion

Ausgewählte Ertragsindikatoren

Stammzahlen

Die Stammzahlentwicklung innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 10 und 13 Jahren stellt Abbildung 1 dar. In der Dickung ist in den durchforsteten Varianten eine lediglich einstellige Mortalitätsrate mit schwach steigender Tendenz feststellbar. Im Stangenholz ist die Licht- und Nährstoffkonkurrenz der Kiefern wesentlich stärker. Hier steigt die Mortalitätsrate mit zunehmender Stammzahl

deutlich. Sie ist 2007 in der Variante V3 fast 5-fach höher als in der Variante V3 der Dickung. Zugleich verringerte sich mit abnehmender Individuenzahl auch allmählich der Stammzahlunterschied zwischen den Varianten. So weist die Nullvariante 2007 mit 2725 Kiefern/ha nur noch geringfügig mehr Exemplare auf als die Variante V3.

Das Unterlassen des Durchforstungseingriffes führte in beiden Nullvarianten zu hohen Individuenverlusten von 60 % und 57 %.

Höhenrahmen

Um die Versuchsobjekte besser in die Bestandesentwicklung und die Erfordernisse spezifischer waldbaulicher Eingriffe einordnen zu können, wird in Tabelle 2 der vorgefundene Höhenrahmen dargestellt. Die Oberhöhe des Untersuchungsobjektes „Dickung“ lag 1996 im Alter 13 Jahre bei 6 m und 10 Jahre später bei 12 bzw. 13 m. Das Stangenholz wies 1994, im Alter 29 Jahre eine Oberhöhe von 11 m auf und nach 13 Jahren Beobachtung von 18 m. In den Varianten V3 und Vnull war in beiden Wuchsklassen trotz der höheren Stammzahlen und der daraus resultierenden höheren intraspezifischen Konkurrenz kein gesteigerter Höhenzuwachs feststellbar.

Ertragsentwicklung

Zur Beurteilung der Ertragsleistung der Untersuchungsbestände wurden die Parameter Schaftholzvolumen (VS) und Brusthöhendurchmesser ($D_{1,3}$) ausgewählt. Das Schaftholzvolumen als „Gesamtvolumen“ der Schäfte schließt auch den Volumenanteil der Baumschäfte unterhalb der Derbholzgrenze von 7 cm ein.

Das Ausgangsniveau des Bestandes-Schaftholzvolumens (Abbildung 1.1 und 1.2) nimmt erwartungsgemäß mit der Individuenzahl zu. In den drei Durchforstungsvarianten V1 bis V3 stieg danach im Untersuchungszeitraum sowohl in der Dickung als auch im Stangenholz die Flächenvolumenleistung mit zunehmender Stammzahl. Dies wird sowohl anhand der Gesamtzuwachsleistung als auch des jährlichen Volumenzuwachses deutlich (Tabelle 3). Allerdings ist die Ertragsdifferenz zwischen V1 und V3 in der Dickung mit fast 5 $m^3/ha \cdot a$ erheblich höher als im Stangenholz (2,0 $m^3/ha \cdot a$). Demnach hat die Dickungsfläche auf die Standraumerweiterung stärker mit Volumenzuwachs reagiert als das Stangenholz.

Hervorzuheben ist, dass in der nicht-durchforsteten Nullvariante auf beiden Flächen die Volumenleistung wieder abnimmt. Das hat zwei Ursachen:

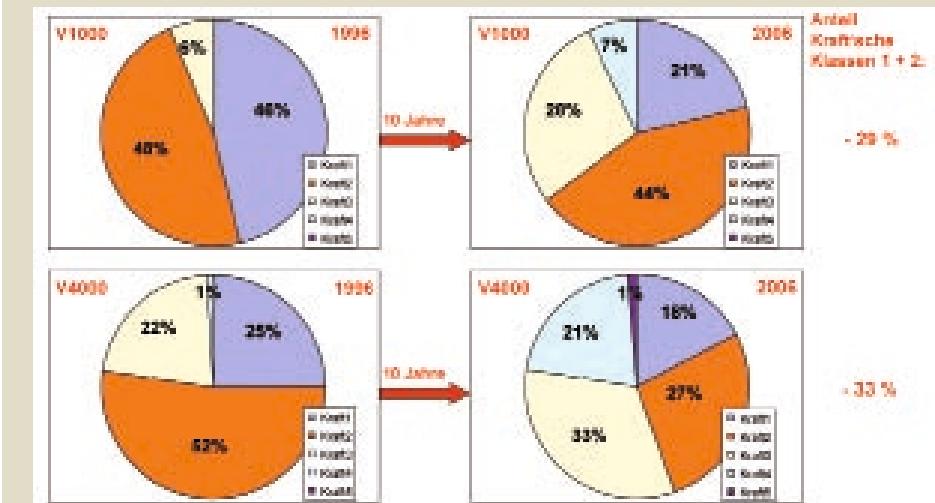


ABBILDUNG 3.1: Anteile der Stammklassen am Schaftholzvolumen in den Versuchsparzellen V1 und V3 – Dickung.

FIGURE 3.1: Total stem wood volume and percentage of crown classes in the experimental plots V1 and V3 – thicket.

