

Der Fichten-Durchforstungsversuch Bowmont

(Mit 15 Abbildungen und 6 Tabellen)

Von E. ASSMANN, München

Wenn wir auch in Deutschland über zahlreiche sehr lange beobachtete Fichten-Durchforstungsversuchsreihen verfügen, so fehlen uns doch leider bis heute *früh genug begonnene und zugleich in der Eingriffstärke konsequent gestaffelte Versuche*. Solche sind erfreulicherweise u. a. in Schweden, Dänemark und Großbritannien angelegt worden. Zu diesen „modernen“ Versuchen gehört der Fichten-Durchforstungsversuch Bowmont, der 1930 durch J. A. B. MACDONALD, den späteren Präsidenten der IUFRO, angelegt wurde. Über die Ergebnisse der ersten 15 Jahre bis 1945 berichtete F. C. HUMMEL (1947) und über weitere 15 Jahre Versuchsdauer unlängst A. M. MACKENZIE (1962). Mr. A. M. MACKENZIE hatte die große Liebeshwürdigkeit, dem Verfasser photokopierte Versuchsakten und umfangreiche

eine Mächtigkeit von etwa 45 cm. Sie besteht aus sandigem Lehm, verflacht sich stark auf den Rücken und ist in der Tiefe mit den Gesteinsbrocken der Unterlage vermischt. Das Bodenprofil ist nur schwach differenziert; beim Übergang in die Verwitterungszone ist der sandige Lehm etwas dunkler gefärbt. Der Boden ist gut dräniert; die lebenden Wurzeln dringen bis in die oberen Lagen des verwitterten Grundgesteins vor.

Das Klima wird im Folgenden durch die meteorologischen Daten der Beobachtungsstation Kelso (55° 36' nördl. Br.; 2° 25' westl. Länge; 59 m ü. d. M.) charakterisiert und zugleich mit Durchschnittswerten der Station München-Riem (48° 09' n. Br., 11° 36' östl. L.; 529 m ü. d. M.) verglichen¹⁾.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahresmittel
<i>Mittlere Lufttemperatur in Celsiusgraden</i>													
Kelso (1901–1935)	+3,2	3,4	4,7	6,8	10,0	12,7	14,5	14,1	11,8	8,6	4,8	3,5	8,2
München-Riem	–1,8	–0,3	+3,5	7,8	12,7	15,8	17,6	16,8	13,4	8,1	3,0	–0,6	8,0

<i>Mittlere Niederschlagsmengen</i>													
Kelso (1881–1915)	44	43	50	40	49	54	67	75	48	74	59	59	662 mm
München	49	40	52	76	107	125	134	109	95	65	55	53	960 mm

Relative Häufigkeiten der Windgeschwindigkeit (in Knoten = 1885 m)

Die Angaben für Kelso (1951–1958) beruhen auf Beobachtungen um 9 Uhr morgens, die für München-Riem (1938–1942) auf stündlichen Beobachtungen.

Knoten bzw.	1–3	4–6	7–10	11–16	17–21	22–27	28–33	33–40	41–47	48 u. mehr
Kelso %	22,5	32,2	27,3	11,0	3,9	2,1	0,7	0,2	0,1	
München %	40	18	13	10	7	4	3	2	1	2
	(davon 20% Calmen)									

Relative Häufigkeiten der Windrichtungen

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calmen (Windstillen)
Kelso	2,2	9,3	12,8	3,8	3,7	19,5	39,0	9,7	—
München	2,9	12,9	8,7	4,5	3,3	22,9	15,8	8,7	20,3 (!)

Zusammenstellungen, darunter auch wertvolle meteorologische Daten, zu überlassen, wofür ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Nachdem der Verfasser bereits in seiner „Waldertragskunde“ (1961, S. 298) auf diesen interessanten Versuch Bezug nehmen konnte, ist es ihm so ermöglicht worden, sich erneut eingehend mit ihm zu beschäftigen.

Lage, Boden und Klima

Der Bowmont Forest liegt südöstlich von Edinburgh, unweit der schottischen Ostküste, nahe Kelso. Er bestockt einen breiten, ziemlich flachen Höhenrücken, der bis auf 168 m über dem Meere ansteigt, mit Expositionen von SW bis NO. Bei der Beschreibung der Einzelheiten folgt der Verfasser der erwähnten Veröffentlichung von MACKENZIE (1962).

Die geologische Unterlage bilden hell- bis dunkelrot gefärbte grob- bis feinkörnige Sandsteine der oberen Old Red-Formation. Die diluviale Auflage darüber erreicht i. M.

¹⁾ Diese stellte Herr Oberkonservator Dr. BAUMGARTNER vom Meteorologischen Institut der Forstl. Forschungsanstalt freundlichst zur Verfügung, wofür ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Bei nahezu gleicher Jahresmitteltemperatur sind also die Winter in Kelso wesentlich milder, dafür die Sommer kühler. Die Jahresniederschläge sind in München höher und entfallen hier zu einem größeren Prozentsatz auf den Sommer. Die wirklichen Niederschläge auf den Versuchsflächen im Bowmont Forest dürften wegen der größeren Meereshöhe etwas höher sein als in Kelso. MACKENZIE nennt eine Zahl von rd. 710 mm für den Jahresniederschlag. Die Wasserversorgung von Fichtenbeständen kann so trotz der hohen Luftfeuchte in ungünstigen Jahren knapp werden. Dies wird durch offenbar klimabedingte negative Zuwachsausschläge (vgl. Abb. 12, 13) in den Zuwachsperioden 1940–1945 und 1955–1960 angedeutet.

Die von Mr. A. M. MACKENZIE freundlichst zur Verfügung gestellte Übersicht der prozentischen Häufigkeiten von Windstärke und Windrichtung beruhen auf täglichen Ablesungen jeweils um 9 Uhr vormittags, während die damit verglichenen Werte der Station München-Riem aus stündlichen Beobachtungen über den ganzen Tag hinweg gemittelt sind. Dazu umfassen sie in der Klasse der niedrigsten Windgeschwindigkeiten die Werte von 0 bis 3 Knoten, somit auch die Windstillen, während die Werte von Kelso für Geschwindigkeiten von 1 bis 3 Knoten gel-

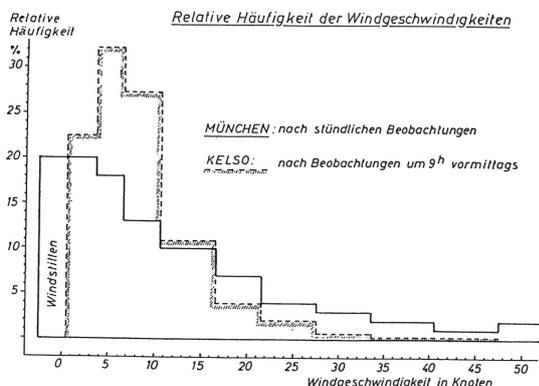


Abb. 1

ten. Wie die Zahlenreihen und die Abbildung 1 erkennen lassen, sind in Kelso die Winde von 1 bis 10 Knoten Geschwindigkeit mit wesentlich größeren Häufigkeiten vertreten als in München. Nach Angabe von Herrn Oberkonservator Dr. BAUMGARTNER ist zu erwarten, daß bei Beobachtungen über den ganzen Tag hinweg die Häufigkeiten stärkerer Winde zunehmen, weil die Zeit um 9 Uhr morgens zu der windruhigsten des Tages gehört²⁾. Schon nach

²⁾ Nach GÖHRE (1952) Forstliche Wetter- und Klimakunde, Berlin, betragen die mittl. jährlichen Windgeschwindigkeiten in München 1,8 m/sec, dagegen im küstennahen Hamburg 6,1 und auf der Insel Borkum sogar 8,9 m/sec. Zitiert nach KRAMER (1963).

den obigen Zahlen sind die Winde von 4 bis 10 Knoten (7,4 bis 18,6 km Stundengeschwindigkeit) in Kelso mit einer Gesamthäufigkeit von 59,5% gegenüber München mit nur 31% vertreten. Zugleich hat München einen prozentualen Anteil der Calmen von über 20%.

Es liegt also in Kelso eine im Durchschnitt stärkere Bewindung und eine beträchtliche Häufigkeit von mäßigen Dauerwinden vor, deren Auswirkungen auf das Baumwachstum noch zu behandeln sind.

Versuchsanlage

In der Versuchsanlage wurden folgende 4 Durchforstungsweisen erprobt:

B-Grad: „Schwache“ Niederdurchforstung mit Entnahme stark unterdrückter, absterbender und abgestorbener Bäume.

C-Grad: „Mäßige“ Niederdurchforstung, gradmäßig zwischen B- und D-Grad stehend.

D-Grad: „Starke“ Niederdurchforstung, bei welcher nur die besten herrschenden Bäume in einem Abstand belassen werden, daß volle Kronenentwicklung gesichert ist.

L.C.-Grad: „Light crown thinning“, eine Hochdurchforstung, bei der die besten herrschenden Bäume durch Entnahme weniger guter herrschender und mitherrschender begünstigt und zugleich unterdrückte sowie zwischenständige Bäume auf den Lücken belassen werden. Es handelt sich also um eine „starke“, nicht eine „leichte“ Hochdurchforstung.

Jede der 4 Behandlungsweisen ist auf je 4 Parzellen von jeweils 0,1 acre (= 4 a) Größe gleichmäßig angewendet

Übersicht 1
Durchforstungsversuch Bowmont
Wichtige Bestandesdaten zu Beginn und am Ende der bisherigen Beobachtungszeit
(Angaben je ha)

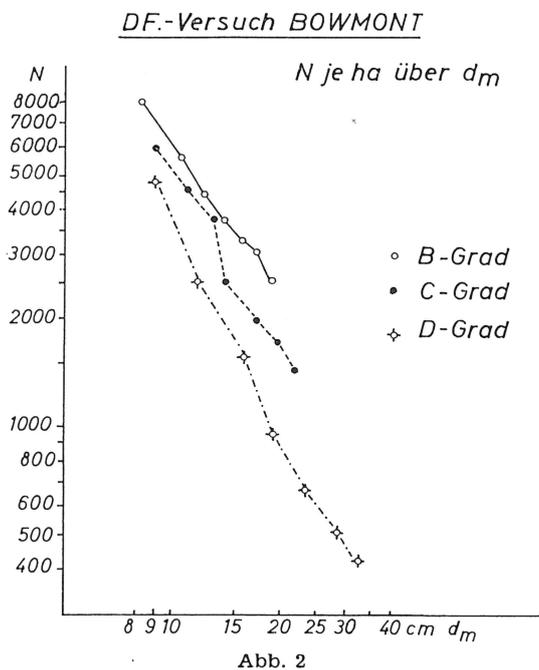
Bezeichnung	B		C		D		L. C.		
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	
1. Zu Beginn im Alter 20									
a) Vor der ersten Durchforstung									
Stammzahl	N	7467	7571	7492	7537				
b) Verbleibender Bestand									
Stammzahl	N	7097	5972	4799	6561				
Durchmesser des Grundflächen-Mittelstammes	d _m	cm	8,1	8,9	8,9	7,7			
Durchm. d. G. M. St. d. 99 stärksten Bäume je ha	d ₀	cm	13,3	12,9	12,9	12,5			
Höhe des G. M. St.	h _m	m	6,86	6,71	6,71	6,40			
Oberhöhe	h ₀	m	7,62	7,47	7,62	7,62	100	7,62	100
Schlankheitsgrad f. d. Oberhöhe	h ₀ : d ₀		57	58	59	61			
Grundfläche	G	m ²	39,45	36,20	30,45	32,03	77	81	81
Derbholzvolumen	V _D	m ³	96	85	71	62	74	65	65
Schaftholzvolumen	V _s	m ³	155	138	115	120	74	77	77
2. Im Alter 50									
Verbleibender Bestand	N	2550	100	1441	57	425	17	981	38
d _m	cm	18,6	100	21,8	117	32,7	176	22,6	122
d ₀	cm	25,5	100	27,1	106	36,0	141	35,2	138
h _m	m	16,31	100	16,61	102	17,53	107	16,31	100
h ₀	m	16,76	100	16,92	101	17,68	105	17,22	103
h ₀ : d ₀		66	100	62	94	49	74	49	74
G	m ²	69,19	100	54,17	78	35,68	52	39,77	57
V _D	m ³	572	100	461	81	302	53	317	55
V _s	m ³	590	100	452	77	288	49	316	54
Bisherige Gesamtproduktion an									
G	m ²	94,61	100	102,65	108	109,90	116	108,58	115
V _D	m ³	653	100	702	108	705	108	681	104
V _s	m ³	737	100	750	102	728	99	700	95
V _s	m ³	147	100	298	203	440	299	384	261
Vornutzungsprozent	%	20		40		60		55	