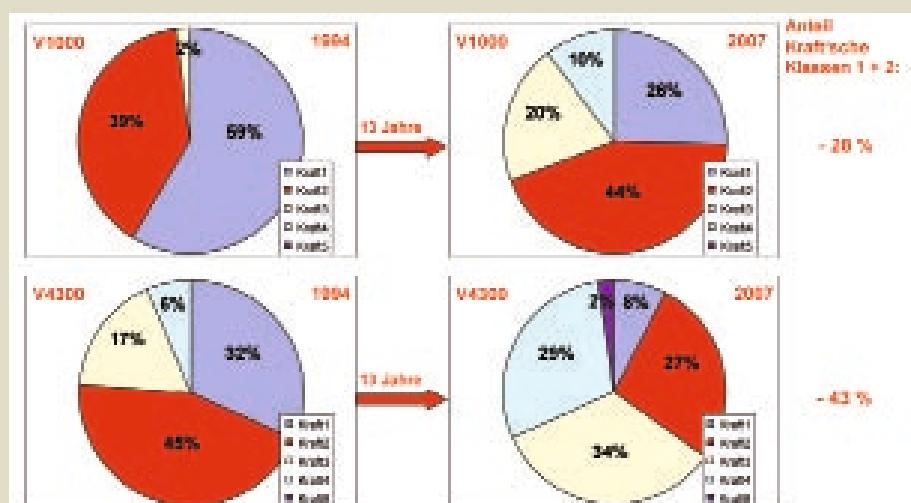


ABBILDUNG 3.2: Anteile der Stammklassen am Schaftholzvolumen in den Versuchsparzellen V1 und V3 – Stangenholz.

FIGURE 3.2: Total stem wood volume and percentage of crown classes in the experimental plots V1 and V3 – pole stands.

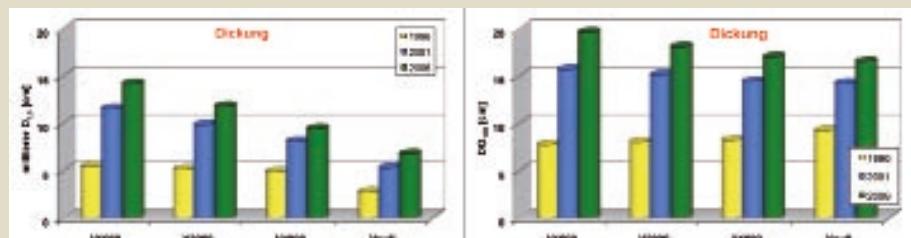


ABBILDUNG 4.1 | 4.2: Entwicklung des mittleren $D_{1,3}$ (links) und des Oberdurchmessers (D_{100}) (rechts) in den Versuchsparzellen der Dickung Müggelheim 172 a3.

FIGURE 4.1 | 4.2: Development of the average diameter at breast height ($D_{1,3}$) (left) and the top diameters (D_{100}) (right) in the experimental plots of the thicket Müggelheim 172 a3.

- Die immense Mortalitätsrate und durchforsterter Bestände schließt auch potenziell ertragsstarke Kiefern aus den Kraft'schen Klassen 1 und 2 ein.
- Ohne Nutzungsmaßnahme erhöhte sich der Individuenanteil zuwachs-schwacher Kiefern der Kraft'schen Klassen 4 und 5 in der Dickung um 23 % im Stangenholz sogar um 30 %.

Der Einzelbaum profitiert mit abnehmender Stammzahl von der verringerten Konkurrenz um das Lichtangebot und die Standortausstattung an Nährstoffen und Wasser. In den durchforsteten Varianten V1 bis V3 steigt daher das Schaftholzvolumen des Einzelbaumes mit abnehmender Individuenzahl (Abbildung 2.1 und 2.2). Die Reduzierung der Individuenzahl von ca. 4.000 auf 1.000 Kiefern/ha bewirkte eine Verdopplung des Volumenzuwachses am Einzelbaum (Tabelle 4).

Die Zuwachsleistung in der Nullvariante entspricht in beiden Fällen jener der Variante V3. Für eine nennenswerte Steigerung des Volumenzuwachses am Einzelbaum war demnach eine Stammzahlreduzierung unter 4.000 Kiefern/ha erforderlich.

Die „Leistungsträger“ in den Kiefernforsten sind vornehmlich soziologisch hochrangige und somit herrschende Exemplare, d.h. Kiefern der Kraft'schen Klassen 1 und 2. Diese Exemplare erbrachten zu Versuchsbeginn in den Varianten V1 bis V3 beider Wuchsklassen mindestens $\frac{3}{4}$ des Schaftholzvolumens der Fläche (Abbildung 3.1 und 3.2).

Der Volumenanteil der Kraft'schen Klassen 1 und 2 verringerte sich jedoch im Untersuchungszeitraum in der Dickungsvariante V1 um 29 % und in der Variante V3 um 33 % (Abbildung 3.1). Das Stangenholz (Abbildung 3.2) weist in der 1000er Variante am Anfangs- und Endpunkt der Untersuchung eine sehr ähnliche Stammklassenverteilung auf wie die Dickung. In der Variante 4300 fällt aufgrund des deutlich höheren Konkurrenzdruckes der Volumenanteil herrschender Kiefern wesentlich stärker ab als in der 1000er Stangenholzvariante. Weiterhin ist 2007 die Gesamtpflanzenzahl in der Variante 4300 Ki/ha um das 2,8-fache höher als in der Variante V1000 (Tabelle 1), die Anzahl der Kiefern in den Kraft'schen Klassen 1 und 2 ist jedoch nur 1,6-fach höher. Die Summe der Individuen in den Kraft'schen Klassen 1 und 2 betrug im Jahr 2007 in der Variante V1 280 Kiefern/ha und in der Variante V3 = 450 Kiefern/ha.