worden. Die 16 Parzellen sind in der Gestalt eines „Lateinischen Quadrates“ angeordnet und voneinander durch 8,5 m breite Isolierstreifen getrennt. Der äußere Umfassungsteifen des Gesamtversuches ist 10 bis 30 m breit. Wir haben also hier den bisher einzigartigen Fall eines Durchforstungsversuches mit je dreifacher Wiederholung. MACKENZIE bemerkt dazu, daß die geringe Größe der Einzelparzellen und die schmalen Isolierstreifen Anlaß zur Kritik gäben, doch hätte man bei der Begrenzung der Anlage auf vergleichsfähigen Standort nur die Wahl gehabt zwischen mehrfacher Wiederholung auf kleinen Parzellen oder großen Parzellen ohne Wiederholung.

Der aus Pflanzung im 1,14-m-Quadrat-Verband hervorgegangene, bei der Anlage 20jährige Versuchsbestand zeichnete sich durch hervorragende Gleichmäßigkeit aus. Dies beweist u. a. die nahezu vollkommene Übereinstimmung der Ausgangsstammzahlen in Übersicht 1.³⁾

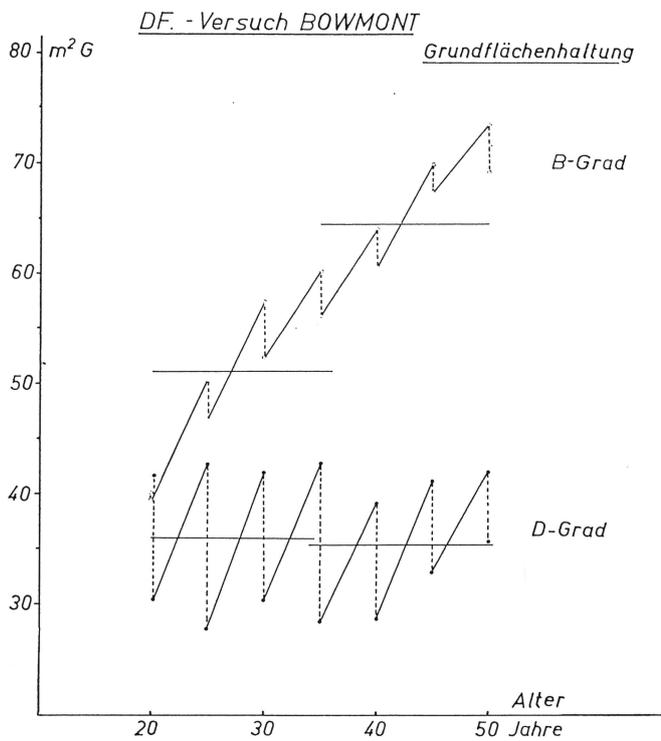
Die Veränderung der Bestandesstruktur unter dem Einfluß der verschiedenen Durchforstungsweisen

Die Abbildung 2, in welcher die Stammzahlen je ha des verbleibenden Bestandes als Funktion der mittl. Durchmesser (d_m = Durchm. des Grundflächen-Mittelstammes) im doppelt logarithmischen Koordinatensystem dargestellt sind, läßt sowohl die recht gute und gleichmäßige Staffelung der Eingriffsstärken zwischen dem B-, C- und



D-Grad wie auch gewisse Abänderungen der Eingriffsstärken im Laufe des Versuches erkennen. Der fragliche Zusammenhang kann nämlich mit der Potenzfunktion $N = b \cdot d_m^{-a}$ bzw. deren logarithmischer Umformung $\log N = k - a \log d_m$ gut zutreffend beschrieben und bei gleichmäßig durchgehaltener Durchforstung gleichaltriger Fichtenbestände erfahrungsgemäß als linear angesehen werden. Abschwächungen der Eingriffstärke vermindern den Wert des Parameters a ; Verstärkungen vergrößern ihn. So wird von der 4. Durchforstung ab bei der B-Fläche eine Ab-

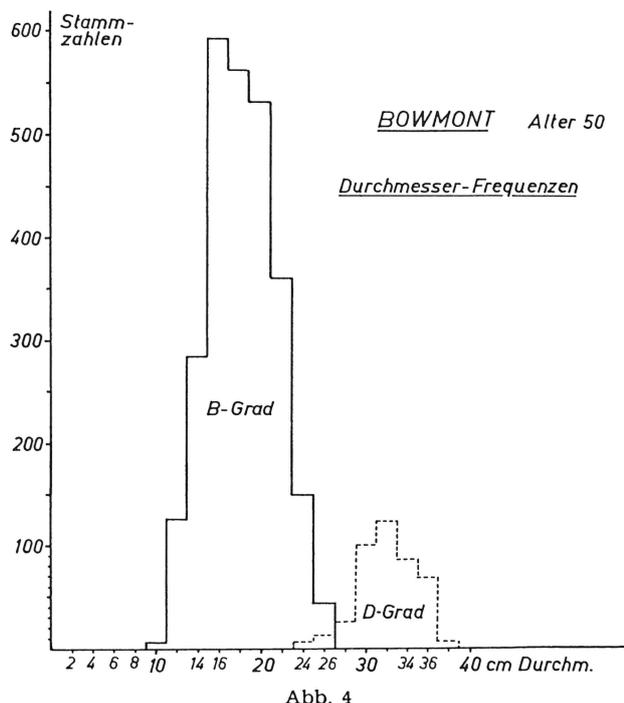
³⁾ Bei den umfangreichen Rechnungen wurde der Verf. von Herrn Ing. K. BALLING unterstützt. Die Reinzeichnungen fertigte Frau E. HODUREK.



schwächung, bei der D-Fläche eine Verstärkung des Durchforstungsgrades erkennbar.

Die Unterschiede in der Eingriffstärke zwischen dem B- und dem D-Grad treten klarer in der Abbildung 3 hervor, welche die Entwicklung der Grundflächen und die Größe der mittl. Grundflächen-Haltung für die erste und zweite Hälfte der bisherigen Beobachtungsdauer wiedergibt.

Wie sich als Folge so konsequenter Staffelung und relativ gleichbleibender Behandlung die Durchmesser-Frequenzen verändern, erweisen die Abbildungen 4 und 5 sowie die Übersicht 5. Eine derart krasse Abänderung und Verschiebung der Verteilung, wie sie hier beim D-Grad gegen-



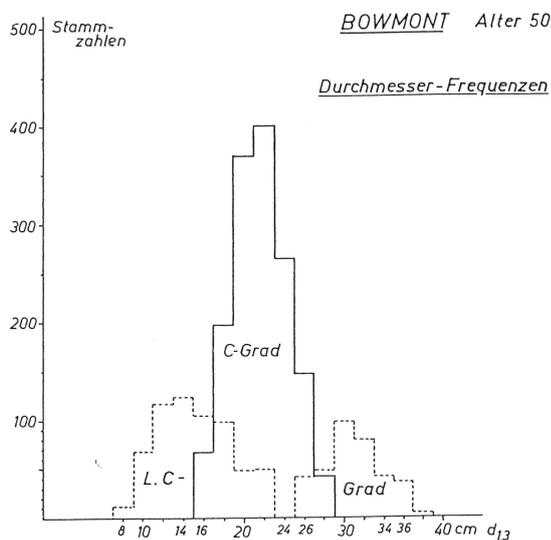


Abb. 5

über dem B-Grad hervortritt, ist dem Verfasser bisher nicht bekannt geworden. Sehr charakteristisch ist auch die zweigipfelige Verteilung bei der Hochdurchforstung in Abbildung 5.

Entsprechend haben sich auch die Bestandeskennwerte verändert, wie aus der Übersicht 1 zu entnehmen ist. Be trägt doch der Argumentwert von d_m im Alter 50 beim D-Grad 32,7 cm gegen 18,6 beim B-Grad! Da gleichzeitig auch der Wert von d_0 (Grundflächenmittelstamm der 99 stärksten Bäume pro ha bzw. der 40 stärksten per acre) auf 36,0 gegenüber 25,5 cm beim B-Grad vergrößert wurde, wird klar, daß diese Vergrößerung von d_m zu einem beachtlichen Anteil als echter Zuwachs anzusehen ist.

Unbeträchtlich ist dagegen die Veränderung der Oberhöhe h_0 , die zu Beginn des Versuches bestmöglich übereinstimmt und im Alter 50 bei D nur um 0,92 m = 5,5% größer ist als bei B. Auf diese Vergrößerung wird weiter unten noch Bezug genommen. Demgegenüber hat sich aber der *Schlankheitsgrad* bei der Oberhöhe *stark differenziert*; er beträgt im A. 50 bei D nur noch 49 gegen 66 beim B-Grad. Die frühbegonnene sehr starke Durchforstung hat also das *Durchmesserwachstum gegenüber dem Höhenwachstum ungleich stärker gefördert*.

BOWMONT

Höhenkurven des verbleibenden Bestandes im Alter 50

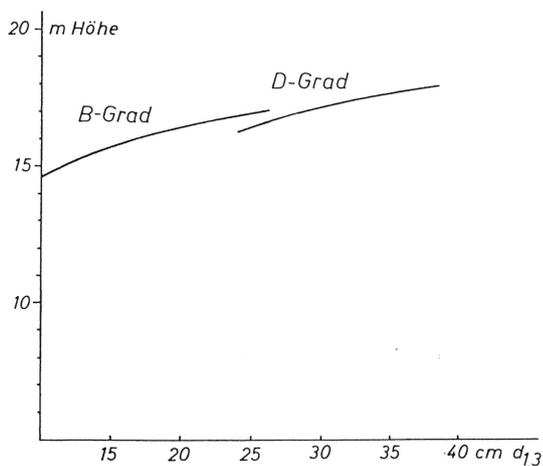


Abb. 6

Auffällige Hemmungen des Höhenwachstums

Dieses, wie man wohl sagen darf, abnorme Verhältnis von Höhe zu Brusthöhendurchmesser besteht nun nicht nur beim D-Grad, wenn auch hier verstärkt, sondern ebenso sehr beim B-Grad, wie die Höhenkurven des verbleibenden Bestandes von B und D im A. 50 in Abbildung 6 beweisen. In süddeutschen Fichtenbeständen gleich hoher Volumenleistung würde man bei mäßiger Durchforstung im Alter 50 etwa folgende Werte erwarten dürfen:

für	d_m	h_m	d_0	h_0	$h_0 - h_m$	$h_0 : d_0$
	cm	m	cm	m	m	
	19,8	20,4	28,0	23,2	2,8	83
demgegenüber hier bei B-Grad von Bowmont						
	18,6	16,3	25,5	16,8	0,5	66

Eine derart flach verlaufende Höhenkurve wäre für einen Fichtenbestand im europäischen Binnenland undenkbar. Es muß also einen hochwirksamen Faktor geben, der das Höhenwachstum, unabhängig von der Bestandesstruktur und dem Durchforstungsgrad, so gleichmäßig zu hemmen vermag, daß eine förmliche Nivellierung der Höhenkurven herbeigeführt wird. *Dieser Faktor kann nach allem nur der Wind sein.*

Wie stark der Wind den Höhenzuwachs von Fichtenbeständen zu beeinflussen vermag, konnte u. a. bei den Randschadensuntersuchungen des Münchener Institutes für Ertragskunde (vgl. ASSMANN 1960, dazu Waldertragskunde 1961, S. 395) festgestellt werden. Zum Beispiel betrug in einem 1937 im Alter von 44 Jahren durch einen Autobahnaufrieb freigestellten Fichtenbestand der jährliche Höhenzuwachs

		im Jahrzehnt	
		1937—1947	1947—1957
a)	von 5 analysierten Probestämmen a. d. Bestandesinneren im Mittel	36,9 cm = 100%	28,7 cm = 100%
b)	von 4 Probestämmen aus dem SW-Rand i. M.	11,4 cm = 31%	8,1 cm = 28%
c)	von 4 Probestämmen aus dem NO-Rand	20,1 cm = 55%	26,8 cm = 93%

(Die Windhäufigkeiten sind für die Richtungen SW und W mehr als doppelt so groß wie für die Richtungen N und NO.)

Das Verhältnis $h : d$ änderte sich gleichzeitig wie folgt:

		1937	1947	1957
bei	a)	117	121	122
	b)	105	98	89
	c)	109	99	96

Wie bereits an anderer Stelle mitgeteilt, entstand in diesem Falle am SW-Rand ein Zuwachsausfall an Volumen von etwa 24%. Zugleich wurde der Querflächenzuwachs in auffälliger Weise auf die bodennahen Schaftteile sowie auf die windabgekehrte Hälfte der Schaftquerschnitte verlagert. Wenn auch bei diesen sogenannten Randschäden eine Komplexwirkung vorliegt, wobei die Untersonnung und die Bodenaushagerung stark mitspielt, beweist doch dieser Fall mit mehreren anderen untersuchten Fällen *einen durchschlagenden Einfluß des Windes auf das Baumwachstum und speziell auf den Höhenzuwachs* wie auch auf das Verhältnis von Höhen- zu Durchmesser-Zuwachs in Brusthöhe. Auch zeigte sich, übereinstimmend mit den oben angeführten Zahlenwerten für den NO-Rand, daß die Reduktion des Höhenzuwachses bei Freistellung gegen Himmelsrichtungen mit relativ geringeren Windhäufigkeiten wesentlich kleiner ausfällt.

Diese Beobachtungen stehen in gutem Einklang zu den Untersuchungen von MITSCHERLICH (1942, 1963).

DF.-Versuch BIBERACH

N je ha über d_m

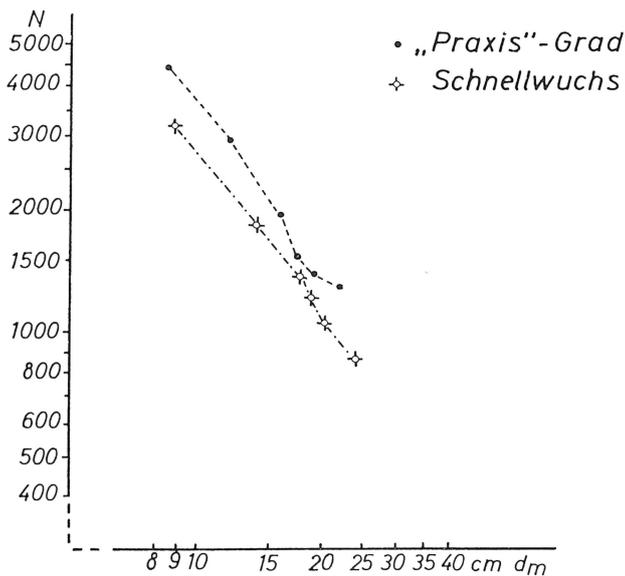


Abb. 7

Vergleich der Schlankheitsgrade beim Versuch Bowmont mit denen des Versuches Biberach

Im Jahre 1934 legte der Verfasser, damals wissenschaftl. Assistent von Prof. GEHRHARDT (1932), in dessen Auftrag einen „Schnellwuchs“-Durchforstungsversuch im Württemberg. Forstamt Biberach (ca. 35 km südwestl. v. Ulm) an. Leider hat sich der damals noch unerfahrene Verfasser verleiten lassen, für die Vergleichsfläche eine „praxisübliche“ Durchforstung vorzusehen und diese durch den zuständigen Forstamtsvorstand auszeichnen zu lassen. Wie in anderen Parallelfällen haben dann die starken Eingriffe

in die „Schnellwuchs“-Fläche so anfeuernd gewirkt, daß ungenügende Staffellung des Durchforstungsgrades beider Flächen und wenig unterschiedliche Zuwachsreaktionen die Folge waren. Dieser Mangel konnte durch die Erweiterung des Versuches um eine C-Grad-Fläche (später in A-Grad überführt) und eine Hochdurchforstungsfläche, die der damalige Leiter der Württ. Versuchsanstalt Landforstmeister ZIMMERLE (1951) ein Jahr später vornahm, nicht mehr behoben werden, da die C-Fläche immerhin 4 Jahre älter ist als die S-Fläche und der Standort der beiden weiteren Flächen mit dem der erstangelegten nicht voll vergleichbar ist. Herr Landforstmeister HAUSSE, der die Versuchsanlage seit 1951 betreut, stellte dem Verfasser photokopierte Aufnahmeakten des Versuches zur Verfügung, wofür ihm herzlich gedankt sei.

Abbildung 7 zeigt die Entwicklung von N über d_m i. dopp. log. K. S., Abbildung 8 die Grundflächenentwicklung der Flächen P und S. Die Eingriffstärke bei der Biberacher Fläche S entspricht, wie auch aus der Übersicht 3 zu ersehen, etwa derjenigen bei der D-Fläche von Bowmont. Wie Abbildung 9 erkennen läßt, ist für die 100 bzw. 99 stärksten Bäume je ha von Biberach S bzw. Bowmont D das Durchmesserwachstum bei Biberach nur unwesentlich, dagegen das Höhenwachstum bedeutend besser als bei Bowmont. Gleiches erweist Abbildung 10 für den Durchmesser- und Höhen-Zuwachs. Unerwartet hohe Unterschiede zeigen sich für den Schlankheitsgrad der stärksten Bäume in Abbildung 11. Der niedrigste Schlankheitsgrad der S-Fläche von Biberach liegt mit 75 noch beträchtlich über dem Schlankheitsgrad von Bowmont B mit 67 und turmhoch über dem niedrigsten Schlankheitsgrad von Bowmont D mit nur 49! Nun ist allerdings der Standort von Biberach besser und die Produktionsleistung höher als bei Bowmont. Wenn wir die Bestandesdaten von Biberach

Df.-Versuch BIBERACH

Grundflächenhaltung

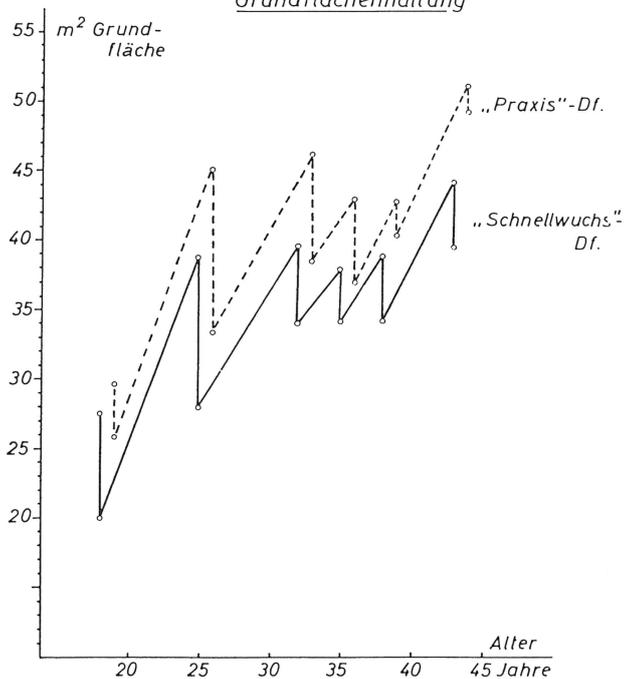


Abb. 8

Df.-Versuche BOWMONT u. BIBERACH

Vergleich des Höhenwachstums und des Durchmesserwachstums der 100 stärksten Bäume je ha.

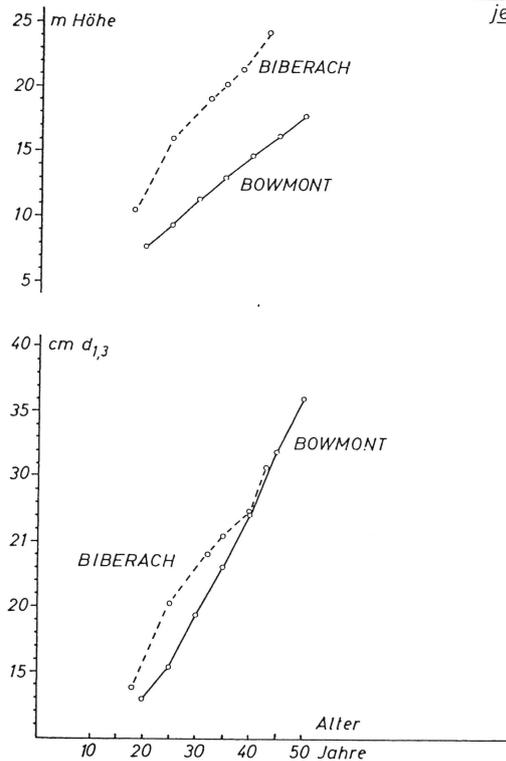


Abb. 9

Df.-Versuche BOWMONT u. BIBERACH

Vergleich der Höhen- und Durchmesser-
zuwächse

(Mittelwerte der 100 stärksten Bäume je ha)

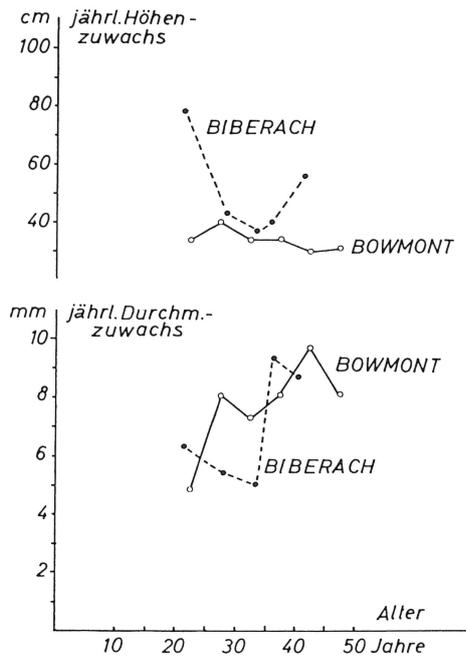


Abb. 10

S und Bowmont D für das Alter 40 interpolieren, so erhalten wir folgende Werte

	für h_0 m	dGZ m^3
Bowmont	16,6	13,35
Biberach	22,7	16,27

Unterstellen wir nun die für Süddeutschland im großen Durchschnitt geltenden proportionalen Staffeln von Oberhöhe und dGZ, wie sie für Bonitierungen nach der Oberhöhe vorausgesetzt werden können, so würde der dGZ-Leistung von Bowmont im Alter 40 eine Oberhöhe von etwa 20 m entsprechen müssen, mithin eine um 3,4 m = reichlich 20% größere Oberhöhe.