Das bedeutet, dass höhere Stammzahlhaltung zwar ein höheres Schaftholzvolumen auf der Fläche bewirkte, aber auf der Basis vieler soziologisch

TABELLE 3: Zuwachsentwicklung des Schaftholzvolumens in den untersuchten Parzellen.

TABLE 3: Annual total stem wood volume increment in the experimental plots.

Dickung	Stangenholz			
	V1 (1000)	V2 (2300)	V3 (4000)	Vnull
Zuwachs ge- sammt [m ³ /ha]	82	108	131	12,8
jährl. Zuwachs [m ³ /ha*a]	8,2	10,8	13,1	12,8

Dickung	Stangenholz			
	V1 (1000)	V2 (2300)	V3 (4000)	Vnull
Zuwachs ge- sammt [m ³ /ha]	150	171	177	142
jährl. Zuwachs [m ³ /ha*a]	11,6	13,2	13,6	11,0

TABELLE 4: Mittlerer Schaftholzvolumenzuwachs der Individuen in den Versuchsparzellen.

TABLE 4: Average stem wood volume increment in the experimental plots.

Dickung	Stangenholz			
	V1 (1000)	V2 (2000)	V3 (4000)	Vnull
Zuwachs ge- sammt [m ³ /ha]	0,08	0,06	0,04	0,03
jährl. Zuwachs [m ³ /ha*a]	0,008	0,006	0,004	0,003

Dickung	Stangenholz			
	V1 (1000)	V2 (2000)	V3 (4000)	Vnull
Zuwachs ge- sammt [m ³ /ha]	0,17	0,11	0,08	0,08
jährl. Zuwachs [m ³ /ha*a]	0,013	0,008	0,006	0,006

TABELLE 5: Mittlerer jährlicher Zuwachs des Brusthöhendurchmessers ($D_{1,3}$) und des Oberdurchmessers (DO_{100}) in den Dickungsvarianten.

TABLE 5: Average annual diameter increment of diameter at breast height ($D_{1,3}$) and maximum diameter (D_{100}) in the thicket.

	mittlerer $D_{1,3}$ -Zuwachs [cm/ha*a]				Oberdurchmesser [cm/ha*a]			
	V1 (1000)	V2 (2300)	V3 (4300)	Vnull	V1 (1000)	V2 (2300)	V3 (4300)	Vnull
1996 bis 2001	1,22	0,94	0,64	0,51	1,59	1,43	1,24	0,99
2002 bis 2006	0,52	0,39	0,30	0,30	0,79	0,58	0,52	0,46

TABELLE 6: Mittlerer jährlicher Zuwachs des Brusthöhendurchmessers ($D_{1,3}$) und des Oberdurchmessers (DO_{100}) in den Stangenholzvarianten.

TABLE 6: Average annual diameter increment of DBH ($D_{1,3}$) and maximum diameter (D_{100}) in the pole stands.

	mittlerer $D_{1,3}$ -Zuwachs [cm/ha*a]				Oberdurchmesser [cm/ha*a]			
	V1 (1000)	V2 (2000)	V3 (4000)	Vnull	V1 (1000)	V2 (2000)	V3 (4000)	Vnull
1994 bis 1999	0,78	0,62	0,48	0,50	1,04	0,93	0,89	0,77
2000 bis 2007	0,45	0,36	0,34	0,35	0,67	0,68	0,56	0,55

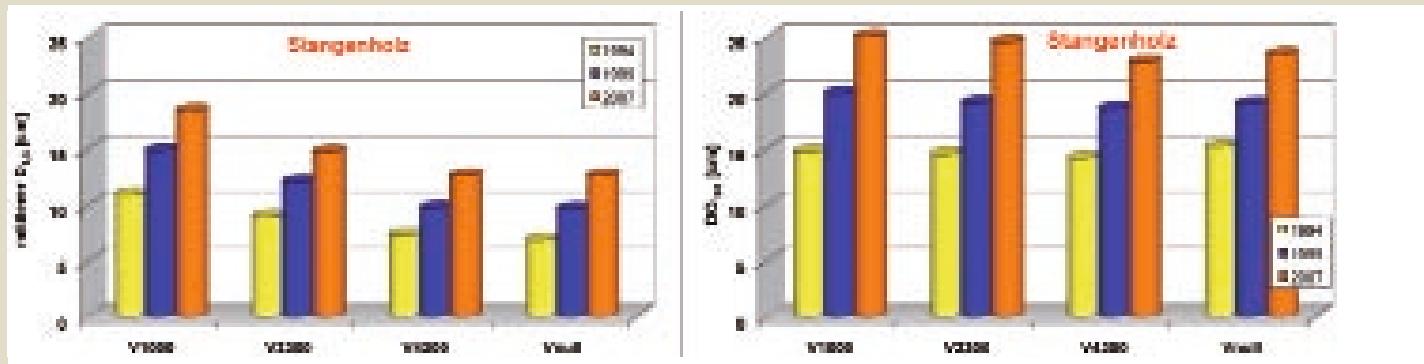


ABBILDUNG 5.1 | 5.2: Entwicklung des mittleren $D_{1,3}$ (links) und des Oberdurchmessers (DO_{100}) (rechts) in den Versuchsparzellen des Stangenholzes Fahlenberg 177 a4.

FIGURE 5.1 | 5.2: Development of the average diameter at breast height ($D_{1,3}$) (left) and the top diameters (DO_{100}) in the experimental plots of the pole stand Fahlenberg 177 a4 (right).

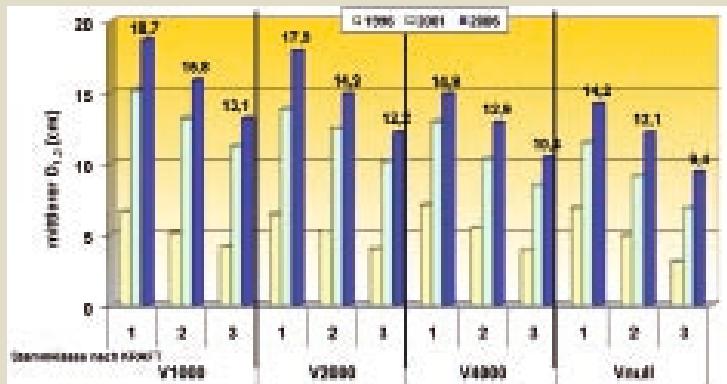


ABBILDUNG 6.1: Mittlerer Brusthöhendurchmesser ($D_{1,3}$) der wirtschaftlich bedeutsamsten Stammklassen in den Varianten der Dickenfläche 172 a3.

FIGURE 6.1: Average diameter increment of diameter at breast height ($D_{1,3}$) of the most economically important social classes in the thicket variants.

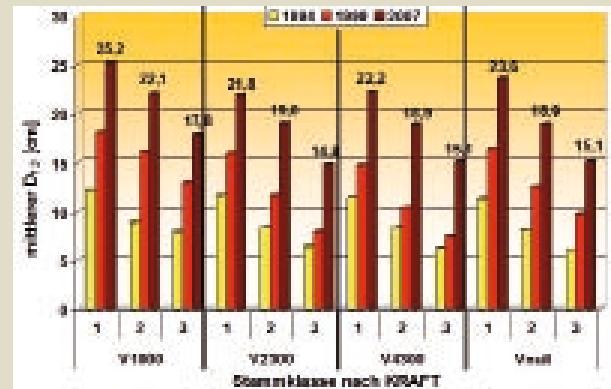


ABBILDUNG 6.2: Mittlerer Brusthöhendurchmesser ($D_{1,3}$) der wirtschaftlich bedeutsamsten Stammklassen in den Varianten der Stangenholzfläche 177 a4.

FIGURE 6.2: Average diameter increment of diameter at breast height ($D_{1,3}$) of the most economically important social classes in the pole stands.

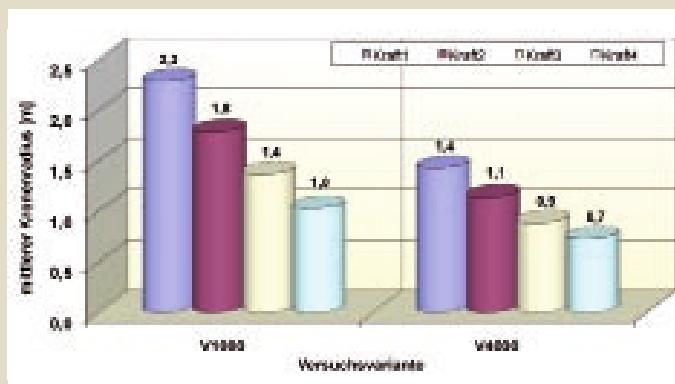


ABBILDUNG 7.1: Mittlere Kronenradien der Kraft'schen Klassen 1 bis 4 auf der Fläche Müggelheim 172 a3 im Jahr 2006.

FIGURE 7.1: Average crown radius of the social classes 1 to 4 in the experimental area Müggelheim 172 a3 in 2006.

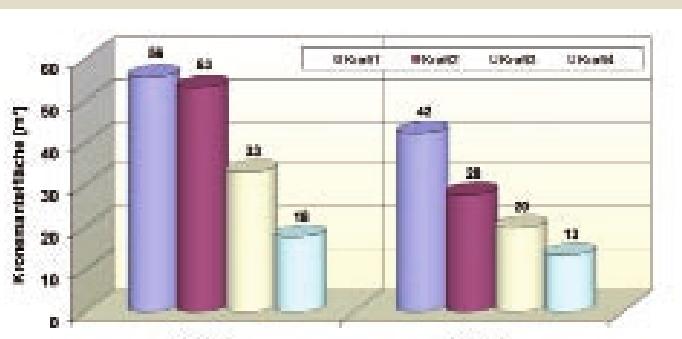


ABBILDUNG 7.2: Mittlere Kronenmantelflächen der Kraft'schen Klassen 1 bis 4 auf der Fläche Müggelheim 172 a3 im Jahr 2006.

FIGURE 7.2: Average crown surface of the social classes 1 to 4 in the experimental area Müggelheim 172 a3 in 2006.

nachrangiger und somit zumeist durchmesserschwacher Kiefern.

Die wichtigste Ertragsgröße des Standraumversuches ist der $D_{1,3}$. Die Entwicklung des gemittelten $D_{1,3}$ der Versuchsfläche (Abbildung 4.1) und des wirtschaftlich relevanteren Durchmessers der 100 stärksten Bäume je ha (Abbildung 4.2, Tabelle 5) ergab drei wesentliche Aussagen:

- In den stammzahlarmen Varianten konnten die Kiefern den Standraumgewinn in höheren Durchmesserzuwachs umsetzen. Wie schon beim Schaftholzvolumen führte die Vervierfachung des Standraumes zu einer Zuwachssteigerung um ca. das 2-fache.
- Um eine nennenswerte Zuwachssteigerung des Oberdurchmessers zu erzielen, war in der Dickung eine Stammzahlverringerung auf ≤ 2000 Ki/ha notwendig.
- In der 2. Erhebungsperiode 2002 bis 2006 nimmt die standraumabhängige Zuwachssteigerung rapide ab. Der „Standraumeffekt“ lässt also nach ca. fünf Jahren deutlich nach.