Nach diesen Feststellungen und Überlegungen, welche durch die umfangreichen neuen Untersuchungen von MITSCHERLICH (1963) über das Wachstum der Fichte in Europa gestützt und bestätigt werden, kann die Hauptursache für diese so stark abweichende Höhenentwicklung in Großbritannien nur die stärkere Dauerbewindung sein. Immerhin können aber für das außergewöhnliche Verhältnis von Höhen- und Durchmesserzuwachs auch noch andere Faktoren im Spiel sein. Die Klimawerte von Kelso machen eine Verlängerung der Vegetationszeit, präziser ausgedrückt: der kambialen Tätigkeit, wahrscheinlich. Hinzu kommt, daß die Fichte bekanntlich bei Temperaturen über 0° C — von Dauerfrostperioden abgesehen — den ganzen Winter über ihre photosynthetische Tätigkeit fortzusetzen und Assimilationsüberschüsse zu erzielen vermag. Soweit diese nicht unmittelbar den Vegetationspunkten an den Sproßenden oder den Kambien zugeführt werden und so direkt zur Vergrößerung des Baumkörpers dienen, werden sie gespeichert. Man wird unter den klimatischen Bedingungen Großbritanniens nicht nur mit einer Verlängerung der kambialen Tätigkeit rechnen dürfen sondern auch mit

der Speicherung größerer Mengen von Assimilaten, die bei Beginn der Vegetationszeit zur Verfügung stehen. Daß diese dann mehr zur Verstärkung des kambialen Dickenwachstums als des Höhenwachstums benutzt werden, ließe sich — außer auf den sicherlich in erster Linie wirksamen Windfaktor — pflanzenphysiologisch auch noch darauf zurückführen, daß die Sproßverlängerungen der Gipfeltriebe einem genetisch enger begrenzten jahreszeitlichen Rhythmus unterliegen, den das vom Herkunftsort abweichende Klima nur wenig abzuändern vermag.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt KRAMER (1963), der sich dabei u. a. auf ROMELLS (1925) Untersuchungen stützt, wonach in Schweden die Dauer des jährlichen Höhenwachstums von Fichte und Kiefer wesentlich weniger vom Klima beeinflusst wird als die des Dickenwachstums. Dieses dauert im Extrem doppelt so lange wie das Höhenwachstum.

Durchforstungsbehandlung und Volumenzuwachs

Die originalen Volumberechnungen für Bowmont beziehen sich auf Derbholz, d. h. Holz über 2³/₈ inches timber girth, was 7,7 cm Durchmesser entspricht, wenn „quarter“ girth gemessen und 6,0 cm, wenn „true“ girth gemessen werden.

Die laufend jährlichen Volumzuwächse der 4 Behandlungsweisen sind über den zugehörigen Altern der Periodenmitte in den Abbildungen 12 und 13 dargestellt, und zwar in Abbildung 12 die originalen Derbholzwerte, die MACKENZIE 1962 veröffentlicht hat, und in Abbildung 13 Schaftholzwerte, die vom Verfasser nach Umrechnung un-

Schlankheitsgrad (h/d) der 100 bzw. 99
stärksten Bäume pro ha über dem Alter.

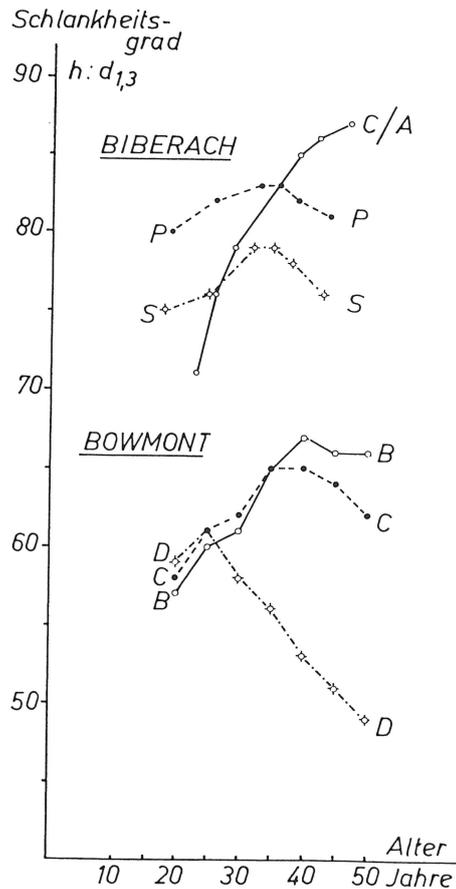
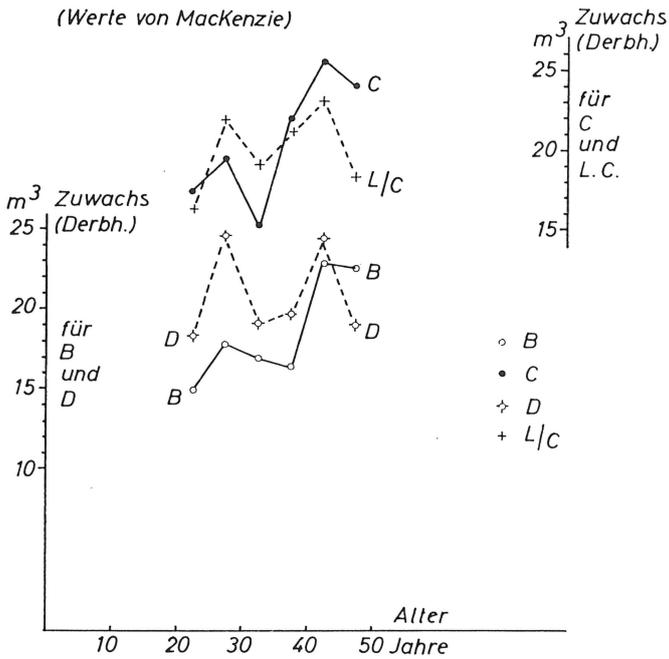


Abb. 11

BOWMONT

Volumzuwachs an Derbholz über dem Alter

(Werte von Mackenzie)



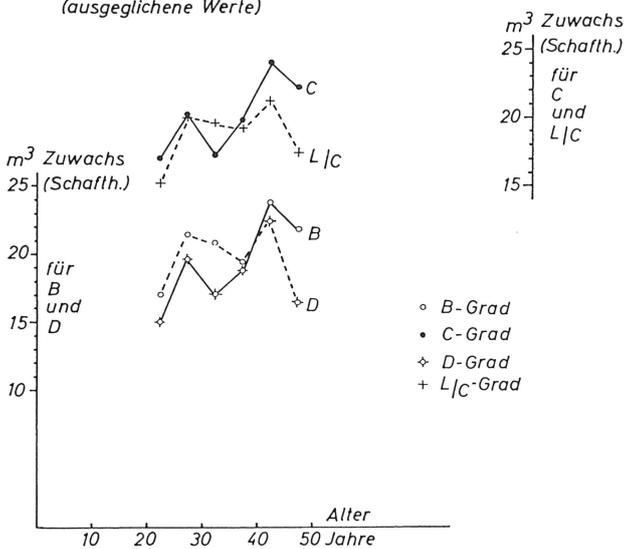
ter Benutzung der Formzahltafeln von v. BAUR (1890) und NÄSLUND (1951)⁴⁾ gefunden wurden.

Die Problematik der Derbholzrechnung und der Formzahlbestimmung illustriert die Abbildung 14, welche, an Hand der Derbholz- und Schaftholz-Formzahlen für den verbleibenden Bestand des D-Grades bei den bisherigen 7 Aufnahmen, sowohl die typische Formzahlentwicklung wie auch „Ausreißer“ der Einzelbestimmungen erkennen läßt. Die Fehlermöglichkeiten sind offensichtlich bei der Derbholzformzahl wegen des komplizierteren Kurvenverlaufes bedeutend größer als bei der Schaftholzformzahl, für die eine durchgehend abnehmende Tendenz gegeben ist. Dazu bewirkt der starke Anstieg der Derbholzformzahl in

BOWMONT

Volumzuwachs an Schaftholz

(ausgeglichene Werte)



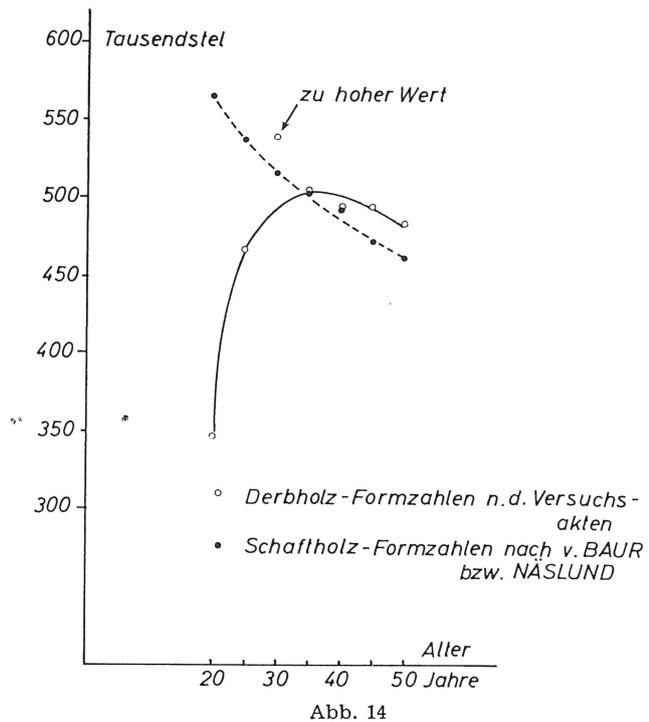
den ersten 15 Jahren zusammen mit dem Überschreiten der Derbholzschwelle durch die Einzelbäume (Einwachsproblem!) eine Verzerrung der realen Volumzuwächse.⁵⁾

Der auffällige positive Ausreißer bei den Derbholzformzahlen im Alter 30 (Abb. 14) hat den Zuwachs der Z. P. 25–30 (Abb. 12) mit einem positiven, den der Z. P. 30–35 mit einem negativen Zuwachsfehler belastet und so die klimatisch bedingten Zuwachsausschläge vergrößert. Diese zeigen sich mit einem bemerkenswerten Gleichsinn bei allen 4 Durchforstungsgraden.

MACKENZIE (1962) berechnete auch die Standard-Fehler des Volumzuwachses der 5j. Zuwachsperioden, jeweils für den Durchschnitt aller 4 Durchforstungsweisen. Ihre Absolutwerte steigen von $\pm 0,7$ bzw. $0,8 \text{ m}^3$ ($= \pm 3,8-4,2\%$) in den ersten beiden Jahrfünfteln auf $\pm 1,7 \text{ m}^3$ ($= \pm 7,0-8,0\%$) in den beiden letzten Jahrfünfteln. Da erst Differenzen in

BOWMONT D-Grad

Formzahlen des verbleibenden Bestandes über dem Alter



Höhe der 3,4fachen Standardfehler mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5% als gesichert anzusehen sind, wäre danach der D-Grad dem B-Grad nur in der Z.-P. 25–30 gesichert überlegen. Tatsächlich ist aber die nominelle Mehrleistung des D-Grades von $+ 6,77 \text{ m}^3$, entsprechend dem 7,6fachen Standardfehler, größtenteils auf die systematisch zu hohe Formzahl der Aufnahme im Alter 30 zurückzuführen. Die Differenzen zwischen D- und B-Grad in allen anderen Zuwachsperioden sind statistisch nicht gesichert! Es wird so die Problematik der Zuwachs-

⁴⁾ Der verbleibende Bestand der letzten Aufnahme 1960 wurde mit Hilfe der Tafel von NÄSLUND stufenweise berechnet, wobei für die Eingangsgröße „Höhe des Kronenansatzes über dem Boden“ die von MACKENZIE 1962 mitgeteilten mittleren Kronenlängen benutzt wurden.

⁵⁾ Es ist schwer zu begreifen, weshalb manche Versuchsanstalten immer noch so hartnäckig an der Derbholzmessung bei Nadelbäumen mit durchgehendem Schaft festhalten.

Übersicht 2
Mittlere Grundflächen-Haltung und Zuwachs der Fichten-Versuchsreihe Bowmont in den Jahren 1930 bis 1960
 (Alter 20—50)
 Werte je ha

Zuwachs- periode von bis	Df.- Grad	Ober- höhe ²⁾ i. d. Mitte der Z.-P. m	Mittlere Grundflächen- haltung		Jährliche Zuwachsleistungen in der Periode						
					Grundfläche		Schaftholz ausgeglichen ³⁾		Derbholz ausgeglichen		Originalwerte m ³
					m ²	%	m ²	%	m ³	%	
20—30	B	9,5	48,5	100	2,145	100	17,3	100	16,4	100	16,4
	C	9,3	44,9	93	2,303	107	18,6	107	18,2	111	18,4
	D	9,4	35,7	74	2,654	123	19,2	111	20,5	125	21,4
	L/C ¹⁾	9,3	38,4	79	2,572	120	17,6	102	18,9	115	19,1
30—40	B	12,8	58,2	100	1,578	100	17,9	100	16,9	100	16,7
	C	12,6	50,4	87	1,867	118	18,5	103	18,4	109	18,6
	D	13,0	35,1	60	2,302	146	20,1	112	20,3	120	19,4
	L/C	12,8	41,6	71	2,214	140	18,4	103	19,8	117	20,1
40—50	B	15,6	68,3	100	1,741	100	22,8	100	22,4	100	22,7
	C	15,6	53,7	79	2,130	122	23,1	101	25,0	112	24,7
	D	16,1	36,2	53	2,157	124	19,4	85	21,4	96	21,7
	L/C	15,8	44,1	65	2,145	123	19,3	85	21,2	95	20,7
20—50	B		58,3	100	1,755	100	19,3	100	18,6	100	18,6
	C		49,4	85	2,100	120	20,1	104	20,5	110	20,6
	D		35,7	61	2,371	135	19,6	101	20,7	111	20,8
	L/C		41,3	71	2,310	132	18,4	95	20,0	108	20,0

¹⁾ L/C-Grad = Hochdurchforstung

²⁾ Oberhöhe = Höhe des Grundflächenmittelstammes der 99 stärksten Bäume je ha.

³⁾ Die Gesamtwuchsleistungen an Volumen wurden über den Gesamtwuchsleistungen an Grundfläche aufgetragen und graphisch ausgeglichen.

berechnung und des Leistungsvergleiches bei Durchforstungsversuchen ins rechte Licht gerückt. Selbst bei dreifacher Wiederholung ist es hier also nicht möglich, Zuwachsunterschiede zwischen zwei extremen Behandlungsweisen für 5jährige Zuwachsperioden gesichert nachzuweisen.

Der Verfasser hat seine Folgerungen aus den bisherigen Durchforstungsversuchen an Hand ausgeglichener Zuwachswerte (vgl. Waldertragskunde S. 220) abgeleitet und sich dabei auf die Gleichsinnigkeit der Zuwachsreaktionen mehrerer Versuche gestützt, die getrennt voneinander angestellt sind („Streu-Versuche“). Ohne eine haltbare Theorie, welche die gesetzmäßigen Zusammenhänge befriedigend erklärt, und ohne Kenntnis der systematischen Fehlermöglichkeiten, die in langjähriger Versuchspraxis erworben ist, können die Ergebnisse von Durchforstungsversuchen nicht zutreffend interpretiert werden.

So wird schön erkennbar (Abb. 13), wie die anfänglich bedeutende, auf Wuchsbeschleunigungen beruhende Zuwachsüberlegenheit des D-Grades zurückgeht und wie dieser am Ende vom B-Grad übertroffen wird. Die von den Zuwachsverzerrungen der Derbholzmessung befreiten Schaftholzzuwächse lassen den wahren Zuwachsverlauf klarer hervortreten. Danach ist der B-Grad schon vom Alter 40 ab zuwachsüberlegen.

Bemerkenswert ist auch die Minderleistung der Hochdurchforstung nach Abklingen des Wuchsbeschleunigungseffektes. Bei konsequenter Fortsetzung dieser Behandlungsweise wird sich der Volumzuwachsverlust sehr wahrscheinlich bald auf Beträge von der Größenordnung von 20% gegenüber mäßiger Niederdurchforstung erhöhen, wie sie auch bei dem bekannten Hochdurchforstungsversuch der Württemberg. Versuchsanstalt (DIETERICH 1923, Waldertragskunde S. 299) beobachtet worden sind.

Mittlere Grundflächenhaltung und Zuwachs

Die Zuwachsergebnisse der Versuchsreihe Bowmont belegen in schöner Weise die gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen mittlerer Grundflächenhaltung und Zuwachs, die der Verfasser bereits an zahlreichen Fichten-Versuchsreihen nachweisen konnte. Insbesondere zeigt sich der Effekt der Wuchsbeschleunigung sehr klar und in bemerkenswerter Parallele zur schwedischen Versuchsreihe Dalby (vgl. CARBONNIER, 1957, u. Waldertragskunde S. 223). In der Übersicht 2 sind die Zahlenwerte für 3 je 10jährige Perioden und für die gesamte 30j. Beobachtungszeit zusammengestellt. Sie lassen erkennen, wie die große Überlegenheit des am stärksten wuchsbeschleunigten D-Grades im 3. Jahrzehnt schlagartig zurückgeht und wie gleichzeitig der C-Grad die Führung übernimmt. In der „Waldertragskunde“ S. 298 hat der Verfasser an Hand der Zuwachsergebnisse der ersten 15 Versuchsjahre die endliche Überlegenheit des B-Grades vorausgesagt. Diese dürfte in 10 bis 20 Jahren erreicht werden, sofern inzwischen keine Kalamitäten eintreten. Bei den vorliegenden standörtlichen Verhältnissen und dem deutlichen Klimaeinfluß, der gelegentliche Verknappungen der Wasserversorgung erwarten läßt, dürfte der optimale natürliche Bestockungsgrad bis in relativ hohe Alter bei etwa 0,9 liegen, während der natürliche B. G. der B-Flächen derzeit vermutlich zwischen 0,9 und 1,0 liegt.

Einen Vergleich mit der V.-R. Biberach, beschränkt auf deren Flächen P und S, soll Übersicht 3 ermöglichen. Auch hier wird die kräftige Wuchsbeschleunigung von Fläche S deutlich. Sie ist besonders bemerkenswert, da sie sich auch auf das Höhenwachstum erstreckt hat. Im Alter 18, bei einer Ausgangsmittelhöhe von nur 8,3 m, hatte der Höhenzuwachs noch nicht kulminiert, so daß auch dieser beträchtlich positiv beschleunigt worden ist. Der so bewirkte Vorsprung in der Oberhöhe beträgt gegenüber der Fläche P, auf gleiches Alter umgerechnet, immerhin 0,80 m. Der Höhenzuwachs wurde übrigens auch beim D-Grad von Bowmont beschleunigt. Dessen Überlegenheit in der Oberhöhe

Übersicht 3
**Mittlere Grundflächen-Haltung und Zuwachs der Fichten-Versuchsreihe Biberach in den Jahren
 1934 bis 1959**

(Alter 18 bis 43 bzw. 19 bis 44)

Die Werte der Versuchsflächen mit C/A-Grad und Hochdurchforstung sind nicht aufgeführt, da eine strenge Vergleichbarkeit wegen der Alters- und Standortunterschiede nicht gegeben ist.

Werte je ha

Zuwachs- periode von bis (Alter)	Df.- Grad	Ober- höhe ²⁾ i. d. Mitte der Z.-B. m	Mittlere Grundflächen- haltung		Jährliche Zuwachsleistungen in der Periode						
					Grundfläche		Schaftholz ausgeglichen ³⁾		Derbholz ausgeglichen		
					m ²	%	m ²	%	m ³	%	m ³
19-26	P ¹⁾	13,0	35,4	100	2,744	100	25,4	100	25,0	100	25,6
18-25	S ¹⁾	13,0	29,3	83	2,670	97	26,3	104 ⁴⁾	26,3	105	26,4
26-33	P	16,8	39,7	100	1,819	100	24,1	100	23,7	100	23,1
25-32	S	17,1	33,7	85	1,642	90	21,9	91	21,1	89	21,1
33-39	P	19,9	40,2	100	1,711	100	25,7	100	26,3	100	25,7
32-38	S	20,4	36,2	90	1,448	85	21,0	82	21,2	81	20,8
39-44	P	22,6	45,7	100	2,130	100	33,0	100	33,2	100	34,0
38-43	S	22,9	39,1	86	1,985	93	29,6	90	29,6	89	29,8
19-44	P		39,8	100	2,115	100	26,6	100	26,6	100	26,6
18-43	S		34,1	86	1,952	93	24,4	92	24,3	91	24,3

- 1) P = „Praxisfläche“; diese sollte „praxisüblich“ durchforstet werden.
 S = „Schnellwuchsfläche“, im Stärkegrad etwa einem D-Grad entsprechend.
- 2) Höhe des Grundflächen-Mittelstammes der 100 stärksten Bäume je ha.
- 3) GWL an Volumen über GWL an Grundfläche graphisch ausgeglichen.
- 4) Die Discrepanzen zwischen dem Grundflächen- und Volumzuwachs erklären sich durch die Wuchsbeschleunigung der S-Fläche. Da deren Höhenzuwachs bei Versuchsbeginn noch nicht die Gipfelung erreicht hatte, ist **auch der Höhenzuwachs positiv beschleunigt** worden. Der Zuwachs der Oberhöhen hat nämlich in der Z. P. 19-26, bzw. 18-25 betragen:
 bei Fläche P = 4,2 m
 bei Fläche S = 4,8 m.

Infolgedessen war bei Fläche S der Formhöhenzuwachs größer als bei P. Durch eine sehr starke Df. der Fläche P im Alter 26 wurden die Unterschiede beider Flächen im Zuwachsrhythmus und in der Grundflächenhaltung leider stark verwischt.

um den Betrag von 0,92 m gegenüber dem B-Grad ist größtenteils darauf zurückzuführen.

Die P-Fläche von Biberach hat durch den frühen, wenn auch weniger kräftigen Eingriff im A. 19 ebenfalls eine Wuchsbeschleunigung erfahren, wodurch der Vorsprung von S leider vermindert worden ist. Eine weitere Anglei-

chung beider Flächen im Wachstumsrhythmus hat dann der starke Eingriff in Fl. P im A. 26 bewirkt mit $N = 1500$. $G = 11,6 \text{ m}^2$ und $V_s = 74 \text{ m}^3$ (!). Die weiteren Eingriffe waren schwächer, sodaß P im Volumzuwachs überlegen wird. Um wieviel aufschlußreichere Ergebnisse wären bei diesem Versuch herausgekommen, wenn man von vorneherein 3 Flächen mit ähnlich extremer Staffelung des Df.-Grades angelegt hätte wie Bowmont B, C, D.! Wohlgermerkt macht sich der Verfasser diesen Vorwurf selbst.