Für die Durchmesserentwicklung im Stangenholz gelten diese Aussagen adäquat (Abbildung 5.1 und 5.2, Tabelle 6), jedoch mit der Besonderheit, dass die Zuwachssteigerung geringer ausfiel als in der Dickung. Das gilt für beide Durchmessergrößen und jeweils beide Erhebungszeiträume und ist wahrscheinlich auf den relativ höheren Konkurrenzdruck im Stangenholz zurückzuführen.

Die Abbildung 6.1 und 6.2 stellen die gemessenen und gemittelten $D_{1,3}$ -Werte in den Kraft'schen Klassen und damit auch die Durchmesserdifferenz zwischen den wirtschaftlich bedeutsamsten Stammklassen 1 bis 3 dar. In beiden Wuchsphasen und allen Varianten war der mittlere Durchmesser am Ende des Untersuchungszeitraumes umso größer, je soziologisch hochrangiger der Baum ist. Die Aussage verdeutlicht, dass unter dem Aspekt der Durchmesserentwicklung bei der Z-Baumauswahl die Focussierung auf die Stammklassen 1 und 2 berechtigt ist.

Kronenentwicklung

In der Dickung Müggelheim erfolgte einmalig am Ende des Untersuchungszeitraumes eine Vermessung der Kronen. Die Ergebnisse werden nachfolgend im Vergleich der Varianten V1 und V3 dargestellt.

In der waldbaulichen Praxis wird meist der Kronenradius als Orientierung verwendet. Dieser betrug 2006 im Versuchsobjekt „Dickung“ in der Variante V1 im Durchschnitt das 1,6-fache der Variante V3 (Tabelle 7). Untersuchungen von

TABELLE 7: Kronenparameter in den Varianten V1 und V3 der Fläche Müggelheim 172 a3.

TABLE 7: Crown parameters of variants V1 and V3 in the experimental area Müggelheim 172 a3.

Variante	gemessene Kiefern (n)	mittlerer Kronenradius [m]	mittlere Kronenkreisfläche [m ²]	mittlere Kronenlänge [m]	mittlere Kronenmantelfläche [m ²]
V1 (1000)	30	1,6	8,9	6,1	44
V3 (4000)	30	1,0	3,3	5,2	23

TABELLE 8: Kronenparameter in den Varianten V1 und V3 der Fläche Fahlenberg 177 a4.

TABLE 8: Crown parameters of variants V1 and V3 in the experimental area Fahlenberg 177 a4.

Variante	gemessene Kiefern (n)	mittlerer Kronenradius [m]	mittlere Kronenkreisfläche [m ²]	mittlere Kronenlänge [m]	mittlere Kronenmantelfläche [m ²]
V1 (1000)	52	2,5	19,9	7,5	82
V3 (4300)	48	2,2	15,3	7,8	74

TABELLE 9: Zuwachs der Kronenradien in den Varianten der Fläche Fahlenberg 177 a4.

TABLE 9: Crown radius increment in the experimental area Fahlenberg 177 a4.

Variante	mittlerer Kronenradius [m]			
	1994 – 1999		2000 – 2007	
	Zuwachs ges. [m]	jährl. Zuwachs [m]	Zuwachs ges. [m]	jährl. Zuwachs [m]
V1 (1000)	0,58	0,12	0,28	0,04
V2 (2300)	0,49	0,10	0,17	0,02
V3 (4300)	0,39	0,08	0,26	0,03
Vnull	0,24	0,05	-0,09	-0,01

EBERT und EISELE (2001) belegen, dass die Durchmesserentwicklung mit dem Parameter Kronenmantelfläche korrespondiert. Für den Volumenzuwachs ist demnach vor allem der assimilatorisch wirksame Teil der Krone resp. die Assimulationsfläche wesentlich. Der Parameter „Kronenmantelfläche“ verdoppelte sich nahezu von 23 auf 44 m² bei Vervierfachung des verfügbaren Standraumes.

Da Tabelle 7 lediglich Flächenmittelwerte angibt, ist eine detailliertere Betrachtung der Bestandes hierarchie sinnvoll. Die Erhebungen aus dem Jahr 2006 zeigen, dass am Ende des Beobachtungszeitraumes in der Kraft'schen Klasse 1 der Dickungsvariante 1000 Ki/ha ein mittlerer Kronenradius von durchschnittlich 2,3 m erreicht wurde (Abbildung 7.1). Bei vglw. hoher Stammzahlhaltung sinkt der Kro-

nenradius auf durchschnittlich 1,4 m ab. Bereits die Kronen der Stammklasse 2 der 1000er Variante partizipierten erheblich weniger von der Standraumerweiterung.

Die Entwicklung der Kronenmantelflächen offenbart, dass sich in der 4000er Variante im Hinblick auf die Vergrößerung der Assimulationsfläche lediglich die vorherrschenden Exemplare vom Bestandeskollektiv absetzen konnten (Abbildung 7.2). In der 1000er Variante hingegen waren insbesondere die Kraft'schen Klassen 1 und 2 in der Lage, das erweiterte Standraumangebot in Assimulationsfläche umzusetzen.