Die Darstellung des relativen Zuwachses der Durchforstungsgrade von Bowmont über den zugehörigen mittleren Grundflächenhaltungen (B-Grad = 100 gesetzt) in Abbildung 15 läßt die gleichen typischen Reaktionen erkennen wie beim erwähnten schwedischen Versuch Dalby (dazu Abb. 106 in der Waldertragskunde S. 225). Auf die markanten, vom D-Grad bestimmten positiven Zuwachsausschläge in den beiden ersten Jahrzehnten folgt der „Rückschlag“ im dritten Jahrzehnt, während die optimale G.H. in die Nähe des C-Grades rückt. Für das dritte Jahrzehnt (A. 40-50) beträgt der optimale Bestockungsgrad bereits etwa 0,88, der kritische etwa 0,72. Es ist damit zu rechnen, daß der kritische B. G. weiter ansteigen und sich allmählich dem Wert 0,8 nähern wird. Als typische Werte des natürlichen kritischen Bestockungsgrades für die Fichte nannte der Verfasser mehrfach 0,7 bis 0,8, wobei Altersperioden ausgeklammert sind, die unter der Auswirkung starker Wuchsbeschleunigungen stehen, wie hier die Perioden vom Alter 20 bis 40.

**Kronengrößen, Bestockungsgrad und Volumzuwachs
 im letzten Jahrzehnt**

Auf Grund von Kronenmessungen an Probestämmen berechnete MACKENZIE u. a. Kronenabmessungen der Mittel-

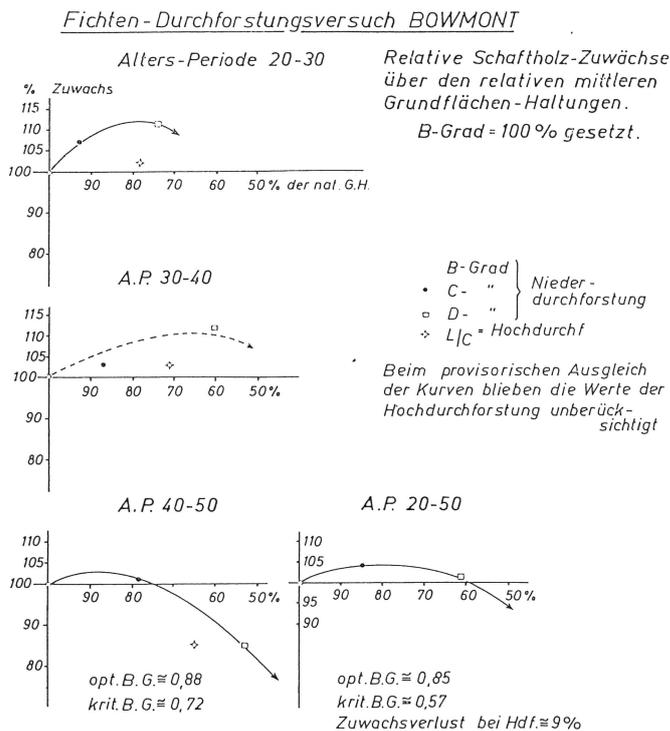


Abb. 15

Übersicht 4
Durchforstungsversuch Bowmont
Beschirmungsgrad, Bestockungsgrad und Kronendimensionen im Alter 50 (verbleibender Bestand)
 Nach Zahlenwerten von MACKENZIE (1962)

B e z e i c h n u n g	B		C		D	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%
Kronenschirmfläche pro ha	m ² 9104	100	8502	93	6970	77
Grundfläche pro ha	m ² 69,19	100	54,17	78	35,68	52
Proportionale Grundfläche für einen Beschirmungsgrad von 0,91 (wie B-Grad)	m ² 69,19	100	58,01	84	46,60	67
Mittl. Kronendurchmesser	m 2,13	100	2,74	129	4,57	215
Mittl. Kronenlänge	m 3,26	100	4,32	133	7,19	220
Ganze Kronenmantelfläche pro ha	m ² 29250	100	28100	96	23020	79
Begrenzt auf die Lichtkronen (= 2/3 d. ges. Kronenlänge) beträgt:						
die Mantelfläche pro ha	m ² 20630	100	19790	96	16180	78
der Kroneninhalte pro ha	m ³ 6580	100	8160	124	11130	169
das Verhältnis Mantelfläche zu Kroneninhalte	3,14	100	2,43	77	1,45	46 (!)
Wahrscheinliche Mantelfläche der Lichtkronen pro ha vor der Df.	m ² 22860	100	22670	99	19210	84
Laufender Volumzuwachs an Schaftholz in der Z.-P. 45-50 (ausgeglichen)	m ³ 21,8	100	22,2	102	16,4	75
Stammzahl nach der Df.	2550	100	1441	57	425	17
Stammzahl vor der Df.	3052	100	1712	56	511	17
mittl. jährl. Zuwachs pro Einzelbaum	m ³ 0,0357	100	0,0648	182	0,1605	450
Mittl. Standfläche des Einzelbaumes (10 000 : N)	m ² 3,28	100	5,84	178	19,57	597
Zuwachsprozent nach PRESSLER	% 3,75		4,87		5,52	
„Bole area“ nach LEXEN						
a) verbl. Bestand nach Df.	m ² 24300	100	16410	68	7660	28
b) vor der Df.	m ² 27020	100	18900	70	9100	34

stämme aller 4 Durchforstungsgrade, die er dann über die Stammzahlen der verbl. Bestände auf Bestandeswerte umrechnete. In Übersicht 4 sind die Werte von MACKENZIE auf Hektarwerte umgerechnet, und zwar, wegen der komplizierten Bestandesstruktur der Hochdurchforstung, beschränkt auf den B-, C- und D-Grad. Zur Berechnung der Kronenmantelfläche benutzte MACKENZIE die bekannte Formel für den Mantel des gleichseitigen Kegels. Vom Verfasser wurden in analoger Weise Kronenmantelflächen und Kroneninhalte für die *Lichtkronen* berechnet, wobei eine relative Länge der Lichtkrone von 2/3 der Gesamtkrone angenommen ist.

Nach der letzten starken Durchforstung des D-Grades ist kein voller Kronenschluß mehr gegeben. Erhöhen wir nun den Beschirmungsgrad von D auf den momentan örtlich maximalen von B (0,91) und nehmen ein damit proportionales Ansteigen der Grundfläche an, so erhalten wir für die volle Beschirmung von D eine Grundfläche von 46,60 m². Dieser sehr stark durchforstete Fichtenbestand würde also selbst bei vollem Kronenschluß nur einen natürlichen Bestockungsgrad (die Grundfläche von B als „maximale“ vorausgesetzt) von 0,67 aufweisen können und, wie die Zuwachszahlen des letzten Jahrfünftes (ausgeglichene Schaftholzwerte) beweisen, trotz vollen Kronenschlusses gegenüber einem vollbestockten Bestand einen bedeutend verminderten Volumzuwachs leisten. Einmal mehr erweist sich die Disproportionalität von Beschirmungsgrad und natürlichem Bestockungsgrad nach länger durchgeführter starker Durchforstung.

Die Mantelflächen der Lichtkronen pro ha betragen im Alter 50 für den verbleibenden Bestand beim D-Grad nur 78% des B-Grades. Unter Berücksichtigung der Differenzen der Mittelstammdimensionen berechnete der Verfasser die bezüglichen Werte auch für den im Alter 50 ausgeschiedenen Bestand und erhielt so die in der 9. Zeile von oben in Übersicht 4 aufgeführten Werte für die Lichtkronenmantel vor der Durchforstung. Es würde sich so der obige

Prozentwert für den D-Grad auf 84 erhöhen, während B- und C-Grad dann nahezu übereinstimmen. Nehmen wir die so berechneten Mantelflächen für den 5jährigen Zuwachszeitraum als Annäherung an die Wirklichkeit, so hätte der D-Grad mit 84% der Lichtkronenmantelfläche 75% des Zuwachses vom B-Grad geleistet. Offenbar haben die Kronen beim D-Grad inzwischen Dimensionen erreicht, die eine schlechte Standraumökonomie (ASSMANN, 1957) bedingen. Beträgt doch das Verhältnis „Mantelfläche der Lichtkronen : Inhalt“ beim D-Grad nur 1,45 gegenüber 3,14 (!) beim B-Grad. Während die Mantelfläche als annähernd repräsentativ für die Assimilationsfähigkeit angesehen werden kann, ist der Kroneninhalte, als Anhaltgröße für die Menge der respirierenden Sproßteile innerhalb der Krone, etwa repräsentativ für die gleichzeitige Respiration des Kronengerüsts. Die vorübergehende Zuwachsüberlegenheit des D-Grades ist in erster Linie der Wuchsbeschleunigung zu danken; seine sich offenbar verstärkende weitere Zuwachsunterlegenheit ist naturgesetzlich begründet.

Daß die verbleibenden Bäume des D-Grades bei so radikaler Stammzahlverminderung in ihrem Leistungsvermögen überfordert sind, geht aus weiteren Zahlenwerten der Übersicht 4 hervor. Wenn wir mit der Stammzahl vor der Df. rechnen, also mit den Bäumen, welche den Zuwachs des letzten Jahrfünftes hervorgebracht haben, so ist der mittl. jährl. Zuwachs des Einzelbaumes vom D-Grad 4 1/2-mal so groß wie beim B-Grad; dafür muß aber der Einzelbaum des D-Grades eine rd. 6mal so große Standfläche mit Zuwachs „bedienen“! In der Z.-P. 30-35 war demgegenüber der mittl. Einzelbaumzuwachs 3,45mal so groß, die zu bedienende Standfläche aber nur 2,82mal so groß wie beim B-Grad. Diese Leistungsverhältnisse zwischen den Durchschnittsbäumen des B- und D-Grades sind natürlich stark beeinflusst durch die hohen Anteile der (bezüglich ihres absoluten Zuwachses) wenig leistungsfähigen beherrschten Baumklassen beim B-Grad. Berechnet man die Schaftholz-

zuwächse der 99 stärksten Bäume je ha, die auch beim B-Grad von vorherrschenden und herrschenden Bäumen repräsentiert werden, so besteht folgendes prozentuale Leistungsverhältnis der Bäume des D-Grades in Bezug auf diejenigen des B-Grades

Zuwachsperiode	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50
D-Grad in % von B	92	152	188	219	259	219

Es besteht also auch bei den Bäumen etwa vergleichbarer sozialer Stellung eine bedeutende Leistungsüberlegenheit im absoluten Zuwachs zugunsten des D-Grades. Der deutliche Abfall in der letzten Periode ist aber bemerkenswert. Unter süddeutschen Verhältnissen wäre auf Standorten gleicher Produktionsleistung eine Gipfelung des absoluten Volumzuwachses der herrschenden Einzelbäume bei mäßiger Durchforstung für Baumhöhen von etwa 25—28 m und Alter von 60—70 Jahren zu erwarten. Möglicherweise ist bei den Bäumen des D-Grades in Bowmont nach der enormen Beschleunigung des Wachstumsablaufes die Gipfelung schon nahezu erreicht. Für den flächenbezogenen Zuwachs ist die Gipfelung beim D-Grad schon in der Z. P. 40—45 eingetreten (vgl. dazu Waldertragskunde, S. 152/3).

Die forstlichen Praktiker sind verständlicherweise von den Zuwachsleistungen großkroniger Bäume so begeistert, daß ihnen derartige Betrachtungsweisen noch fern liegen. Die weitverbreitete „Angst vor dem Kronenschwund“ in schwach bis mäßig durchforsteten Fichtenbeständen ist aber jedenfalls hinsichtlich der Volumzuwachsleistung pro ha unbegründet. Die endliche Zuwachsüberlegenheit derart dicht geschlossener Fichtenbestände mit zwar relativ kurzen ($\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ d. Baumlänge) aber dafür schmalen Kronen beruht auf der ausgezeichneten Auffaltung der Assimilationsschicht, dem günstigen Verhältnis der Kronenmantelflächen zum Kroneninhalt und der bei solcher Bestandesstruktur gegebenen bestmöglichen Ausnutzung der von oben zugestrahlten gesamten Sonnenenergie.

Unlängst hat SCHÖBER (1964) die "Bole area or cambial surface" von LEXEN (1963) als einen gegenüber der Grundflächen-

haltung besseren Maßstab für die quantitative Messung der Bestandesdichte und des Zuwachsbildenden Vorrates empfohlen. Die Vergleichsziffern dazu in Übersicht 4 beweisen, wie zu erwarten, daß diese fiktive und nur näherungsweise grob zu berechnende Meßgröße weder zum Bestandeszuwachs noch zur Bestandesdichte in einem klaren Zusammenhang steht.

Die Verteilung der bisherigen Gesamtproduktion auf Durchmesserklassen

Negative Wirkungen starker Durchforstung

Mit Hilfe der ausgezeichneten Unterlagen, die Mr. A. M. MACKENZIE zur Verfügung stellte, konnte auch die bisherige Gesamtproduktion der 4 Durchforstungsweisen auf 2 bzw. 4 cm breite Durchmesserstufen aufgeteilt werden. Die Übersichten 5 und 6 lassen die enorme Verschiebung der Gesamtproduktion auf höhere Durchmesserklassen beim D- und teilweise auch beim L. C.-Grad hervortreten. Zugleich werden die prozentualen Anteile an den mittl. Stärkeklassen gegenüber dem B- und C-Grad vermindert.

Daß die im ganzen bedeutende *Durchmesserverstärkung* auch mit negativen Auswirkungen der starken Durchforstung bezahlt werden muß, zeigt Übersicht 6. Beträgt doch die *Verkürzung der mittleren Erntelängen* (ASSMANN 1956) beim D-Grad gegenüber dem B-Grad in den Durchmesserklassen von 5,1 bis 29,3 cm zwischen 0,90 bis maximal 4,22 Meter! Dieser Maximalbetrag vermindert z. B. die mittlere Länge von 9,2% der bisherigen Gesamtproduktion des D-Grades auf 11,27 m gegenüber 15,49 m beim B-Grad. Die entsprechenden Werte für die Formhöhe (Schafftholz) betragen 5,82 gegenüber 8,47 m. Von der Gesamtproduktion des D-Grades bis zum Alter 50 sind $413 \text{ m}^3 = 57\%$ auf eine mittlere Formhöhe von 5,87 m gegenüber 7,85 m beim B-Grad (hier für eine Holzmenge von $734 \text{ m}^3 = 99\%$ d. G.-P.), also um 1,98 m reduziert worden.

Diese bislang zu wenig beachtete Verkürzung der mittleren Erntelängen erklärt einmal die *Diskrepanz von Volumen- und Grundflächen-Leistung bei unterschiedlicher Durchforstung*. Entspricht doch einer gegebenen Grundflächenleistung innerhalb der oben angegebenen Durchmes-

Übersicht 5

Durchforstungsversuch Bowmont

Durchmesserfrequenzen: a) der Summe der bisherigen Durchforstungen, b) des verbleibenden Bestandes im Alter 50 und c) der Gesamtproduktion

Durchmesserstufe cm	B - Grad			C - Grad			D - Grad			L. C - Grad		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
2,0	74		74	68		68	99		99	117		117
4,0	840		840	773		773	793		793	655		655
6,1	1402		1402	1433		1433	1617		1617	1217		1217
8,1	1266		1266	1292		1292	1439		1439	1149	12	1161
10,1	796	6	802	791		791	991		991	1202	68	1270
12,1	352	124	476	624		624	639		639	868	117	985
14,1	124	284	408	501		501	322		322	395	124	519
16,1	37	593	630	352	68	420	310		310	315	105	420
18,2	19	562	581	210	198	408	285		285	192	99	291
20,2	—	531	531	68	371	439	136		136	130	49	179
22,2	7	259	266	18	402	420	155		155	80	50	130
24,2		148	148		266	266	74	6	80	43	—	43
26,3		43	43		99	99	94	12	106	68	43	111
28,3					37	37	43	25	68	44	49	93
30,3							38	99	137	43	99	142
32,3							19	123	142	19	80	99
34,3							13	86	99	19	43	62
36,3								68	68		37	37
38,4								6	6		6	6
Sa.	4917	2550	7467	6130	1441	7571	7067	425	7492	6556	981	7537

Übersicht 6
Durchforstungsversuch Bowmont
Verteilung der Gesamtproduktion bis zum Alter 50 auf Durchmesserklassen

Durchmesser- Klasse von bis (cm)	B - G r a d				C - G r a d				D - G r a d				L . C . - G r a d			
	Stamm- zahl	Mittl. h m	Volumen m ³ %		N	Mittl. h m	Volumen m ³ %		N	Mittl. h m	Volumen m ³ %		N	Mittl. h m	Volumen m ³ %	
1,0— 5,0	914	3,88	3	0,4	841	3,78 -0,10 ²⁾	3	0,4	892	3,68 -0,20	3	0,4	772	3,71 -0,17	2	0,3
5,1— 9,1	2668	7,23	46	6,2 4,36 ³⁾	2725	6,63 -0,60	44	5,9	3056	6,22 -1,01	46	6,3 3,82 ³⁾	2378	6,92 -0,31	39	5,6
9,1—13,1	1278	12,05	81	11,0 6,78	1415	10,80 -1,25	80	10,7	1630	8,99 -3,06	75	10,3 4,90	2255	8,96 -3,09	104	14,9
13,1—17,2	1038	15,49	164	22,3 8,47	921	13,48 -2,01	116	15,4	632	11,27 -4,22	67	9,2 5,82	939	11,82 -3,67	102	14,6
17,2—21,2	1112	16,27	277	37,6 8,61	847	16,12 -0,15	205	27,3	421	13,04 -3,23	78	10,8 6,62	470	13,86 -2,41	92	13,1
21,2—25,3	414	16,70	146	19,8 8,50	686	16,76 +0,06	239	31,9	235	14,40 -2,30	69	9,5 7,09	173	15,18 -1,52	52	7,4
25,3—29,3	43	17,07	20	2,7 8,66	136	17,00 -0,07	63	8,4	174	16,17 -0,90	78	10,7 7,80	204	16,42 -0,65	93	13,3
29,3—33,3									279	17,24	174	23,9	241	17,05	140	20,0
33,3—37,4									167	17,65	132	18,1	99	17,31	71	10,1
37,4—41,4									6	17,95	6	0,8	6	17,40	5	0,7
	7467		737	100	7571		750	100	7492		728	100	7537		700	100

1) Die Originalwerte waren in Klassen von je ½ inch true girth (= wirkl. Umfang) gegeben; sie wurden zunächst in Klassen von 2,5 inches t. g. und schließlich zwecks besser Übersicht in Klassen von 5 inches Breite zusammengefaßt. Da 1 inch t. g. = 0,8085 cm Durchm., ergaben sich so Klassen von 4,04 cm Breite.

2) Die Zahlen beziffern die Differenzen der mittleren Höhen gegenüber dem B-Grad; sie geben die Verkürzung der mittleren Erntelängen bei verstärkter Durchforstung an.

3) Werte für $hf_s = V_s : G$

sergrenzen eine um 25% niedrigere Volumleistung des D-Grades gegenüber dem B-Grad.

Da weiter die Grundflächen in Brusthöhe bei den verschiedenen Durchforstungsgraden den Querflächen der etwaigen Sägeschnitte in Stockhöhe annähernd proportional sind, ist die Formhöhe ein brauchbares Maß dafür, wieviel Holzvolumen mit einem Quadratmeter Sägeschnittfläche zu Boden gebracht werden kann. Je niedriger die Formhöhe, desto größer der Arbeitsaufwand für die nötigen Fällschnitte. Dieser wäre danach für 57% der bisherigen Gesamtproduktion des D-Grades um schätzungsweise 25% höher als beim B-Grad.

Zugleich schränkt die beträchtliche Verkürzung der Erntelängen die Verwendungsfähigkeit der geernteten Hölzer gegebener Brusthöhendurchmesser ein. Leider ist es dem Verfasser nicht möglich, die Gesamtproduktion in Holzsorten aufzuliedern, da wir in Deutschland keine Sortimentierungstafeln für derart kurzschäftige und abholzige Bäume besitzen.

Bezüglich der Holzqualität wären eingehende Untersuchungen über den Jahrringbau, die Spätholzanteile, die Zellwanddicken, die so gegebenen Festigkeitseigenschaften und den Zellstoffgehalt notwendig, um feststellen zu können, inwieweit der Vorsprung des D-Grades in der kurzfristigen Erzeugung stark dimensionierter Hölzer durch Verschlechterungen der Holzqualität wettgemacht wird. Bedenkt man, daß der mittl. jährliche Durchmesserzuwachs in Brusthöhe der 99 stärksten Bäume pro ha in den letzten 10 Jahren beim D-Grad 8,9 mm gegenüber nur 4,0 mm beim B-Grad betragen hat, daß also die Jahrringbreiten beim D-Grad mehr als verdoppelt und auf Werte von über 4 mm gesteigert worden sind, so ist klar, daß dabei mit einer erheblichen Verminderung der Holzgüte gerechnet werden muß.

Hinzu kommt die wesentlich größere Ästigkeit der Bäume des D-Grades, die im verbl. Bestand auf eine Länge von i. D. 7,2 m = 41% der Baumlänge mit starken Ästen besetzt sind, während die Bäume des B-Grades nur auf einer Länge von i. D. 3,3 m entsprechend schwächere Äste besitzen. Man bedenke die damit verbundenen Erhöhungen der Erntekosten und die Verminderungen der Holzqualität, die ja allerdings durch planmäßiges Ästen, wenn auch mit heute bedeutenden Kosten, verbessert werden könnte.

Betriebswirtschaftliche Folgerungen

Bei den derzeitigen hohen Erntekosten, als Folge der gestiegenen Arbeitslöhne, muß damit gerechnet werden, daß die ersten starken Durchforstungen des D-Grades von Bowmont heute keine Geldüberschüsse mehr erbringen würden. Es würde dann die Prolongation bzw. Diskontierung (je nachdem, ob mit Bezug auf das Abtriebsalter oder den Zeitpunkt der Bestandsbegründung kalkuliert wird) früh eingehender Durchforstungserlöse keine wirtschaftlichen Vorteile für den D-Grad mehr zur Folge haben. Es könnte dann vorteilhafter werden, mit der Durchforstung später zu beginnen, die im Wege der natürlichen Ausscheidung absterbenden Bäume ruhig im Bestande verrotten zu lassen (vorausgesetzt, daß so keine Kalamitäten entstehen) und den ersten kräftigen Eingriff erst dann einzulegen, wenn er annehmbare werbungskostenfreie Erlöse verspricht. Der Anteil der so bis zum Alter von etwa 40 Jahren verloren gehenden Holzmengen (sie können ggf. ja auch von Selbstwerbern genutzt werden) an der Gesamtproduktion ist nämlich, wie leicht zu zeigen, viel geringer, als allgemein angenommen wird.