Auch für das Stangenholz liegt eine umfassende Kronenvermessung für den Endpunkt des Erhebungszeitraumes vor (Tabelle 8). Eine Ausnahme ist hier der Kronenradius, der bei jeder Folgeauf-

ABBILDUNG 8.1 | 8.2: Zusammenhang zwischen Durchmesserentwicklung und Kronenmantelfläche in den Dickungsvarianten V1 (links) und V2 (rechts).

FIGURE 8.1 | 8.2: Correlation between changes in diameter and crown surface in the thicket variants V1 (left) and V2 (right).

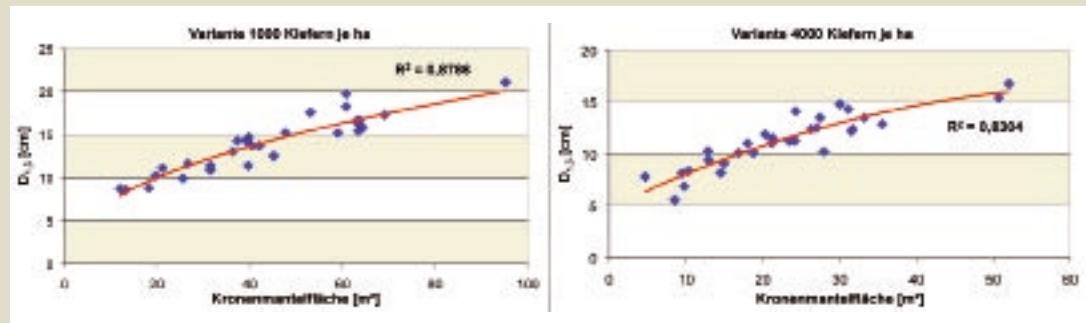
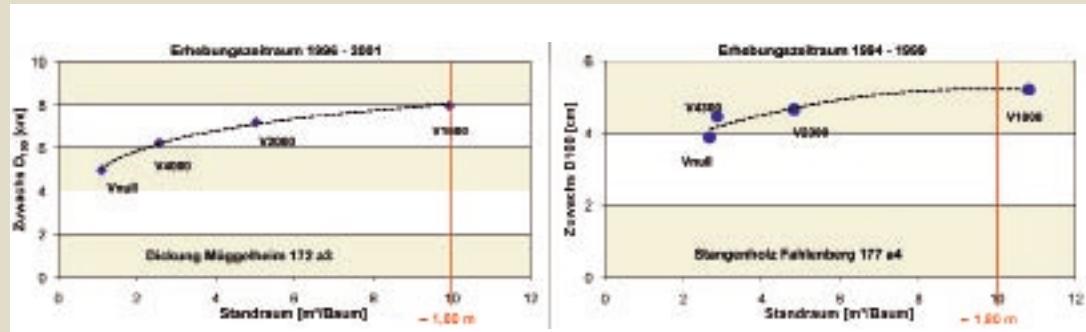


ABBILDUNG 9.1 | 9.2: Zusammenhang zwischen der Zuwachsentwicklung des D0100 und dem verfügbaren Standraum in den Versuchsobjekten Dickung (links) und Stangenholz (rechts).

FIGURE 9.1 | 9.2: Correlation between changes in increment of maximum diameter (D0100) and the available growing space in thicket (left) and pole stands (right).



HIMMELBERGER ZEUGHAMMERWERK
A-9413 Frontfach • Tel. 04352/71131 • Fax 04352/71131-19 • www.mueller-zeughammer.at

**Transportprobleme mit Ihrer Forstmaschine?
Wir haben die Lösung!!!**

Ebert-SPEZIALIEFLÄDER

Unser Angebot für Ihr Transportproblem:

- > Spezialanhänger mit 3 Achsen (Höchstzuladung, ca. 18-24 t Nutzlast)
- > Spezialanhänger mit 2 hydraulisch gekennzeichneten Achsen, ca. 25-27 t Nutzlast
- > Spezial-Forestmachinen-Transporter mit 3 Achsen, 16-20 t Nutzlast
- > Spezial-Forestmachinen-Transporter mit 4 Achsen, 21-24 t Nutzlast
- > Spezial-Zugmaschinen mit Betteläufelchen bis 40 t Anhängerlast
- > Knechel- u. Verdeckfahrzeuge mit Kran

FABRIKNEU oder gebraucht PREISWERT!!!

Lieferung u. Pfändung bis 94 Monat Finanzierung - Mittelfristig
einzig gekennzeichnete Zugmaschinen und Anhängermaschinen auf Lager

Ebert Spezialfahrzeuge zum
Försterdienst u. Forestmachinen-Transport
Tel. 0711 960 00-0, Fax 0711 960 00-10, E-Mail: info@ebert-zeughammer.de

Einzelunternehmen wie Ihnen ein Leasing- oder
Finanzierungsangebot einer Mercedes-Benz Bank

Mercedes-Benz Bank

nahme miterhoben wurde. Im Stangenholz fiel der standraumabhängige Gewinn an Assimilationsfläche erheblich geringer aus als in der Dickung. Das wird sowohl anhand des Kronenradius' als auch der Kronenmantelfläche deutlich. Die mittlere Kronenlänge war in der Variante V1 sogar etwas geringer als in der stamm-zahlreichen Versuchspartie.

Der Blick auf den Zuwachs der Kronenradien in den Erhebungsabschnitten (Tabelle 9) zeigt außerdem, dass der jährliche Zuwachs des Kronenradius' in der ersten Erhebungsperiode, 1994 bis 1999, ca. das 3-fache des Wertes des zweiten Untersuchungsabschnittes, 2000 bis 2007, betrug. Das gilt für die Varianten V1 bis V3 gleichermaßen. Folgerichtig fällt auch der Gesamtzuwachs der Varianten im 2. Erhebungsabschnitt drastisch. In der Jugendphase der Gemeinen Kiefer ist daher das in den vergangenen Jahren postulierte Durchforstungsintervall von ca. 5 Jahren im Sinne einer optimalen Durchmesser- und Wertentwicklung unabdingt zu bestätigen.

Die undurchforstete Nullvariante fällt bereits im ersten Abschnitt mit 0,05 m/a deutlich zurück. Im zweiten Abschnitt werden die Kronen sogar schmäler. Damit wird auch die im Vergleich zur 4300er Variante geringere Volumenleistung in der Nullvariante plausibel.

Standraum, Krone, Ertrag

Aus den vorgestellten Ergebnissen ergibt sich die Frage, in welcher Relation Standraum, Krone und Ertrag stehen. In der vergleichsweise dynamischen Dickungsphase ging die Vervierfachung des Standraumangebotes mit einer Verdopplung der Kronenmantelfläche und der Ertragskennwerte einher. Es ist daher naheliegend, die Abhängigkeit der Ertragskennwerte von der Kronenmantelfläche zu betrachten. Dies erfolgte anhand der Durchmesserentwicklung in den Varianten V1 (1000 Kiefern/ha) und V3 (4000 Kiefern/ha) der Wuchsklasse Dickung (Abbildung 8.1 und 8.2). Tatsächlich besteht ein sehr straffer Zusammenhang zwischen der individuellen Durchmesserentwicklung und der Kronenmantelfläche des Baumes. Das Bestimmtheitsmaß beträgt in beiden Varianten weit über 0,8, d. h. mehr als 80 % der Durchmesserwerte lassen sich durch die Entwicklung der Kronenmantelfläche erklären.

Für den Praktiker ist die Kronenmantelfläche eine verhältnismäßig abstrakte Größe. Waldbaulich greifbare Merkmale sind eher der Kronenradius oder der Standraum. Deshalb wurde abschließend der Zusammenhang zwischen dem $D_{1,3}$ -Zuwachs der 100 durchmesserstärksten Bäume je ha (DO_{100}) im 1. Erhebungsabschnitt und dem Standraumangebot dargestellt. Da-

Zusammenfassung

Mitte der 90erJahre wurden von Prof. J.-H. BERGMANN in den Berliner Forsten umfassende Standraumversuche in Dickungs- (young stands), Stangenholz- (pole stands) und Baumholzbeständen (saw-timber stand) der Baumart Gemeine Kiefer (*Pinus sylvestris*) (Scots pine) angelegt. Versuchziele waren insbesondere die Verbesserung der Bestandesstruktur und -vitalität und die rasche Überwindung unrentabler Wuchsphasen. Bislang liegen drei Erhebungen vor. Der Beitrag stellt ausgewählte Ergebnisse der Zuwachs- und Kronenreaktionen in den Wuchsklassen Dickung und Stangenholz dar. Die Ergebnisse zeigen, dass nach Freistellungsmaßnahmen das Reaktionsvermögen der Kiefern mit zunehmendem Alter sinkt. Generell nimmt die Zuwachssteigerung nicht linear mit der Erweiterung des verfügbaren Standraumes zu, Standraumgrößen $\geq 12 \text{ m}^2$ werden von Kiefern im Alter von 14 bis 40 Jahren kaum noch produktiv genutzt. Weiterhin steigt der Anteil durchmesser-schwächer, beherrschter Kiefern mit zunehmender Stammzahlhaltung (number of stems) überproportional an. Die Zuwachs- und Kronenreaktionen verdeutlichen, dass Durchforstungsintervalle von fünf (max. sechs) Jahren nicht überschritten werden sollten.

Für eine flächige Optimierung der Volumenleistung sind demnach eher schwache, selektive Durchforstungseingriffe (selective thinning) zu empfehlen. Bei strikter Einzelbaumorientierung (individual tree-oriented thinning) sind im Alter 14 bis 40 Jahre zunächst Standraumgrößen bis 12 m^2 anzustreben.

bei entspricht ein Standraum von $10,0 \text{ m}^2$ einem Kronenradius von rd. 1,80 m (exakt 1,79 m).

Die entscheidende Aussage der Darstellung der Dickung ist, dass der Zuwachs des DO_{100} mit zunehmender Standraumverfügbarkeit zwar steigt, jedoch nicht linear. Es deutet sich an, dass bei einer Standraumerweiterung $> 10 \text{ m}^2$ der mögliche Durchmesserzuwachsgewinn in zunehmend ungünstiger Relation zur Vergrößerung des Standraumes steht (Abbildung 9.1). Im Stangenholz liegt eine sehr ähnliche Korrelation vor. Hier beträgt bspw. in fünf Jahren die Zuwachsdifferenz zwischen den Varianten V1 und V2 nur 0,55 cm. Oberhalb einer Standraumverfügbarkeit von ca. 10 m^2 geht der Durchmesser-Mehrzuwachs auch hier überproportional zulasten der Flächen-Ertragsleistung.