Jedenfalls lassen sich aus den Ergebnissen des mit soviel Umsicht und Weitblick angelegten Durchforstungsversuches Bowmont wertvolle Folgerungen auch in wirtschaftlicher Hinsicht ziehen. Sie werden je nach der wirtschaft-

lichen und speziell der holzwirtschaftlichen Situation des betr. Landes, die ja in Großbritannien von der unsrigen stark verschieden ist, unterschiedlich ausfallen müssen. Bei den Verhältnissen in Großbritannien, das zielbewußt dargegangen ist, eine nachhaltige Forstwirtschaft aufzubauen, dürften derzeit früh beginnende und starke Durchforstungen immer noch vorteilhaft sein. Bei uns dagegen liegen die Dinge für Forstbetriebe mit nachhaltgerechten Vorräten für Umtriebszeiten von 100 Jahren und mehr grundsätzlich anders. Folgender Vergleich liegt nahe: Bei der Fabrikation von französischem Kognak hoher Qualität ist, soweit dem Verfasser bekannt, immer noch lange Lagerhaltung in Eichenfässern notwendig. Wollte jemand heute eine solche Fabrikation neu beginnen, so würde er kaum das nötige Anlagekapital aufbringen können. Er würde es nach wirtschaftlich vernünftiger Überlegung vorziehen, Spirituosen herzustellen, für welche eine solche lange Lagerhaltung nicht notwendig ist. Oder, um ein forstliches Beispiel zu bringen: Die Erzeugung von Furniereichenholz erbringt heute die höchsten absoluten Hektarerträge in Geld, wie sich an Beispielen aus dem Spessart zeigen ließe. Dies gilt aber nur für den Fall, daß eine nachhaltgerecht aufgebaute Furniereichenbetriebsklasse für U etwa = 250 vorliegt. Für den Besitzer eines Privatwaldes von 100 ha Größe wäre es eine teure Liebhaberei, wenn er etwa seinen Forstbetrieb auf Furniereichenzucht einrichten wollte.

Die breite Stärkegradstaffelung des Bowmont-Versuches von schwacher bis — sozusagen — überstarker Durchforstung erlaubt es, über die Auswirkungen sehr unterschiedlicher Bestandesbehandlungen Voraussagen zu machen. So läßt sich z. B. an Hand der Beobachtungen auf den B-Flächen abschätzen, welche Holz mengen beim Unterlassen der ersten Durchforstungen verloren gehen, oder, bis zu einem gewissen Grade, wie sich Verlängerungen des Durchforstungsturnus auswirken. Zwischen den hier getesteten Extremen wird die Behandlungsweise zu suchen sein, die bei gegebenen Voraussetzungen optimale Leistungen verspricht.

Mit der längeren Versuchsdauer wirkt sich leider die geringe Parzellengröße von nur je 4 a immer nachteiliger aus. Dies drückt sich auch im Ansteigen des prozentualen mittleren Zuwachsfehlers aus (vgl. S. 219). Der Vorteil statistischer Sicherung der Versuchsergebnisse verlangt hier seinen Preis. So ist der Bowmont-Versuch auch für neue Versuchsanlagen in Deutschland äußerst lehrreich.

Zum Schluß möchte der Verfasser zwei Sätze aus einer klassischen Arbeit von ROBERT HARTIG (1898) zitieren, deren Richtigkeit nach nunmehr 65 Jahren durch Versuchsergebnisse glänzend bestätigt worden ist. „Nicht die Erzeugung der größten Blattmenge und Lichtwirkung in einem Bestande kann und darf das Ziel der wirtschaftlichen Operationen sein, sondern Erhaltung und Steigerung der Bodengüte; denn übermäßige Blattmenge und Lichtwirkung ist wirkungslos auf den Zuwachs, verschlechtert die Baumform (abgesehen von der Ästigkeit des erzeugten Holzes) und hat leichtes Holz zur Folge.“ Und: „Es ist ein großer Fehler, den Einfluß einer Durchforstung auf Zuwachs und Holzgüte schon nach einer kurzen Reihe von Jahren beurteilen zu wollen.“

Zusammenfassung

Die gute quantitative Staffelung des Durchforstungsversuches Bowmont hat in den 30 Beobachtungsjahren von 1930 bis 1960 typische Zuwachsreaktionen ausgelöst. Diese entsprechen den gesetzmäßigen Zusammenhängen zwischen

mittlerer Grundflächenhaltung (Bestockungsdichte) und Volumzuwachs, die nach der Theorie von ASSMANN zu erwarten sind, und lassen den Effekt der Wuchsbeschleunigung besonders deutlich werden.

Die auffälligen Hemmungen des Höhenzuwachs, unabhängig von der Bestandesstruktur und der unterschiedlichen Durchforstungsbehandlung, sind durch die stärkere Dauerbewindung in Großbritannien zu erklären. Die Schlankheitsgrade ($h : d_{1,3}$) sozial vergleichbarer Bäume sind bei früh begonnener starker Durchforstung in Großbritannien ungleich niedriger als bei gleicher Bestandesbehandlung in Süddeutschland (Versuch Biberach).

Die drei Niederdurchforstungsgrade und die Hochdurchforstung haben eine sehr verschiedene, typische Verteilung der bisherigen Gesamtproduktion auf Durchmesser klassen herbeigeführt. Die bedeutende Überlegenheit des D-Grades im raschen Erzeugen von Hölzern starker Durchmesser wird beeinträchtigt durch die Verkürzung der mittleren Erntelängen. Über die Hälfte der bisherigen Gesamtproduktion des D-Grades hat eine um $\frac{1}{4}$ niedrigere Formhöhe ($h. f_s$) als sie die durchmessergleichen Bäume des B-Grades aufweisen, so daß sich der Arbeitsaufwand für die Fällschnitte bei der Holzernte entsprechend erhöht. Auch wird die Holzqualität bei der starken Durchforstung durch die Jahrringverbreiterung und die größere Ästigkeit vermindert. Infolge der gestiegenen Löhne dürften die ersten Durchforstungen heute keine Geldüberschüsse mehr erbringen, wodurch ein betriebswirtschaftlicher Vorzug früher und starker Durchforstung hinfällig wird. Je nach der holzwirtschaftlichen Situation, die in Großbritannien anders ist als in der Bundesrepublik, werden aber die betriebswirtschaftlichen Folgerungen unterschiedlich ausfallen müssen.

Die vorbildliche Staffelung und konsequente Durchführung mit Einschluß extremer Behandlungsweisen erlauben es, aus dem Bowmont-Versuch optimale Durchforstungstechniken für unterschiedliche Ausgangssituationen abzuleiten.

Summary

Title of the paper: *The Bowmont Thinning Trial with Norway Spruce.*

The suitable experimental plan has produced characteristic growth reactions after thirty years, which agree with the theoretically postulated relation of mean basal area and volume increment in connection with the "acceleration of growth".

The marked reduction of height increment, which is independent of stand structure and treatment, can be explained by the greater amount of wind in Great Britain. The form factor $h : d_{1,3}$ of socially comparable trees is much lower in early heavily thinned stands in Great Britain than in southwest Germany.

The total increment shows a different distribution of size classes for the three low thinning and the one crown thinning grade. The D-grade produces larger timber at an early time but shorter timber lengths. The form height ($h. f_s$) in this grade is about one quarter less than in the B-grade for stems of equal diameter. Consequently, the cost of felling is higher and the quality of the timber is lower. It is unlikely that the present high wages will make early thinnings profitable so that early thinnings may not bring any financial advantages. Decisions in this matter will depend on the timber market situation which in Great Britain is different from Germany.

The exemplary experimental plan of the thinning trial with suitable grading, including extremes, and the consistency of treatment make it now possible to derive optimum thinning prescriptions from the results of the Bowmont trial.

Literatur

- V. BAUR, F.: Formzahlen und Massentafeln für die Fichte. Berlin, 1890. — CARBONNIER, CH.: Ett gallringsförsök i planterad gran-skog. Svenska Skogsv. Tidskr. H. 5, 1957. — DIETERICH, V.: Über einen Durchforstungsvergleichsversuch usw. AFJZ 99, S. 152, 1923. — GEHRHARDT, E.: Über Schnellwuchsbetrieb. Z. f. F. u. Jagdw. 64, S. 65, 1932. — HARTIG, R.: Über den Einfluß der Kronengröße usw. Forstl. Naturwiss. Zeitschr. VII, S. 73, 1898. — HUMMEL, F. C.: The Bowmont Norway Spruce Sample Plots. Forestry, 21, S. 30, 1947. — KRAMER, H.: Der Einfluß von Großklima und Standort auf die Entwicklung von Waldbeständen usw. Frankfurt. Schriftenr. d. Forstl. Fak. B. 31/32, spez. S. 58, 1963. — MACKENZIE, A. M.: The Bowmont Norway Spruce Sample Plots 1930—60. Forestry 36, S. 129, 1962. — MITSCHELICH, G.: Der Einfluß des Seewindes auf das Wachstum usw. Tharandter Forstl. Jahrb. 1942. — Ders.: Das Wachstum der Fichte in Europa. AFJZ 134, S. 29—45, 61—72, 93—110, 125—39; spez. S. 39, 67, 137. — NÄSLUND, M., und HAGBERG, E.: Skogsforskningsinstitutets större tabeller för kubering usw. Stockholm 1951. — ROMELL, L. G.: Växtidsundersökningar å tall och gran. Medd. fr. St. Skogsf. S. 45, 1925. — SCHOBER, R.: Gedanken und Vorschläge zu einer Anleitung für Durchforstungsversuche usw. AFJZ 135, Aprilheft, 1964. — ZIMMERLE, H.: Fichten-Durchforstungsreihe im Forstbezirk Biberach. AFJZ 70, S. 92, 1951. — ASSMANN, E.: Betriebsklassenmodelle. AFJZ 127, S. 85, 1956. — ASSMANN, E.: Durchforstungsstärke und Zuwachseleistung. Der Forst- u. Holzwirt 11, S. 364, 1956. — ASSMANN, E.: Natürlicher Bestockungsgrad und Zuwachs. Forstwiss. Centralbl. 75, S. 257, 1956. — ASSMANN, E.: Standraumökonomie. Mitt. d. Staatsforstverw. Bayerns H. 29, S. 158, 1957. — ASSMANN, E.: Form- und Zuwachsveränderungen von Nadelbäumen an freigestellten Bestandesrändern. Mitt. d. St. Bayerns H. 31, S. 16, 1960. — ASSMANN, E.: Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München, Bonn, Wien 1961.

ALLGEMEINE FORST UND JAGDZEITUNG

SONDERDRUCK

Lehrstuhl für
Waldwachstumskunde
München

INHALTSVERZEICHNIS

AUFSÄTZE

<u>E. Assmann</u>	Der Fichten-Durchforstungsversuch Bowmont	213
E. Wohlfarth	Durchforstungsversuche und Baumklassensysteme	226
G. Linnemann	Mykorrhiza und Düngung	228
E. Schimitschek	Zum Weideproblem im Nahen Osten	233

BUCHBESPRECHUNGEN 237

AFJZ 1964, 135, (9), 213-226

135. JAHRGANG 1964 HEFT 9 SEPTEMBER

J.D.SAUERLÄNDER'S VERLAG FRANKFURT AM MAIN

D 1088 E