Abstract

In the mid-nineties, Prof. J.-H. Bergmann established comprehensive experimental plots of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in young, pole, and saw-timber stands in the Berlin Forest. Research targets were to improve stand structure and vitality, as well as to quickly overcome periods of inefficient growth. To date, three investigations have been carried out. This article presents selected results of increment and development of crowns in the successive stages reactions in the observed pole stands and thickets.

The results show that with advancing age, the capacity of reaction in the pine trees decreases after thinning. In general, the increment does not rise linearly to the enlarged available growing space. Growing spaces of $\geq 12 \text{ m}^2$ are hardly used efficiently by 14 to 40 year-old pine trees. Furthermore, the percentage of dominated pine trees of small diameters increases disproportionately with a rising number of stems. The reactions of increment and crown development illustrate that the intervals between thinnings should not exceed 5 (max. 6) years.

Thus, a rather light selective thinning is recommended in order to optimize volume production on the area. With a strict individual tree-oriented thinning, growing spaces of up to 12 m^2 should initially be realized for 14 to 40 year-old pine stands.

Eine Standraumbereitstellung über 10 m^2 für den Einzelbaum kann daher nur sinnvoll sein, wenn die voraussichtliche Werterhaltung und das verringerte Produktionsrisiko durch verkürzte Bewirtschaftungszeiträume dies rechtfertigen.

Schlussfolgerungen

Folgende Schlussfolgerungen lassen sich ableiten:

- Die Standraumzuordnung in Abhängigkeit von der waldbaulichen Zielstellung erwies sich wiederum als Schlüsselfrage der Kiefernwirtschaft.
- Die zu Versuchsbeginn 13-jährigen Dickungskiefern vermochten den Standraumgewinn effizienter in Ertragsleistung umzusetzen als die anfangs 29-jährigen Kiefern des Stangenholzes.

- Die Steigerung der Zuwachsleistung erfolgte nicht proportional zur Standraumerweiterung. Mit zunehmendem Standraumangebot entsteht ein Ungleichgewicht zwischen Zuwachssteigerung und Flächenauslastung.
- Der Anteil durchmesserschwacher, beherrschter Kiefern steigt mit zunehmender Stammzahlhaltung überproportional an.
- Im Alter von ca. 14 bis 40 Jahren sollte das Durchforstungsintervall fünf Jahre nicht überschreiten, danach hat die Durchforstung kaum noch leistungsoptimierende Wirkung.
- Durchforstungsrückstände führten zu messbaren Ertragsausfällen.
- Besteht das Ziel in einer flächigen Optimierung der Volumenleistung, sind eher schwache, selektive Durchforstungsein-griffe zu empfehlen.
- Besteht das Ziel in forciertener Einzelbaumbegünstigung, deutet sich an, dass der Durchmesser- und Wertzuwachs bei Standraumgrößen über 10 bis 12 m² (r = 1,80 bis 1,95 m) im Alter 14 bis 40 Jahre deutlich abfällt.

Im Sinne der waldbaustrategischen Ziel-ferstlegung des neu gegründeten Landes-betriebes Forst Brandenburg soll neuer Er-kenntnisgewinn stetig in die regelmäßige Weiterentwicklung der Bewirtschaftungs-vorhaben einfließen. Demgemäß dienen die vorgestellten Ergebnisse im Rahmen der derzeit laufenden Evaluierung der Waldbaurichtlinien im Land Branden-burg und der betrieblichen festgelegten landwirtschaftlichen Prämisen („Grüner Ordner“, MLUR, 2004; STÄHR et al., 2006) als Sachargumente für waldbauliche Handlungsempfehlungen.

Literatur

DEGENHARDT, A. (2001): Algorithmen und Programme zur waldbauwissen-schaftlichen Auswertung von Versuchs- und Probeblächen, Landes-forstanstalt Eberswalde (LFE), Bericht 5/2001, Eberswalde.

BERGMANN, J.-H.; HAINKE, K. und STÄHR, F. (2007): Auswirkungen weitständiger Erziehung auf das Waldwachstum und den natürlichen Verjüngungsprozess in Kiefernbeständen der Berliner Forsten, Berichte aus der Holz- und Forstwirtschaft, Shaker Verlag Aachen, S. 109

EBERT, H.-P.; EISELE, M. (2001): Die Baumkrone als Maßstab für den Zuwachs von Kiefer, FORST und HOLZ, 56, S. 226–231.

KRAFT, G. (1884): Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstel-

lungen und Lichtungshieben, Han-nover.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORD-NUNG des Landes Brandenburg (MLUR) (2004): Waldbau-Richtlinie 2004 „Grü-ner Ordner“ des Landesforstverwal-tung Brandenburg, Potsdam.

STÄHR, F.; BERGMANN, J.-H. und HAINKE, K. (2007): Entwicklung ertragskund-licher Kennwerte in weitständigen Kieferndickungen, Archiv f. Forstwesen u. Landsch.ökol., 41, S. 97–104.

STÄHR, F., KÖHLER, F., ROSE, B. (2006): Neufassung der Bastandeszieltypen für das Land Brandenburg, AFZ/Der Wald, 61, S. 754–757.

DR. FALK STÄHR, KERSTIN HAINKE

Landesbetrieb Forst Brandenburg

Landeskoppenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Fachbereich 2: Waldentwicklung/Mon-itoring, Dezernent Waldbau/Versuchsreviere E-Mail: Falk.Staehr@LFE-E.Brandenburg.de

SCHAPER

124 X 190